



Hist Technica Nieuws:

1990



HISTECHNICON

jaargang 16
nummer 1
maart 1990

2a



inhoud

- 2 J.J. LAMBERT-AVIS
Produkten van tropische
grondstoffen
Een herinnering aan
professor G. van Iterson Jr.
- 30 BENNO BÖETERS
Beek wil vaart houden in
nieuw techniekmuseum
- 32 Paul J.H. Weesie †

HISTECHNICON

Orgaan van Histechnica

Vereniging van Vrienden van het
Technisch Tentoonstellingscentrum (TTC)

in samenwerking met de
Stichting Technisch-Historische Verzamelingen (STHV)

ISSN 0922-1018

Redactieadres: Wolfertstraat 32
2722 AG Zoetermeer, tel. 079-410222

Omslag:

Model van een Toraja-huis. De huizen van de Toraja's (Celebes/Sulawesi) behoren tot de kunstigste houtconstructies van Indonesië. De voorgevel onder de nok is rijk versierd met kleurig snijwerk, voornamelijk geometrische figuren.

PRODUKTEN VAN TROPISCHE GRONDSTOFFEN, EEN HERINNERING AAN PROFESSOR G. VAN ITERSON JR.

door drs. J.I. Lambert-Avis

Enkele jaren geleden kwam het Technisch Tentoonstellingscentrum in het bezit van een omvangrijke verzameling natuurlijke grondstoffen en produkten. Deze zijn afkomstig van het vroegere 'Laboratorium voor Technische Botanie' aan de Julianalaan in Delft. De verzameling werd overgedragen door de vakgroep Biotechnologie in het tegenwoordige 'Kluyver-Laboratorium'. Al gauw werd de verzameling gesplitst. De Hortus Botanicus en het Rijksmuseum voor Geologie en Mineralogie in Leiden hadden belangstelling voor de voor het overgrote deel tropische grondstoffen. Het TTC behield de produkten, voor het merendeel plant-aardige vezelprodukten, zoals vlechtwerk, touw-, textiel- en papiermonsters, maar ook een aantal houtprodukten. Een aantal vezelprodukten was al eerder in het Volkenkundig Museum Nusantara in Delft beland. In het volgende artikel zal geschetst worden, hoe deze verzameling tot stand is gekomen. De verzameling vertelt een stuk geschiedenis van technisch onderzoek, zoals dat in de eerste helft van deze eeuw aan het Laboratorium voor Technische Botanie heeft plaats gevonden. Laboratorium en de daarbij behorende 'Cultuurtuin voor technische gewassen' werden gedurende een periode van meer dan 40 jaar beheerd door de hoogleraar Professor G. van Iterson Jr. Deze heeft, met zijn leerlingen, in belangrijke mate de samenwerking tussen wetenschappelijk onderwijs, bedrijfsleven en overheid bevorderd, in een tijd waarin dat nog een grote uitzondering was.



G. van Iterson Jr.

Portret van prof.dr. G. van Iterson Jr.

Inleiding

Van Iterson heeft vanaf zijn studententijd (1897) tot aan zijn afscheid als hoogleraar (1948) in Delft gewoond. Zijn laboratorium kon gerealiseerd worden in een periode van economische voorspoed, waarin met name de chemische industrie sterk in opkomst was. Zijn onderwijs werd (en wordt) geroemd door zijn vele oud- leerlingen, met wie hij een nauwe band onderhield, vaak levenslang. Dit onderwijs betrof in feite de 'warenkennis', dat wil zeggen 'de kennis van alle factoren, die de intrinsieke waarde van grondstoffen, halffabrikaten en producten voor de menselijke samenleving bepalen', zoals hij dit zelf definieerde. En dan in het bijzonder de studie der koloniale waren. Aan de basis van deze studie lag de microscopie, die Van Iterson zelf tot aan het eind van zijn leven beoefend heeft. Veel van zijn leerlingen hebben hun bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van de verschillende cultures in het voormalige Nederlands-Indië, met Delft als thuisbasis. Na het verre avontuur keerden zij vaak terug op het laboratorium waar zij hun onderzoek uitwerkten in een proefschrift. De vele plantaardige, dierlijke en mineralogische grondstoffen en producten die zij van hun reizen meebrachten, werden opgeborgen in de studieverzameling van hun leermeester. Deze maakte hier in zijn colleges en cursussen weer dankbaar gebruik van. De uitkomsten van hun onderzoekingen lieten vaak weer nieuwe wegen voor de toekomst zien. Dat dit veelal in het belang van Nederlands-Indië was, laten vooral de bemoeiingen van Van Iterson en zijn leerlingen met de 'nieuwe' grondstof rubber zien.

Bijzondere aandacht had Van Iterson voor de organisatie van onderzoek. Daarbij was hij overtuigd van de belangrijke rol die de regering hierin had. Hij was betrokken bij de oprichting van de Rijksrubberdienst (1910) en de Rijksvezeldienst (1919) en was secretaris van de 'Commissie Went' (1923-1925). In deze commissie werd de basis gelegd van de organisatie van het toegepast wetenschappelijk onderzoek, dat in de jaren '30 door de 'Wet op het Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO' werd bekrachtigd. Via dergelijke diensten, maar ook rechtstreeks, onderhield Van Iterson vele contacten met het bedrijfsleven en de overheid. Hij was lid van tal van adviescommissies en besturen. Daarbij stond hem steeds het nationaal belang voor ogen, in het bijzonder dat van Nederlands-Indië, en dat van zijn leerlingen, die via zijn connecties vaak sleutelposities in het arbeidsproces bereikten. De verzameling van het TTC is, alhoewel herhaaldelijk ingekrompen, vooral een weerspiegeling van al deze contacten.

Achtergronden

De periode van voorspoed voor de Nederlandse economie begon rond 1890. Vanaf die tijd werd een toenemend aantal investeringen vanuit het bedrijfsleven gedaan, zowel in Nederland als in Nederlands-Indië. Ook het onderwijs profiteerde. Met name de afdeling Scheikunde aan de Polytechnische School in Delft werd flink uitgebreid. Na de HBS in Den Haag belandde Van Iterson hier in 1897 als student in het wetenschappelijk milieu van een aantal zeer begaafde hoogleraren. Naast zijn eigenlijke leermeesters van de afdeling Scheikunde, prof. S. Hoogewerff en prof. L. Aronstein, voelde hij zich aangetrokken tot de grote geleerden uit die tijd, prof. H. Behrens en prof. M.W. Beijerinck. In Nederlands-Indië waren de werkzaamheden van prof. M. Treub van belang voor zijn latere vakgebied.



Prof.dr. H. Behrens,



Prof.dr. M.W. Beijerinck.

Prof. H. Behrens (1842-1905)

In 1898 liet Behrens zijn onderwijsactiviteiten in de mijnbouwkunde aan anderen over, en wijdde zich vanaf toen uitsluitend aan de microchemie. Van Iterson zelf vertelde weinigen te kunnen noemen, van wie hij zoveel praktische kennis opgedaan had als van hem. Zijn methoden voor microscopische onderkenning van de vezelstoffen legden de grondslag voor de latere ontwikkeling van Van Iterson tot vezelspecialist. In 1907, kort na het overlijden van Behrens, bewerkte hij het deel over de vezelstoffen uit Behrens 'Anleitung zur microchemischen Analyse der wichtigsten organische Verbindungen'.

Prof. M.W. Beijerinck (1851-1931)

Na de HBS studeerde Beijerinck aan de Polytechnische School af als technoloog. Vervolgens studeerde hij biologie aan de universiteit in Leiden (hiervoor moest toestemming aan de minister gevraagd worden wegens niet-klassieke vooropleiding!) en promoveerde hij aan de Landbouwhogeschool in Wageningen. In 1895 werd Beijerinck benoemd tot hoogleraar in de Bacteriologie aan de Polytechnische School in Delft, waarbij hij een aantal forse eisen kon stellen, waaronder de bouw van een nieuw laboratorium, een plantenkas en een aangrenzend woonhuis. In 1897 werd het nieuwe Laboratorium voor Microbiologie aan de Nieuwe Laan geopend, dat al gauw wereldbekend werd en een groot aantal buitenlandse bezoekers ontving. Hij verzamelde een kleine groep gemotiveerde studenten, sommigen afkomstig van universiteiten, om zich heen, op wie hij een bezielende invloed had. Zijn afdeling had nauwe banden met de N.V. Gist- en

Spiritusfabriek. Veel van deze situatie zien we terug op het laboratorium van Van Iterson. Na zijn afstuderen in 1901 werd hij door Beijerinck gevraagd op zijn laboratorium te komen werken. Naast technoloog werd Van Iterson door dit contact ook bioloog. Gaandeweg verschoof zijn aandacht van de microbiologie naar de botanie. In 1907 promoveerde hij op een zeer gedegen studie der bladstanden. Beijerinck hechte veel belang aan onderwijs in de plantaardige grondstoffen die in de techniek toepassing vonden. Hij zette dan ook een cursus in de microscopische anatomie op, waarover Van Iterson de leiding kreeg. Dit belang wist hij ook duidelijk te maken aan de curatoren: in 1907 werd de afdeling scheikunde uitgebreid met een nieuwe leerstoel voor de Microscopische Anatomie, bekleed door prof. G. van Iterson Jr.

Prof. M. Treub (1851-1910)

Een derde figuur die, weliswaar indirect, richting gegeven heeft aan de werkzaamheden van Van Iterson, is prof. M. Treub geweest. Leef tijdgenoot van Beijerinck, een studiegenoot van hem in Leiden, werd Treub in 1880 directeur van 's Lands Plantentuin in Batavia (Bogor). Onder zijn leiding (1880-1909) werd 's Lands Plantentuin een internationaal beroemd centrum van tropisch natuuronderzoek en evenzeer van de toepassing ervan ten behoeve van land- en bosbouw. Het tijdschrift 'Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg' werd één der voornaamste botanische periodieken van de wereld. In 1885 stichtte hij het 'Vreemdelingen-laboratorium', een botanisch station waar Nederlanders en buitenlanders welkom waren en zonder enige kosten onderzoek konden verrichten. Treub legde de grondslag van het Proefstationwezen, dat voor de kwaliteitsverbetering van de cultures zo'n belangrijke rol zou spelen. Aanvankelijk werd het onderzoekswerk ten behoeve van zowel bevolkingslandbouw als de grote cultures (koffie, thee, suiker, tabak enz.) centraal onder leiding van Treub in Buiten-



Prof.dr. M. Treub.

zorg verricht. In de loop van de jaren werd dit voortgezet in de naar produkt gespecialiseerde proefstations (particuliere en gouvernementele), verspreid over de diverse landbouwcentra. Daarnaast werd speciaal onderzoekswerk verricht door de eigen wetenschappelijke diensten van enkele grote cultuurmaatschappijen. Tengevolge van zijn 25-jarig doctoraat werd hem wegens zijn grote wetenschappelijke verdiensten de titel van 'Hoogleraar' verleend, overigens zonder de lasten van het ambt, bij gebrek aan universiteit of hogeschool. De werkzaamheden van Treub vielen samen met een zich wijzigende politiek ten aanzien van Nederlands-Indië. De 'ethische politiek' werd officieel afgekondigd in Koningin Wilhelmina's troonrede van 1901 en werd gekenmerkt door een nieuw gevoel van verantwoordelijkheid ten aanzien van opvoeding en ontwikkeling van Nederlands-Indië. Hoezeer Treub zich van deze omwenteling bewust was, getuigt zijn nota over de oprichting van een 'Museum' dan wel informatie-bureau voor Technische en Handelsbotanie uit 1903. Beoogd werd 'ene aanmoediging tot verbouwing en bereiding van andere plantaardige produkten dan die onzer tegenwoordige 'grote cultures', met het doel: niet of niet meer renderende terreinen produktief te maken, vooral der inlandse bevolking de kans te openen op nieuwe bronnen van goede bijverdiensten, handel en transportwezen in de hand te werken en, alles te zamen vattend, op die verschillende wijzen tot vermeerdering van welvaart onzer kolonie te helpen bijdragen'. Binnen enkele maanden was de oprichting een feit. In 1904 werd het Museum en Informatiebureau voor Technische en Handelsbotanie geopend. Het jaar daarop transformeerde 's Lands Plantentuin in het 'Departement van Landbouw', in 1914 uitgebreid met Handel en Nijverheid.

Treub's werk was een mengeling van zuiver-wetenschappelijk en organisatorisch werk. Hij had het inzicht dat wetenschappelijk onderzoek ten grondslag moest liggen aan de verdere ontwikkeling van de cultures en de inheemse landbouw. Dit inzicht werd versterkt door de omstandigheden, dat verschillende cultures met ziekten en plagen te kampen hadden. Bovendien zag hij het belang van een open, gastvrij laboratorium. In meerdere opzichten is Van Iterson in zijn voetsporen getreden.

Koloniaal Museum

Dichter bij huis, in Haarlem, lag het Koloniaal Museum, dat in 1864 op initiatief van de botanicus Frederik Willem van Eeden (vader van schrijver/dichter Frederik van Eeden) was opgericht. Het museum bevatte een uitgebreide verzameling voorwerpen uit de tropen, die voor wetenschappelijke doeleinden van nut zou kunnen zijn ter verbetering van welvaart in Nederland en zijn koloniën. In 1871 werd het museum officieel voor publiek geopend. Bezoekers waren wetenschapsmensen, technici, vertegenwoordigers van verschillende instellingen en bedrijven, zelfs uit het buitenland, die gebruik maakten van dokumentatie, parate kennis en objekten. Het museum breidde zich onder M. Greshof (1901—1909) steeds verder uit met verschillende afdelingen waaronder een laboratorium voor produktenonderzoek. Het museum kende onder meer een 'Houtvestibule', een afdeling 'Bamboe en rotan' een afdeling 'Vezels en vlechtwerk', een afdeling 'Vruchten, caoutchouc, gutta percha en voedingsmiddelen' en een afdeling 'Grote cultures'. De verzameling vezelstoffen stond bekend als de grootste ter wereld. De vezelstoffen vormden een groep pas ontdekte grondstoffen voor



Afdeling 'Vezelstoffen' van het Koloniaal Museum in Haarlem.

VIDOC (Visuele Documentatie) Koninklijk Instituut voor de Tropen Amsterdam

diverse industriële producten waaraan veel aandacht besteed werd. In 1903 kreeg de afdeling Vezelstoffen een microscoop met 2 vergrotingen (50x en 100x), duur, maar lonend: immers in het belang van het onderzoek naar vezelstoffen. Vanaf 1900 werden plannen ontwikkeld die uiteindelijk leidden tot de bouw van het Koloniaal Instituut in Amsterdam.

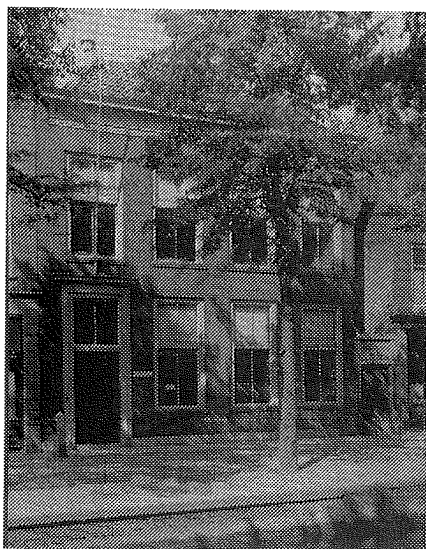
Koloniaal Instituut

Op 1 januari 1913 werd het Koloniaal Museum in Haarlem officieel overgedragen aan de 'Vereeniging Koloniaal Instituut' te Amsterdam. Van Iterson trad in juni toe tot de Commissie van Advies voor de 'Afdeling Handels Museum'. Deze afdeling hield zich bezig met de natuurwetenschappelijke studie van grondstoffen en producten uit de Koloniën met het oog op hun economische betekenis. In 1918 werd het Handelsmuseum uitgebreid met een Voorlichtingsdienst. Van Iterson werd voorzitter van de Commissie van Bijstand voor deze dienst. Het Laboratorium voor Technische Botanie had nauwe contacten met het Koloniaal Instituut. Van Iterson was bevriend met dr. L.Ph. Le Cosquino de Bussy, van 1918 tot 1943 directeur van het Handelsmuseum. Veel monsters van producten uit de tropen werden over en weer uitgewisseld.

Organisatie van het laboratorium

Uitbreiding afdeling Scheikunde

De uitbreiding van de afdeling scheikunde met de leerstoel Microscopische Anatomie maakte deel uit van een periode van groei in het technisch, met name chemisch onderwijs. Vanaf 1890 nam het aantal studenten aan de afdeling Scheikunde toe. In hetzelfde jaar werd het Technologisch Gezelschap opgericht. Bovendien werd de studie verzwaaard. Het jaar daarop werd de studie verlengd van 3 tot 4 jaar. Twee nieuwe leerstoelen werden opgericht: microbiologie en microchemie (Beijerinck en Behrens). Met de reorganisatie in 1905, toen de Polytechnische School tot Technische Hogeschool werd, werd de studie verlengd tot 5 jaar en werd men opgeleid tot scheikundig ingenieur in plaats van technoloog. In de eerste 5 jaar van de TH verdrievoudigde alleen al het aantal hoogleraren van 5 tot 14. Hiervan waren 4 leerstoelen voor mijnbouw, tot 1912 behorend tot de afdeling scheikunde, in verband met de exploitatie van de provincie Limburg (steenkol) en Nederlands-Indië (petroleum, tin). De groei zette door tot ca. 1920. Met name in de periode direct na de eerste wereldoorlog was er een algemeen optimisme ten aanzien van de chemie en de beroepsmogelijkheden van de scheikundig ingenieur, met name in Nederlands-Indië. Binnen de afdeling scheikunde zien we de wens naar versterking van theoretische vakken en specialisatie naar produkt. Samen met prof. I.P. de Vooy was ook Van Itersen hier groot voorstander van. Rond 1920 zien we een toename in het aantal privaatchemisten in de vakken organische chemie (P.E. Verkade, 1916), rubber (v. Rossem, 1919), kleurstoffen (Gelissen, 1920) en hout (Pfeiffer, 1923). Daarnaast waren er twee buitengewoon hoogleraren, in de oliën en vetten en in de gasfabricage. Drie van de vier nieuwe docenten waren oud-leerling van Van Itersen.



Voorgevel Laboratorium voor Microscopische Anatomie, Oude Delft 81.

Huisvesting

In 1907 werd het laboratorium voor Microscopische Anatomie onder zeer eenvoudige omstandigheden 'tijdelijk' gehuisvest in het gebouw van het voormalig kantongerecht aan de Oude Delft 81. Het personeel bestond uit één bediende. Door omstandigheden kwam hier verandering in. In 1911 werd Van Iterson namelijk een aantrekkelijke positie in Indië aangeboden: directeur van het Proefstation voor de Java-suikerindustrie in Pasoeroean. Men realiseerde zich de waarde van Van Iterson voor het wetenschappelijk onderwijs aan de TH in Delft, studenten voerden zelfs actie, met als gevolg dat de regering hem de bouw van een nieuw laboratorium toezegde. Van Iterson bleef behouden voor Delft. De bouw werd enigszins vertraagd door de eerste wereldoorlog, maar in 1917 kon een gedeelte betrokken worden. Het jaar daarop werd het 'Laboratorium voor Technische Botanie' met de daarbij behorende cultuurtuin officieel geopend. Ook in zijn laboratorium zien we van begin af openheid en gastvrijheid ten opzichte van buitenlandse gasten, studenten van universiteiten of tijdelijke medewerkers, afkomstig vanuit het bedrijfsleven.

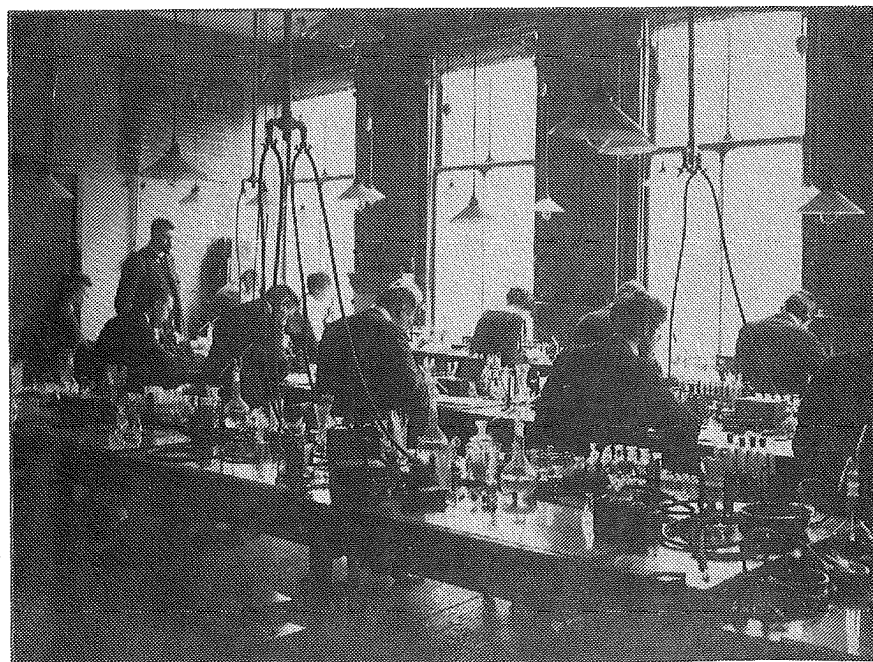


Onder zeer eenvoudige omstandigheden.

Onderwijs

In zijn intreerede, gehouden op 20 september 1907, verklaarde Van Iterson dat de studie der microscopische anatomie vele raakvlakken heeft met de wetenschap der 'warenkennis', dat wil zeggen leer der grondstoffen. Grondstoffen van

plantaardige, dierlijke en mineralogische oorsprong. Uiteraard werd het grote belang van de microscopie benadrukt. Al direct gaf hij aan hoe zeer hem een nauwe binding tussen wetenschap en praktijk aan het hart lag. Zijn werk zou vooral in het belang van Nederlands-Indië kunnen zijn. Dit bleek al gauw uit zijn grote betrokkenheid ten opzichte van industrie en handel in biologische producten, maar vooral ten opzichte van de tropische landbouw. Van Iterson hield zich bezig met toegepast onderzoek ten behoeve van de technologie van biologische, later vooral botanische materialen. Hiertoe werden grondstoffen en producten in al hun facetten bestudeerd: de biologische herkomst van het materiaal, de chemische, fysische en microscopische eigenschappen, de geografische, klimatologische, bodemkundige en economische problemen van het land van herkomst, de chemische en mechanische technologie bij de verwerking van het materiaal, de wetenschappelijke keuring en beoordeling, maar ook de praktische beoordeling, zoals deze tot aan de eerste decennia van deze eeuw gebruikelijk was, en tenslotte de waarde van het produkt voor de samenleving. Net als Microbiologie was ook Microscopische Anatomie/Technische Botanica een facultatief vak, dat direct grote aantrekkingskracht op de studenten uitoefende. Vrijwel alle oud-leerlingen getuig(d)en van grote bewondering voor zijn inspirerende colleges en zeer aansprekende cursussen. Er werden veel excursies georganiseerd, opdat zijn leerlingen uitgebreid met het bedrijfsleven konden kennis maken. Zijn onderwijs werd ondersteund door een belangwekkende bibliotheek, een levende



Cursusfoto uit ca. 1940. Geheel achteraan op de tweede rij Mej. J.A.D. Verhoop, sinds 1942 gehuwd met Van Iterson.



Op excursie in 1913. Van links naar rechts: onbekend, Mej. H.J. van Lugtenburg Maas, A.J. Kluyver, prof. van Iterson, Jhr. F.O. van Heurn, Mej. H.F.G. Pothoff, J. Koeslag.

plantenverzameling (cultuurtuin), een herbarium en de uitgebreide verzameling grondstoffen en produkten zoals vezelstoffen, (tropische) houtsoorten, voedings- en genotmiddelen, reukstoffen, olien en vetten, gommen, harsen, looistoffen enz. Daarnaast werden in de loop van de jaren ca. 17.000 lantaarnplaatjes verzameld. De organisatie van laboratorium en onderwijs werd vooral in de periode van 1907 tot 1927 gerealiseerd.

Hoewel de publicaties van zijn leerlingen de meest verschillende grondstoffen betreffen, was Van Iterson zelf vooral geïnteresseerd in vezelstoffen, hout en rubber. Vooral de eerste zijn rijk vertegenwoordigd in de verzameling van het TTC. Voor alle drie gebieden gelden echter nauwe banden met Delft.

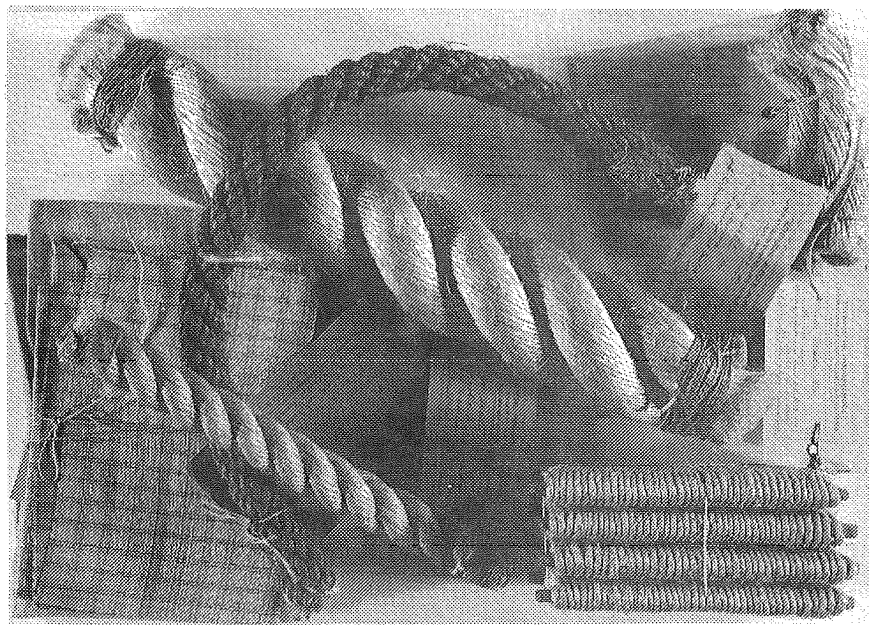
Vezelstoffen

Algemeen

In de tweede helft van de 19e eeuw ontstond een toenemende belangstelling voor de vezelstoffen. In ons land werd deze belangstelling sterk gestimuleerd vanuit het Koloniaal Museum in Haarlem, dat de grootste verzameling vezelstof-

fen ter wereld had. Ook vanuit 's Lands Plantentuin werd door Treub op de exploitatie van vezelstoffen uit Nederlands-Indië voor industriële toepassingen gewezen. Treub spreekt in zijn al eerder aangehaalde nota over het op te richten handelsmuseum met nadruk over plantaardige produkten 'en wel boven en voor alles van diegene welke afkomstig zijn van andere gewassen dan die onzer tegenwoordige grote cultures'. In dezelfde nota wordt onder meer gewezen op papierfabricage, klappervezels ('die nu worden weggeworpen'), katoenvariëteiten, gevlochten bamboehoeden enz. als mogelijkheden voor toekomstige export. In de komende decennia zouden Van Iterson en zijn leerlingen juist op deze gebieden hun sporen verdienen.

De technische vezelstoffen konden in de meest verschillende vormen gewonnen worden: vrucht- en zaadharen (katoen, plantenzijde), vezels uit stengels en bladeren (vlas, hennep, jute, chinagras), vezels uit boomschors (lindenbast), vezels uit hele bladen (espartogras), haren en wolsoorten van dieren en de zijde van de rups. Hoewel Van Iterson in de eerste plaats botanicus was, werden de dierlijke vezelsoorten dus niet verwaarloosd. Hij werd zelfs specialist in bontsoorten genoemd. Deze moeten ooit uitgebreid in de verzameling vertegenwoordigd zijn geweest. De plantaardige vezelstoffen werden, naar hun (industriële) toepassing, als volgt ingedeeld. Harde touw- en borstelvezels (agavevezels, manilla-hennep of abaca, klappervezel, arenvezel), fijnere textielvezels (katoen, rami, jute-achtige vezels), vulmaterialen (kapok, plantenzijde), vlechtmaterialen (rotan, bamboe, pandan, poeroen) en papiervezels. In Nederlands-Indië maakten de inlanders groot gebruik van vezelstoffen, die zelfs in hun leven na de voedingsmiddelen de eerste plaats innamen. Hoewel deze voor inlands



Papier, textiel, garen en touw van manilla hennep (Musa textilis Née).



Het vlechten van pandanhoeden in Tangerang. In de verzameling zijn verschillende pandanhoeden aanwezig, maar ook hoeden van bamboe en ander vlecht-materiaal.

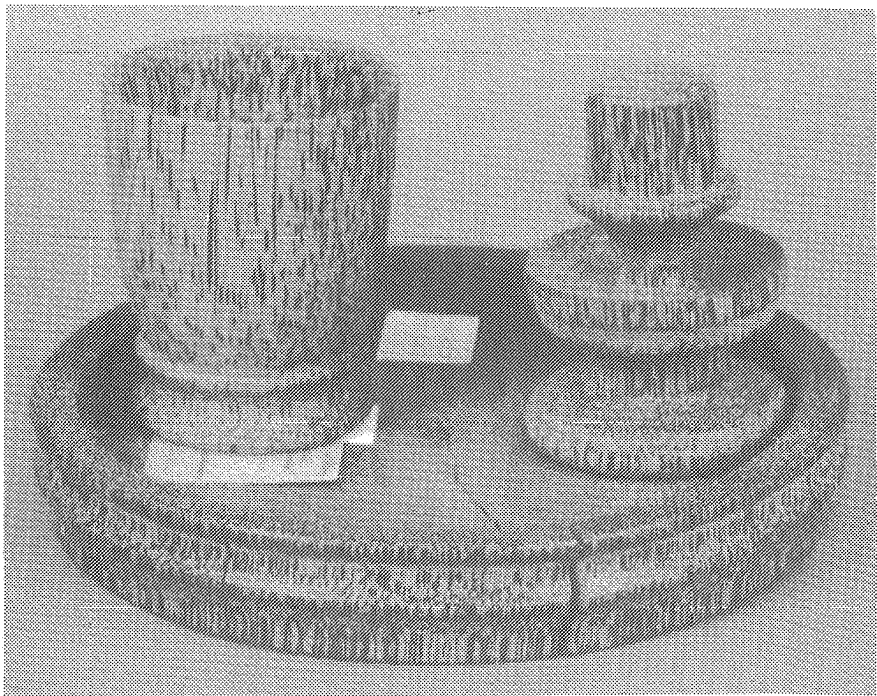
gebruik bestemde produkten vaak zeer fraai zijn, behoorden ze helaas niet tot Van Iterson's bemoeienissen. Het ging hem om vezelstoffen die voor export uit en nijverheid in Nederlands-Indië in aanmerking kwamen of zouden kunnen komen.

*Klappervezels (*Cocos nucifera* L.)*

In 1911 bezocht Van Iterson als erkend vezelspecialist het (eerste) internationale vezelcongres in Soerabaia (Surabaya), als vertegenwoordiger van de regering, in opdracht van de Departementen van Koloniën en van Landbouw, Nijverheid en Handel. Dit betekende zijn eerste persoonlijke kennismaking met de tropische natuur en landbouw. Van dit vezelcongres werd verslag gedaan in een uitgebreide publikatie, verschenen in 1913. Een van de belangrijkste adviezen uit dit rapport betrof de studie van vezelwinning en -verwerking op Ceylon en Brits-Indië, van waar de export van vezelprodukten, met name klappervezelprodukten, van grote omvang was, in tegenstelling tot Nederlands-Indië. De klapper- of kokosnoot levert in de eerste plaats kopra. Uit de bolster kunnen bij juiste verwerking vezels gewonnen worden. Dit vraagstuk hield de gemoederen al vanaf de 19e eeuw bezig. Treub bleek met vooruitziende blik een dergelijke

studiereis al in 1904 door een technoloog te hebben laten maken, overigens met weinig resultaat ten aanzien van de kokosvezelwinning. Ook op het Vezelcongres van 1911 werd het probleem gesignaleerd. De aantrekkelijke monsters kokosborstelvezel, kokosgaren en kokosmatrasvezel die getoond werden, waren namelijk afkomstig uit Ceylon en Brits-Indië. Over winning en verwerking was vrijwel niets bekend. Op de vraag waarom klappervezels wel daar en niet in Nederlands-Indië voor export gewonnen werden, waar minstens evenveel klapperbomen groeiden kon geen antwoord gegeven worden.

Pas in 1919 werd een serieus onderzoek naar de klappervezelwinning mogelijk gemaakt door een schenking aan de 'Voorlichtingsdienst der Afdeling Handelsmuseum van het Koloniaal Instituut', echter gedaan onder voorwaarde dat het geld besteed zou worden aan een afgerond onderzoek – het deed er niet toe op welk gebied –, dat de dienst in het belang van Nederlands-Indië vond. Van Iterson, lid van de Commissie van Bijstand van deze dienst, wees op het klappervezelvraagstuk, en op zijn oud-leerling A.J. Kluyver. Kluyver werkte namelijk na zijn promotie in 1916 als nijverheidsconsulent bij het Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel en zou spoedig naar Nederland terugkeren. Kluyver stemde met het verzoek in en maakte vanaf december 1919, in opdracht van het Koloniaal Instituut een reis over Java, Sumatra, Ceylon en Brits-Indië om de klappervezelindustrie ter plekke te bestuderen. Aangezien het vraagstuk ook van betekenis voor de inlanders was, die de klappergarenindustrie als huis-



Rookstel van klapperstamhout, ontvangen van Jhr. F.O. van Heurn in 1922.

industrie beoefenden, zou Kluyver vergezeld worden door een inlands ambtenaar: Raden Mas Iso Reksohadiprodjo, aspirant-landbouwleraar. Resultaat van hun reis was wederom een uitgebreid rapport met de hoofdconclusie dat het onderzoek vooral diende te worden voortgezet. Kluyver constateerde dat een aantal belangrijke verbeteringen in de winning en verwerking doorgevoerd kon worden. Vooral de lange duur van het rotingproces bleek van invloed op de kwaliteit van de vezels, waardoor het zogenaamde kloppen van de vezels veel gemakkelijker en volkomener kon gebeuren. Verder werden alle klappergarens op Ceylon op een zeer vernuftige manier met de hand gesponnen. Het met de hand gedreven eenvoudige touwslagerwiel zou ingevoerd kunnen worden, wat vooral voor de dagproductie een vooruitgang zou betekenen. Zowel op Java als in de Buitenbezittingen werden streken aangewezen, waar de klappervezelnijverheid kans van slagen zou hebben. Ook werd aangegeven in hoeverre de klappers geschikt waren voor spinvezelbereiding dan wel borstelvezelbereiding, dan wel beide.

Nu de mogelijkheden voor de kokosgarenindustrie aangegeven waren moest de toekomst uitwijzen in hoeverre toepassing succes zou hebben. De toekomst van Kluyver lag echter niet in Indië maar in Delft, waar hij in 1921 Professor Beijerinck als hoogleraar in de microbiologie opvolgde.

In de verzameling is een aantal klappervezelproducten te vinden. De oudste monsters 'cocosgaren' dateren uit 1912 en zijn afkomstig van de Tapijtfabriek W. Stevens & Zonen uit Rotterdam. Uit zijn Indische periode bracht Kluyver verschillende klappervezelproducten mee, zoals het hand- en machinaal gesponnen kokosgaren en twee koksmatten uit het klappervezelbedrijf van de gevangenis Madioen. Vrijwel alles van de kokospalm werd door de inlanders verwerkt. In 1922 bracht Van Heurn een rookstel van klapperstamhout mee uit Indië. In 1938 bracht de hortulanus J.P. Romein een theepot met kopjes mee, gemaakt van tin en palmhout. Verder een stel knopen van klapperstamhout, een schuier-tje van de bastvezel, een mandje van de bladnerven, een borsteltje uit één stuk enz.



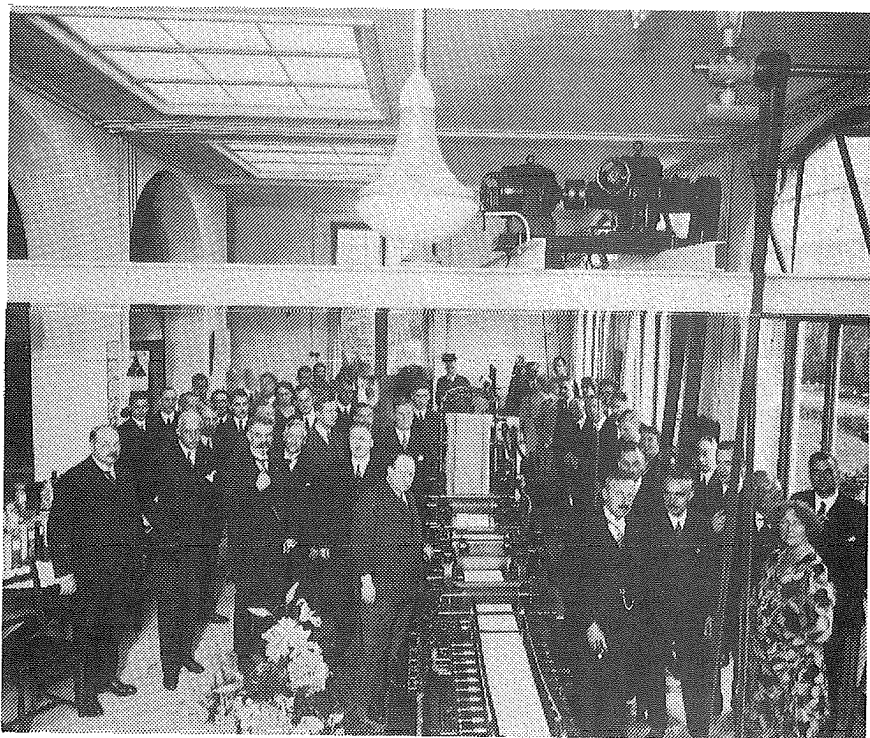
Theepot en kopjes van tin en palmhout, ontvangen van de hortulanus van de Cultuurtuin, J.P. Romein in 1938.

Rijksvezeldienst

De eerste plannen voor een rijksvezeldienst dateren uit 1914 en werden ontworpen door Van Iterson en prof. I.P. de Vooy (Mechanische Technologie) in samenwerking met de afdeling Handel van het Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel. Beide hoogleraren maakten daartoe in hetzelfde jaar een studiereis naar buitenlandse laboratoria, die zich met de keuring van vezelstoffen en textielmaterialen bezig hielden. Na vertraging door de oorlog werd, in navolging van de in 1910 gestichte Rijksrubberdienst, in 1919 de 'Rijksvoorlichtingsdienst ten behoeve van den Vezelhandel en de Vezelnijverheid' te Delft geopend. Van Iterson werd voorzitter van de Commissie van Advies, ingesteld 'om contact te verkrijgen met verschillende takken van textiel- en papierindustrie en met den handel hier te lande'. Naast de hoogleraren W.P. Smit en I.P. de Vooy werd de commissie bemand door een vlas-, twee katoen-, een wollenstoffen- en een papierfabrikant (E. Sellegger). Naast textiel- en papierkeuring werden voorlichting en advies aan handel en industrie gegeven, onderzoek op aanvraag uitgevoerd, en wetenschappelijke vraagstukken uitgewerkt. De dienst werd ondergebracht bij de afdeling Mechanische Technologie (De Vooy) in het laboratorium voor Papier- en Textielonderzoek aan de Nieuwelaan 76 in Delft, met gebruikmaking van apparatuur en personeel voorzover het onderwijs hier geen nadeel van ondervond. Onderwijs, wetenschap, handel en industrie waren nauw verweven. Vele leerlingen en oud-leerlingen deden in de volgende jaren onderzoek bij de dienst.

Papierfabricage

Vezelstoffen vormen ook belangrijke grondstoffen voor de papierfabricage. Naast het onderzoek in het Laboratorium voor Papier- en Textielonderzoek van De Vooy, werd ook in het Laboratorium voor Technische Botanie veel onderzoek aan papier gedaan. Ook hier was er een nauwe band tussen wetenschap en industrie. Hieraan heeft vooral papierfabrikant E. Sellegger, studiegenoot van Van Iterson, het zijne bijgedragen. Sellegger was directeur van de Papierfabriek Gelderland in Nijmegen. De contacten waren in wederzijds belang. Veel (oud-)leerlingen werkten, vaak tijdelijk, in zijn bedrijf. Samen met Sellegger was Van Iterson (voorzitter) lid van de adviescommissie voor de Rijksvezeldienst. In 1918 werd Van Iterson benoemd tot voorzitter van de 'Commissie inzake de vaststelling van papiernormen'. De werkzaamheden van deze commissie leidden tot het zogenaamde 'Papierbesluit', waarin de eisen op grond van de Warenwet voor de 'normaal' en 'standaard'-papieren werden vastgelegd. Dat Van Iterson's werkzaamheden voor de papierindustrie gewaardeerd werden, bleek in 1931 toen zijn laboratorium van de Papierfabriek Gelderland, Papierfabriek Padalarang, de Verenigde Papierfabrieken en de Bataafse Petroleum Maatschappij een proefinstallatie voor papierfabricage ontving. Het laboratorium stond open voor diegenen die wilden afstuderen in de papierfabrikage met gebruikmaking van de proefinstallatie! Zes jaar later, in 1937, werd een bijzondere leerstoel in de papierfabricage ingesteld door bemiddeling van het in 1925 opgerichte Delfts Hogeschool Fonds. Sellegger werd hoogleraar, Van Iterson een van de drie curatoren. In zijn intrede noemt Sellegger de hoogleraren Behrens en Beijerinck de wetenschappelijke grondleggers van de kennis ter beoordeling van papier en grondstoffen. De basis voor deze kennis wordt immers ontleend aan de micros-

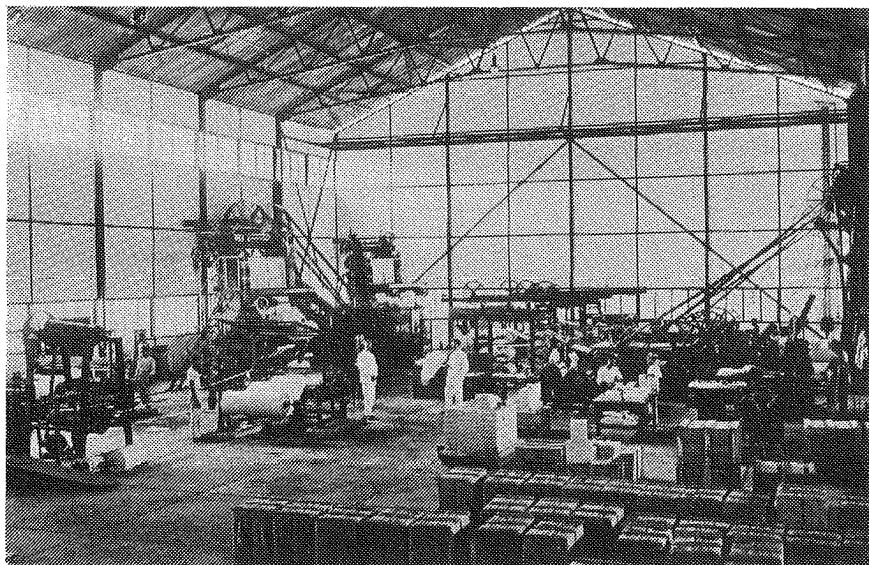


Het in gebruik nemen van de proef-installatie voor papierfabricage in het Laboratorium voor Technische Botanie in 1931.

copische analyse. In 1951 werd Selleger opgevolgd door papierfabrikant T. Tromp (oud-leerling van Van Iterson), die onder meer een aantal jaren (1925-29) in Padalarang had gewerkt.

Padalarang

De vraag naar de mogelijkheden voor vestiging van papierindustrie in Nederlands-Indië vroeg al lange tijd aandacht. Aanvankelijk bleef de fabricage beperkt tot karton. Zo produceerde vanaf ca. 1910 een fabriek in Soerabaia karton uit rijststro, bamboe, suikerrietampas en ander vezelafval. Papierfabriek Gelderland richtte, na veel studie en met flinke steun van het Gouvernement, in 1921 de papierfabriek Padalarang op, de eerste fabriek voor fijnere papersoorten in Nederlands-Indië. Vooral de geregelde toevoer van veel goedkope, vezelrijke en vooral uniforme grondstof, de van ver aangevoerde chemicaliën loog en chloor, en de geringe plaatselijke afzet leken de belangrijkste oorzaken van het tot dan toe ontbreken van deze industrie. Rond februari 1922 werd met de bouw begonnen, in maart 1923 produceerde Padalarang het eerste papier. Oud-leerling M. Spillenaar Bilgen, vanaf 1920 scheikundige bij Papierfabriek Gelderland,



Interieur van 'Papierfabriek Padalarang', 1926.

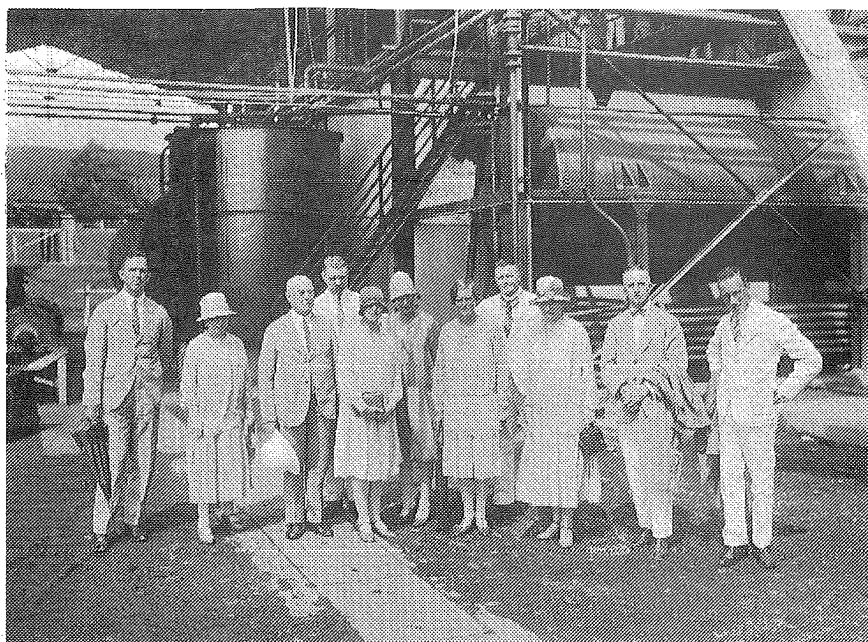
VIDOC (Visuele Documentatie) Koninklijk Instituut voor de Tropen Amsterdam

was van 1921 tot 1925 bedrijfsleider, tot 1930 administrateur. In 1922-23 werd hij bijgestaan door oud-studiegenoot W.S.A. van Straaten, die als volontair naar Padalarang vertrokken was voor de bouw en inrichting van de nieuwe papierfabriek.

In 1929 bezocht Van Iterson de papierfabriek, waar hij zijn oud-leerlingen Spillenaar Bilgen en Tromp ontmoette. Van Iterson was voor een periode van twee jaar (1927-29) in Indië vanwege zijn voorzitterschap van het Algemeen Landbouw Syndicaat. Dit was in 1925 opgericht. Onder zijn leiding vond een stevige reorganisatie van de proefstations voor bergcultures plaats.

Hout

In 1907 noemde Van Iterson in de eerste plaats hout als een produkt van plantaardige oorsprong, dat voor de ingenieur van het hoogste belang is. In verband met herkenning en waardebeoordeling wees hij op het belang van de microscoop. Belangrijk werk op dit gebied werd in deze periode in Buitenzorg verricht, waar op initiatief van Treub inmiddels ruim 4000 houtsoorten op het eiland Java verzameld en in bewerking waren. Al gauw werd Van Iterson expert op gebied van tropische houtsoorten genoemd, waarvan hij een uitgebreide verzameling bijeenbracht.



Bezoek aan Padalarang in 1929. Geheel links M. Spiilenaar Bilgen, geheel rechts T. Tromp, beiden oud-leerlingen. In het midden prof. van Iterson.

Onderwijs

Sinds 1911 stond regelmatig een cursus voor hout-anatomie en hout-herkenning op het onderwijsprogramma. De cursus 'microscopisch onderzoek van technische houtsoorten' werd in een schrijven nog eens extra aanbevolen aan 'ingenieurs van de meest uiteenlopende richting', aangezien hout tot 'één der voornaamste en veelzijdigst toegepaste constructiematerialen voor gereedschappen, bouwwerken, waterkeringen enz.' behoorde. Veel onderzoekingen door Van Iterson en zijn assistenten en leerlingen waren in het belang van de houthandel en de houtverbruikers. In 1925 verscheen zelfs in *De Ingenieur* een aanbeveling voor mensen werkzaam in het houtbedrijf de cursus 'onderzoek en identificatie van hout' te volgen. Van 1924 tot 1930 was dr.ir. J.Ph. Pfeiffer (zie onder) privaat-docent en gaf hij colleges in het wetenschappelijk technisch hout-onderzoek. Hierdoor kreeg het Laboratorium bekendheid als centrum voor hout-onderzoek. Tijdens de afwezigheid van Van Iterson (1927-1929) op het laboratorium kreeg Pfeiffer daarnaast de algehele leiding. Dat de houthandel hen beiden dankbaar was, blijkt uit een bericht hierover naar aanleiding van de tachtigste verjaardag van Van Iterson in het 'Vakblad voor de meubelindustrie' uit 1958.

Suriname

In 1910 werd Van Iterson door regering en houthandel gevraagd bepaalde onder-

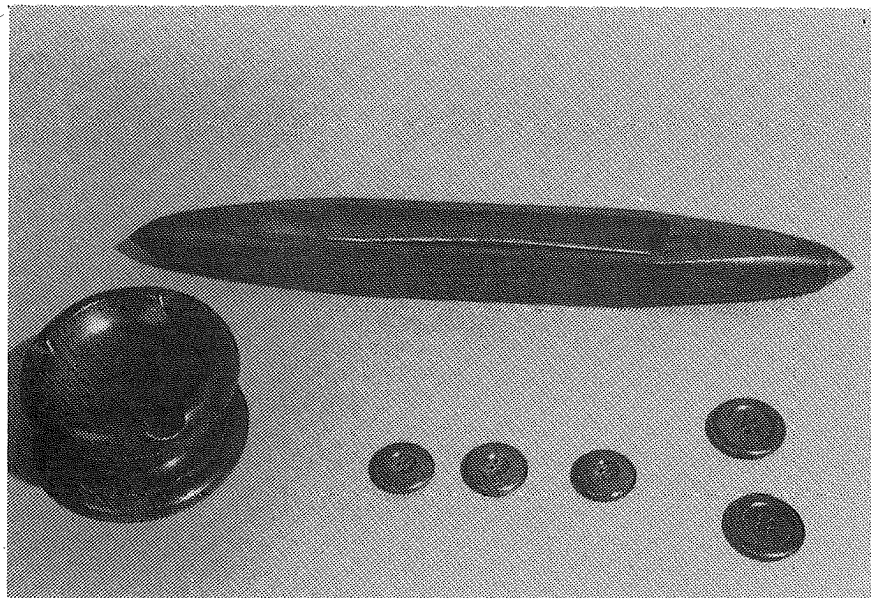
zoeken te verrichten. Zo werd hem verzocht een onderzoek in te stellen naar de geschiktheid van een aantal Australische en Surinaamse houtsoorten voor havenwerken ten behoeve van Rijkswaterstaat. Van Iterson liet dit onderzoek onder zijn leiding door een van zijn leerlingen uitvoeren. Kort daarop droeg de houthandel v/h O. Alberts & Co te Middelburg aan Van Iterson en dr. N.L. Sohngen een vergelijkend onderzoek op naar structuur en eigenschappen van het Manbarklakhout van Suriname en het Demarara-Greenheart van British Guyana.

Dit was voor de Nederlands-Indische Houtaankap Maatschappij de aanleiding om met Van Iterson te overleggen over een onderzoek van nieuwe houtsoorten, die bij de kort daarvoor begonnen exploitatie van de gemengde regenbossen op de Buitengewesten van Nederlands-Indië werden gekapt, vooral op het eiland Simaloer. De Maatschappij zocht een ingenieur voor uitzending naar Indië. Deze zou belast worden met de leiding van een nieuw op te richten laboratorium in Semarang op Java. Van Iterson beval zijn leerling J.Ph. Pfeiffer aan. Deze begon in 1910, nog voor zijn afstuderen (1911), met een voorstudie in het laboratorium van Van Iterson. In 1917 promoveerde Pfeiffer tijdens zijn verlof te Delft op het proefschrift 'De waarde van wetenschappelijk onderzoek ter vaststelling van technische eigenschappen van hout'. In hetzelfde jaar verscheen, op verzoek van de Minister van Kolonien, een rapport over de bevordering van de afzet van Surinaams hout in Nederland. Hierin werd aanbevolen een studie van de eigenschappen van Surinaamse houtsoorten onder leiding van het Koloniaal Instituut te laten verrichten. Met enige vertraging werd de 'Commissie van Advies en Onderzoek inzake Surinaamsche Houtsoorten' onder voorzitterschap van Van Iterson in 1921 geïnstalleerd. Leden waren botanici, ingenieurs, en mensen uit de praktijk. In 1922 werd Pfeiffer als deskundige van de Commissie aangesteld. De onderzoekingen, die hij van 1922 tot 1926 verrichtte, vonden voor het grootste deel in het nieuwe laboratorium van Van Iterson plaats. In 1926-27 verscheen een publicatie in twee delen, samengesteld door Pfeiffer, 'De Houtsoorten van Suriname'. Een jaar later verscheen een rapport naar aanleiding van een reis, die hij in opdracht van de regering voor een jaar door Suriname maakte: 'Rapport, aangaande de wijze, waarop de Regeering in Nederland en het Gouvernement van Suriname in de toekomst werkzaam zullen kunnen zijn ter bevordering van de houtuitvoer van Suriname' (in druk 1929). Pfeiffer werd benoemd tot Adviseur van de Gouverneur van Suriname inzake Houtkapaangelegenheden. Ook op gebied van hout streefde Van Iterson naar een openlijke organisatie van voorlichting zoals voor rubber en vezels gebeurd was. Ondanks de grote belangstelling die hiervoor bij tal van Nederlandse houthandelaren en houtverbruikers bestond, werd deze pas gerealiseerd met de oprichting van het Houtinstituut TNO in 1939.

Lignostone

Een van de bedrijven uit de houtindustrie die veel geprofiteerd hebben van de kennis van Van Iterson is de maatschappij Ago in Ter Apel. Dit bedrijf werd ca. 1916-17 opgericht. Van Iterson heeft een groot aandeel gehad in de ontwikkeling van hun fabrieken van lignostone. Gedurende een lange periode is Van Iterson commissaris geweest. Zijn oud-leerling A. Lely, was hier, vanaf zijn afstuderen in 1922, tot in 1924, bedrijfsingenieur. Uit deze tijd dateren de eerste fabrieken

van lignostone uit de verzameling.



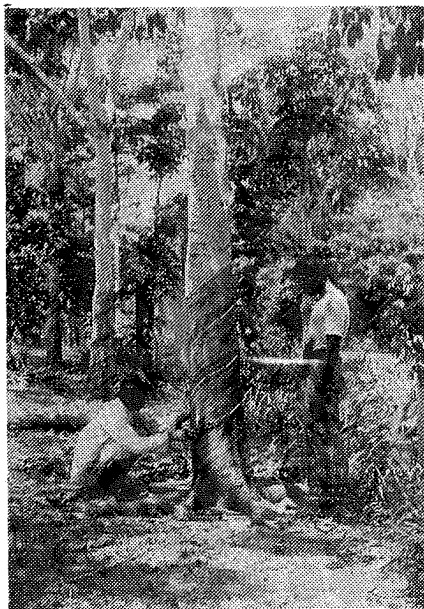
Lignostone-produkten uit 1922 van het bedrijf Ago in Ter Apel. Weefspoel en knopen zijn iepenlignostone, het asbakje is berkenlignostone.

Lignostone werd al in 1860 gepatenteerd en wordt nog steeds in hetzelfde bedrijf succesvol toegepast. In eenvoudige woorden gezegd wordt het hout onder hoge druk samengeperst, waardoor de lignine vloeibaar wordt en vervolgens versteent. Het verkregen produkt heeft een grotere slijtvastheid, vergelijkbaar met die van metaal, en bovendien een grotere elasticiteit. Aanvankelijk werd lignostone hoofdzakelijk toegepast in de textielindustrie voor de fabricage van weefspoelen, slaglatten e.d. De afgebeelde weefspoel dateert uit 1922 en is van iepenlignostone gemaakt. Uit hetzelfde jaar dateren asbakje en knopen van resp. iepen- en berkenlignostone. In de loop van de jaren ontstonden tal van kwaliteiten van verschillende soortelijke gewichten en impregneringen, al naar gelang de toepassing vereiste. Het materiaal werd na de tweede wereldoorlog verdrongen door kunststof. Het bedrijf is dan ook meermalen door deze concurrentie failliet gegaan, waarbij vele gegevens verloren zijn gegaan. In 1980 werd het bedrijf opnieuw overgenomen. Sindsdien beleeft lignostone een periode van bloei. De samenwerking met de 'Technische Universiteit Delft' werd zelfs hervat: aan het Stevin-Laboratorium voert de afdeling Houtconstructie van Civiele Techniek verschillende onderzoeken naar nieuwe toepassingen van deze 'oude technologie' uit, bijvoorbeeld buisverbindingen voor houtconstructies, railverbindingen, vonkoverslagbeveiligingen, wand- en plafondplaten en beuken (eis voedselindustrie) tafelbladen.

Rubber

Ruim 50 jaar lang is Van Iterson intensief bij de rubber betrokken geweest. Zijn hoogleraarschap begon, toen de produktie van de rubber-plantages in Nederlands-Indië voor het eerst van betekenis voor de export werd. Van Iterson nam plaats in tal van besturen en commissies, van begin af aan in internationaal verband. Veel van het Nederlandse rubberonderzoek heeft dankzij zijn contacten in Delft plaats gevonden.

Rubber komt voor in het melksap (latex) van vele planten, waarvan de 'Hevea brasiliensis' de belangrijkste is. Deze boom groeide in de oerwouden van Brazilië. De latex wordt gewonnen door aftappen. De bast wordt vanaf ca. 1 m boven de grond onder een kleine hoek over een deel van de stamontrek weggesneden, bij elke volgende tapronde iets lager. Dit gebeurt met een speciaal tapmesje tot ca. 1 mm van het cambium, zodat dit niet wordt geraakt. De sneden lopen uit in een vertikale gleuf, waarin een spuit is aangebracht die het sap naar een kopje (cup) van metaal of aardewerk leidt. In de verzameling zijn nauwelijks rubber-produkten te vinden, wel is wat tapgereedschap aanwezig. Overigens gebeurt het tappen nu nog steeds op vrijwel dezelfde wijze.



Het tappen van de rubberboom, ca. 1915. Dergelijk gereedschap bevindt zich ook in de verzameling.

VIDOC (Visuele Documentatie) Koninklijk Instituut voor de Tropen Amsterdam

19^e eeuw

De eigenlijke rubberindustrie begon in de 19^e eeuw met de uitvindingen van de Engelsman Thomas Hancock (1820) en de Amerikaan Charles Goodyear (1839). De eerste vond het plasticeren uit, waardoor het mengen met vul- en andere

hulpstoffen mogelijk werd. Goodyear vond het vulcaniseren uit, waardoor het rubberartikel zijn vorm permanent behield. Tot 1890 bleef de rubberindustrie echter zuiver empirisch van aard. Het monopolie van de rubberproductie werd door Brazilië goed bewaard. Reeds in 1855 realiseerde Hancock zich echter hoezeer Engeland afhankelijk was van de import uit Brazilië. Hij zag het groot voordeel van een eigen rubbercultuur in de Engelse koloniën in Oost- en West-Indië. In 1876 slaagde Henry Wickham erin 70.000 zaden van de *Hevea brasiliensis* uit Brazilië naar Kew Gardens (Londen) over te brengen. Hier kwamen 2000 planten tot ontkieming. Deze werden naar Sri Lanka (Ceylon) en Malakka vervoerd, waar zij de stamplanten van de gehele plantage-rubberindustrie in Oost-Azië werden. De opkomst van de chemie die vanaf 1890 inzette betrof ook de rubberchemie en -technologie. Vanaf die tijd verscheen een aantal rubbertijdschriften met verschillende wetenschappelijke publikaties. Daarbij kwam omstreeks 1900 de colloidchemie als nieuwe wetenschap op. Na 1900 maakte de rubberindustrie, onder meer dankzij de toenemende vraag van de auto-industrie, een enorme ontwikkeling door. In 1914 hadden de nieuwe produktiegebieden de oude ruimschoots overtroffen. Nederlands-Indië zou in de volgende decennia één der belangrijkste rubberproducenten worden.

Van Iterson raakte via zijn onderwijs in de microscopische anatomie onder Beijerinck al gauw met de winning en verwerking van ruwe rubber vertrouwd. In zijn intrede in 1907 noemt hij kennis van de bouw van onder meer de caoutchouc, gutta percha en ballata dubbel gewenst 'omdat de winning dezer produkten, welke tot de meest waardevolle voortbrengselen van onze archipel behoren, vaak een ware roofofbouw moet genoemd worden!' Reeds in 1908 was de cultuur in Nederlands-Indië krachtig in opkomst. In dat jaar vond een Internationale Rubbertentoonstelling in Londen plaats. Van Iterson behoorde tot de Nederlandse tentoonstellingscommissie. De voordracht van dr. A.H. Berkhout (Landbouwhogeschool Wageningen), eveneens lid van de commissie, over de wenselijkheid van uniform onderzoek van 'caoutchouc' leidde tot de instelling van het 'International Rubber Testing Committee', waarin Berkhout namens Nederland plaats nam. Daarnaast werd per land een commissie ingesteld. Tot deze commissie behoorden Greshof van het Koloniaal Museum in Haarlem, Hoogewerff en Van Iterson van de TH Delft, I. Merens, caoutchoucfabrikant uit Haarlem, A. Slingervoet Ramondt, technoloog uit Amsterdam, dr. W.R. Tromp de Haas, Superintendent van de Gouvernemente Getah pertja-aanplanting te Tjipetir en dr. A.H. Berkhout, Landbouwhogeschool Wageningen. Deze opzet is tot aan de tweede wereldoorlog kenmerkend gebleven voor de (natuur)rubberindustrie: een internationale samenwerking tussen Engeland, Nederland en Frankrijk als koloniale mogelijkheden, vooral vanuit Engeland gestuurd, als toenmalige grootste rubberproducent. Daarnaast een samenwerking tussen alle belanghebbende partijen: planters, handelaren, industriëlen en wetenschappers met zowel zuiver wetenschappelijk als toegepast onderzoek. Vanuit verschillende invalshoeken leverde Van Iterson hieraan zijn bijdrage.

TH-Laboratorium voor Technische Botanie

Allereerst werd aan de TH door leerlingen onder zijn leiding allerlei onderzoek aan rubber gedaan. In 1916 leidde dit tot het eerste proefschrift op dit gebied ('Bijdrage tot de kennis van het vulcanisatieproces') van A. van Rossem, die

sindsdien onafgebroken in vele verschillende functies in de rubber gewerkt heeft, waardoor hij in nauwe relatie met Van Iterson bleef staan. Op diens advies werd Van Rossem in hetzelfde jaar tot directeur van de Rijksrubberdienst benoemd (zie onder). Hij werd in 1919 privatdocent in de rubbertechnologie. Dit gebeurde tot grote tevredenheid van Van Iterson en De Vooys, die binnen de afdeling scheikunde produktgericht onderwijs voorstonden. Hij werd in 1922 directeur van de Technische Afdeling van de 'Internationale Vereeniging voor de Rubber-cultuur'. In 1939 werd door bemiddeling van het Delfts Hogeschool Fonds een bijzondere leerstoel in de rubbertechnologie opgericht. Van Rossem werd tot hoogleraar benoemd (tot 1959), Professor van Iterson was een der curatoren.

Rijksrubberdienst

In 1909 werd voorspeld dat de Braziliaanse wilde rubber binnen vijf jaar door de plantage-rubber verdrongen zou zijn en dat Nederlands Oost-Indië tot de grootste caoutchouc-producenten kan worden gerekend. Van Iterson realiseerde zich dat de handel in ruwe en ge vulcaniseerde rubber op een meer wetenschappelijke basis moest berusten – tot dan werd de rubberhandel zuiver empirisch beoordeeld door de makelaars – en dat de verantwoordelijkheid hiervoor bij de regering moest liggen. In zijn begroting voor 1910 wijst hij dan ook op het nationale belang van rubber, op de concurrentie van andere landen (bijv. Ceylon) en op de noodzaak van goede, algemeen erkende keuringsmethoden. Hij stelt voor hiertoe een assistent te benoemen, die in overleg met de 'Nederlandse commissie' en onder Van Iterson's leiding, de vereiste onderzoeken op chemisch, fysisch, mechanisch en microscopisch gebied zal uitvoeren. Hij noemt rubber 'één der belangrijkste onderdelen van zijn leervak'. Een dergelijk laboratorium zou dan ook rechtstreeks in het belang van zijn onderwijs zijn. Op 14 mei 1910 werd de 'Rijksvoorlichtingsdienst ten behoeve van de rubberhandel en rubbernijverheid' opgericht. Zijn assistent (oud-leerling) ir. J.G. Fol, werd benoemd tot technoloog. De dienst werd ondergebracht in het laboratorium voor Microscopische Anatomie aan de Oude Delft 81 en huisde aanvankelijk in één vertrek. Vanaf 1911 stond de dienst open voor chemische keuring, vanaf 1913 voor vulcanisatiewerk en mechanische keuring. Vanaf dat jaar werd een viertal lokalen van de TH aan de Oude Delft 89 in gebruik genomen. In mei 1918 verhuisde de rubberdienst naar een vleugel van het nieuwe gebouw van Technische Botanie. Naast het voorlichtings- en keuringswerk werd in ruime mate wetenschappelijk onderzoek verricht. Met name Van Iterson was een groot voorstander van het zuiver wetenschappelijk onderzoek, dat wat hem betreft als organisch geheel met het overige werk gezien diende te worden. De hoeveelheid publicaties (door medewerkers en hem zelf) in de 'Mededeelingen van den Rijksrubberdienst' uit 1916, laat zien welke enorme impuls van deze dienst uitging. Aanvankelijk stond de dienst onder zijn leiding. In 1916 werd Van Rossem tot directeur en Van Iterson tot adviseur benoemd. Veel (oud-)leerlingen hebben bij deze dienst gewerkt, waarna zij veelal naar Indië vertrokken. Daar kwamen zij terecht bij de rubberproefstations en rubber-cultuur of -handelmaatschappijen. Anderen kwamen in de Nederlandse rubberindustrie terecht. Van Iterson's eigen contacten met de Nederlandse rubberindustrie hebben later onder meer tot commissariaten bij Hevea en Vredestein geleid. Volgens de Wet op het Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO uit 1930 ging de Rijksrubberdienst tenslotte op 16 november 1941 over in het rubberinstituut TNO. Na vele transformaties leeft dit instituut nog

altijd voort onder de naam 'Centrum voor Polymere Materialen (C.P.M.)', dat dan ook binnenkort zijn 80-jarig jubileum hoopt te vieren en nog altijd in Delft gevestigd is.

'Internationale Vereeniging voor de Rubber-Cultuur in Nederlands-Indië'

De rubbercultuur op Java en Sumatra nam in enkele jaren zo'n grote vlucht, waarbij zowel binnen- en buitenlands kapitaal betrokken was, dat in 1913 besloten werd tot oprichting van de 'Internationale Vereeniging voor de Rubber-Cultuur in Nederlands-Indië'. De vereniging werkte naast en in samenwerking met de Nederlands-Indische plantersverenigingen. Het bestuur bestond uit 22 leden, waaronder een aantal afgevaardigden van de Engelse 'Rubber Growers' Association' en de Franse 'Association des Planteurs de Caoutchouc'. Van Iterson was vanaf de oprichting bestuurslid. Het kantoor was gevestigd in Den Haag. In 1922 werd van Engelse zijde de wens geuit naar 'krachtige propaganda voor groter rubberverbruik': in Nederland werd de 'Propaganda-Afdeling' later 'Technische Afdeling' van de I.V.R. opgericht. Van Iterson nam plaats in de adviescommissie. Deze Technische Afdeling kende een Researchafdeling (Delft, ondergebracht bij de Rijksrubberdienst) en een Technisch-Commerciële Afdeling (Den Haag). dr. P.J.H. van Ginneken (TNO) en Van Iterson werden tot 'Gedelegeerden' benoemd om het contact tussen beide afdelingen te bevorderen. Van Rossem en Fol waren er directeur. Per 1 november 1936 werd de Rubberstichting opgericht, die de werkzaamheden van de Technische Afdeling voortzette.

Rubberstichting

De Rubberstichting is lange tijd in Delft gehuisvest geweest. Velen zullen zich het gebouw aan de Oranjesingel herinneren, waar tegenwoordig de Optische Industrie Delft gehuisvest is. Als gevolg van de crisisjaren na de wereldcrisis in 1929, werd op 7 mei 1934 door de belanghebbende landen (Engeland, Frankrijk, Nederland, Siam en Brits-Indië) tot de 'Internationale rubber restrictie overeenkomst' besloten in de hoop op herstel van een evenwicht tussen produktie en consumptie van rubber door overal dezelfde heffingen in te voeren. Daarnaast moesten research en propaganda hun werk doen. Engeland, Frankrijk en Nederland richtten een internationaal overlegorgaan, de 'International Rubber Research Board' op, om gezamenlijk de noodzakelijke stappen te kunnen ondernemen. Een dergelijk overlegorgaan voor de propaganda werd opgericht, de 'International Rubber Propaganda Committee'. Ieder land richtte een eigen research-afdeling op. In Nederland werden de werkzaamheden geleid door de I.V.R. die besloot haar Technische Afdeling onder te brengen in de 'Rubberstichting'. De Rubberstichting werd in 1936 opgericht. Van Rossem en Fol als directeur, Van Ginneken en Van Iterson als Gedelegeerden, bleven aan in dezelfde functie. In 1939 werd oud-leerling dr.ir. R. Houwink tot Directeur-Generaal van beide afdelingen benoemd. Aanvankelijk werd de Technische Afdeling gefinancierd door vrijwillige bijdragen van de rubber- cultuurmaatschappijen, vanaf 1933 door de 'Crisis-Rubber-Centrale' in Batavia (Bogor). Ook de Rubberstichting werd op deze wijze gefinancierd. De Raad van Bestuur bestond uit 8 leden, waarvan 4 leden door de de I.V.R. benoemd werden en 4 leden door de Gouverneur-Generaal van Nederlands-Indië. Van deze laatsten werd 1 lid aanbevolen door het Koloniaal Instituut (prof. dr. L.Ph. le Cosquino de Bussy) en

1 lid aanbevolen door T.N.O. (Van Iterson/Van Ginneken). Jhr. Mr. W.J. de Jonge, benoemd door de I.V.R., was voorzitter van 1936 tot 1968. De Bussy, Van Iterson/Van Ginneken en De Jonge waren tevens afgevaardigden in de International Rubber Research Board. De Rubberstichting maakte dus deel uit van een internationaal netwerk van organisaties. Na de oorlog treffen we dan ook vergelijkbare kantoren en laboratoria aan in Londen, Welwyn Garden City, Kuala Lumpur, Parijs, Saigon, Bogor. In Bogor was in 1941 het Nederlands-Indisch Instituut voor Rubberonderzoek (NIRO) opgericht. Vanaf 1948 werd dit het Indonesisch Instituut voor Rubberonderzoek (INIRO), wat uiteindelijk het tegenwoordige 'Research Institute for Estate Crops' in Bogor is geworden. Voornaamste doelstelling van de Rubberstichting was (is) de bevordering van het gebruik van natuurrubber in de ruimste zin door research en voorlichting. Toenemende behoefte aan laboratoriumruimte, leidde in 1939 tot bouwplannen voor een eigen laboratorium. De oorlog verhinderde verdere uitvoering. Eind 1940 kreeg de Rubberstichting de beschikking over een aantal vertrekken in het gebouw van het Staatsbedrijf der Artillerie-Inrichtingen aan de Julianalaan 89 (nu Julianalaan 134) te Delft voor een huurperiode van 10 jaar. Als dank aan Van Iterson voor zijn werkzaamheden in het belang van de rubber, werd hem door het personeel van de Rubberstichting een bronzen plaquette aangeboden, die overigens tot nu toe niet teruggevonden is. In de oorlog werd de Rubberstichting getransformeerd tot het 'Kunststoffeninstituut', waardoor verhinderd werd dat het personeel naar Duitsland gezonden werd. Na de oorlog werden de betreffende werkzaamheden voortgezet in het Kunststoffeninstituut TNO (1946). Bouwplannen voor de Rubberstichting werden weer ter hand genomen en in 1951 werd



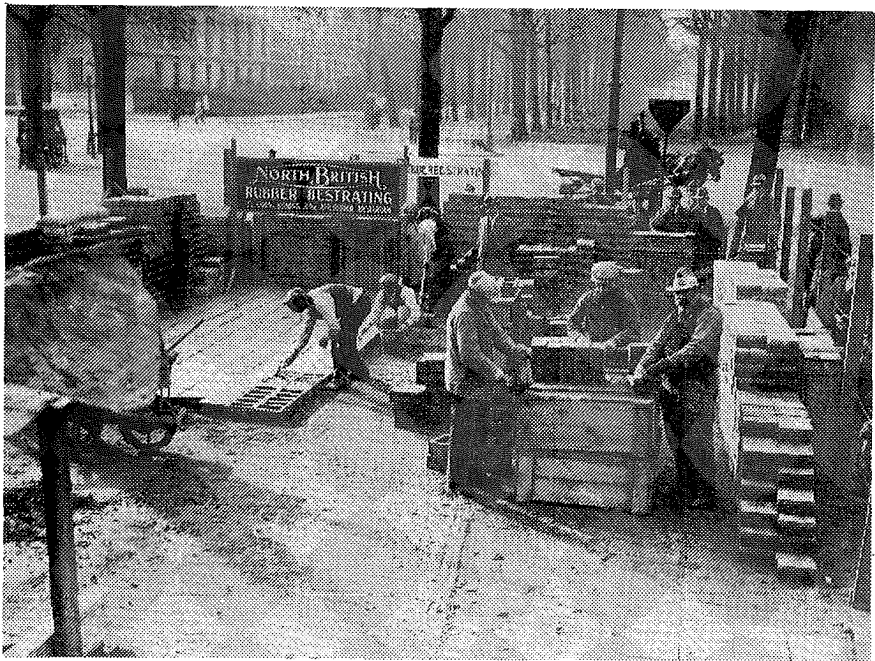
Gebouw van de Rubberstichting in de jaren '50.

het gebouw aan de Oostsingel geopend, waar deze keer een plaquette van Van Rossem opgehangen werd (tegenwoordig in het C.P.M.). De activiteiten werden voornamelijk bepaald door de voortdurende dreiging van de synthetische rubber, die zich vooral in de oorlog enorm ontwikkeld had. Naast onderzoek aan natuur-rubber, werden verwoede pogingen ondernomen nieuwe afzetmarkten te vinden. De soevereiniteitsoverdracht in 1949 had ook voor de Rubberstichting in Delft nogal wat gevolgen. In 1955 besloot Indonesië de Rubberstichting van Delft met een toenmalige personeelsbezetting van ca. 200 personen, naar Bogor te verplaatsen, in het jaar daarop werden alle contacten tussen Nederland en Indonesië verbroken. Buitenlandse cultuur-maatschappijen werden genationaliseerd. In Delft moest het personeel, voorzover dat niet uit eigen beweging vertrokken was, ontslagen worden. Het gebouw van de Rubberstichting werd eerst verhuurd, later verkocht. De Raad van Bestuur bleef haar werkzaamheden vanuit Amsterdam uitvoeren. Van Iterson bleef tot 1960 actief, als bestuurslid en als Gedelegeerde. De Rubberstichting raakte in de komende jaren in een impasse. In de jaren 1968-1971 werd zelfs besloten tot liquidatie van de stichting. In 1971 herleefde de Rubberstichting echter. De relatief bescheiden middelen werden gebruikt om derden in de gelegenheid te stellen activiteiten te ontplooiën en werkzaamheden uit te voeren op het gebied van rubberverwerking en gebruik. In de volgende jaren nam het kapitaal van de stichting langzaam maar zeker toe; voorzichtig werden de contacten met Indonesië weer hersteld en verder uitgebouwd. In 1986 vierde de Rubberstichting haar 50-jarig jubileum. De lijst van projecten die sinds 1971 in het belang van de natuurrubber ondersteund worden, toont aan dat de herleving van de Rubberstichting zinvol is geweest.

Toepassingen

Tot hier werd vrijwel uitsluitend besproken hoe de verschillende organisaties zich vormden. In de loop van de 20ste eeuw ontwikkelde de technologie van winning, productie en toepassing zich in hoog tempo. We volstaan hier met een verwijzing naar de uitgebreide literatuur, die met name in de bibliotheek van het C.P.M. voor iedereen toegankelijk is. In een lezing over de rubber-cultuur voor het Indisch Genootschap in 1916 gaf Van Iterson een opsomming van het toenmalige gebruik van rubber. In verband met de oorlog noemde hij de autobanden (met een gemiddelde levensduur van 2 maanden) voor de 250.000 auto's die per jaar aan het front werden gebruikt, waterdichte stoffen, chirurgische artikelen en militaire ballons. Daarnaast noemde hij het toenemend aantal rijwiel- en autobanden voor algemeen gebruik, de kabel- en draadleidingindustrie, overschoenen (Rusland, China, Amerika), rubberslangen, buizen, medische artikelen, uit eboniet vervaardigde artikelen, het kinderspeelgoed, tennisballen en de technische rubber-artikelen zoals kleppen, afsluiters, buffers en drijfriemen. Voor de toekomst verwachtte hij veel van de rubbervloerbedekking en -bestrating. Deze verwachtingen zijn ruimschoots uitgekomen. In de jaren '50 werd uitgebreid geëxperimenteerd met rubbervloerbedekking in huis en in openbare gebouwen, in de veeteeltsector worden vanaf die tijd de rubber stalmatten veel toegepast. Voor wat betreft de rubberbestrating, deze werd misschien al eerder toegepast dan Van Iterson verwacht had, maar ook in 1990 is het gebruik van natuurrubber in het wegdek nog in volle ontwikkeling. In de laatste jaren zijn allerlei nieuwe toepassingen in ontwikkeling, variërend van condoms, spenen en steriele handschoenen tot schuifgeleidingen en afdichtingen in de Oosterschelde dam, brug-

opleggingen en aardbevingsbestendige civiele constructies.



Rubberbestrating in Amsterdam in de jaren '20.

Nawoord

In 1948 nam Professor van Iterson afscheid van de TH. Vele oud-leerlingen en groepen van belanghebbenden vanuit het bedrijfsleven en de regering toonden hun belangstelling. Ook de gehele internationale rubberwereld was hierbij aanwezig. Zijn afscheid van de TH hield ook zijn vertrek uit Delft in. Hoewel in de gelegenheid gesteld thuis wetenschappelijk onderzoek te blijven doen, via een hem aangeboden laboratorium-instrumentarium, werd zijn tijd in de volgende jaren vooral opgeslokt door de vele vergaderingen voor verschillende bestuurscommissies. Desondanks verscheen in 1964 (op 86-jarige leeftijd) zijn studie over de bladstanden, 'deel I'. Hoewel hij een groot voorstander was van het toegepast onderzoek, aan de basis daarvan diende nu eenmaal het zuiver wetenschappelijk onderzoek te staan. Teleurstellingen zijn hem niet bespaard gebleven. In de eerste plaats over de ontwikkelingen op het Laboratorium voor Technische Botanie, waar verschillende afsplitsingen uiteindelijk leidden tot verloren gaan van door hem in gang gezette onderzoeksrichtingen. Daarnaast is de wijze waarop de soevereiniteit van Indonesië tot stand kwam voor velen moeilijk te accepteren geweest, ook voor Van Iterson. Hij zag veel van het werk, dat zijn leerlingen, vaak met Van Iterson als 'auctor intellectualis', tot aan de oorlog opgebouwd hadden, verwaarloosd of te gronde gaan: ten tijde van de



*Portret van emeritus-hoogleraar
G. van Iterson Jr.*

Japanse bezetting, de revolutie na de oorlog, maar ook met het vertrek van de buitenlandse cultuurmaatschappijen, toen deze in 1956 genationaliseerd werden. Van Iterson verliet de Rubberstichting toen de relaties tussen Nederland en Indonesië op een dieptepunt waren beland, en maakte helaas het herstel hiervan niet meer mee. In 1972 overleed Van Iterson op een leeftijd van 93 jaar. Het ware hem vergund een blik in de toekomst te kunnen werpen. Dan zou hij hebben kunnen zien dat de Rubberstichting anno 1990 een uitstekende relatie met Bogor onderhoudt, dat de natuurrubber dankzij een groot aantal nieuwe toepassingen de concurrentie van de synthetische rubber heeft overleefd, en dat na lange tijd de eerste investering in een Indonesische (palmolie-)plantage weer mogelijk is!

De auteur heeft het afgelopen jaar gewerkt aan de inventarisatie en registratie van de TTC-collectie 'Produkten van Organisch Materiaal'. Een uitgebreidere publicatie over deze verzameling is momenteel in voorbereiding. Het is de bedoeling, dat in het toekomstige 'Techniek Museum Delft' aan de hand van een aantal produkten een kleine expositie over Professor G. van Iterson Jr. gehouden zal worden.

BEEK WIL VAART HOUDEN IN NIEUW TECHNIKMUSEUM

door Benno Boeters

"Het moet niet zo zijn dat een uitgewerkt plan voor een nieuw techniekmuseum, dat door hard werken in drie maanden is gemaakt, nu nog eens drie maanden op het groene licht van het College van Bestuur moet wachten." Prof. dr.ir. W.J. Beek, in zijn hoedanigheid als voorzitter van de werkgroep "Privatisering TTC", heeft haast. "Met onze partners, de gemeente en de regionale industrie, hebben we in korte tijd een hoop bereikt; nu moet het vlieg wiel blijven draaien anders gaat de daadkracht eruit." Het nieuwe museum zou moeten komen in hallen aan de Ezelsveldlaan.

Goed op de kaart

Volgens Beek heeft de universiteit een goede kans met een nieuw techniekmuseum "goed op de kaart van Nederland te komen. Dit is een mogelijkheid tot promotie van de TU die we niet mogen laten passeren door te lang wachten". Hij en zijn zwaar bemande werkgroep dienden begin januari 1990 een uitgewerkt ontwerp in. Zij deden dat in opdracht van het College van Bestuur en binnen de krappe tijd daarvoor gesteld. Een nieuwe "geprivatiseerde" opzet voor het Technisch Tentoonstellingscentrum (TTC), was nodig nadat een voorstel tot opheffing als onderdeel van het bezuinigingsplan voor het Bureau, na felle protesten in de Universiteitsraad en "van buiten", alsnog door het College werd ingetrokken. Een geprivatiseerd techniekmuseum moet uiteindelijk zichzelf bedruipen, zodat de universiteit goedkoper uit is.

Consoles

In het plan van Beek en zijn werkgroepleden, staat het toekomstig *Techniek Museum Delft* op een plek tussen de TH-wijk en de stadskern aan de Ezelsveldlaan. De daar gelegen hallen, die dateren van begin deze eeuw, lenen zich uitstekend als onderkomen, menen zij. Een deel van de beoogde ruimte was tot een jaar geleden in gebruik als de Mensa, en is ooit gebouwd als werkplaats van Werktuigbouw. De oude consoles voor de grote machines staan er nog; daarop passen perfect de stoommachines en gasmotoren uit de collectie van het Technisch Tentoonstellingscentrum, die onlangs gerestaureerd zijn. Het is bovendien een "prachtig voorbeeld van kathedraalbouw". De daarnaast gelegen hal is, volgens het plan, de plek waar straks de tijdelijke tentoonstellingen worden gehouden.

In een derde ruimte komen de "hands on"-opstellingen: instructieve apparaten waarmee de bezoeker zelf in de weer kan. Een aantal daarvan heeft het TTC gekregen uit de nalatenschap van het door Philips opgeheven Evoluon. Verder biedt de locatie nog onderdak aan werkplaatsen voor jonge onderzoekers die met computers, elektronica of fotografie bezig willen. De hallen op zich zijn al een stukje "industriële archeologie" meent Beek. Een deel ervan is het laatst gebruikt als feestruimte door studentenvereniging Phoenix, in de zomer van 1988, en daardoor behoorlijk beschadigd. Beek meent dat dit museum uniek in Nederland

kan zijn. Het is in deze opzet veel meer dan een uitstalkast van voorwerpen uit een voorbij verleden; de historische lijn wordt doorgetrokken richting toekomst en de bezoekers wordt duidelijk gemaakt wat techniek is in de wereld waarin ze leven.

Geen vitrine

Veel aandacht schonk de commissie aan de overlevingskansen van een zelfstandig techniekmuseum. Het is de bedoeling dat de TU twee-derde, en de gemeente een-derde van de grond en de gebouwen inbrengt. De stichting die het museum gaat beheren, neemt tevens de zorg voor de collectie van het TTC en voor historisch waardevolle apparaten afkomstig van faculteiten, van de TU over. Met de vergoeding die de universiteit daarvoor betaalt, kunnen twee à drie stafleden betaald worden.

In een voorzichtige begijfering ("we rekenen ons niet rijk") komen de plannemakers op een bezoekersaantal van veertigduizend per jaar, na een aanloopperiode van vijf jaar. De staf van het museum staat het natuurlijk vrij om voor andere opdrachtgevers werk te doen en bijvoorbeeld voor een ministerie een expositie in te richten. "Dat is een uitdaging tot ondernemen, die er volgens mij best in mag zitten", stelt Beek.

Via de Kamer van Koophandel zullen industrieën in Delft en omgeving benaderd worden met het verzoek bij te dragen aan een fonds dat ongeveer 2,5 miljoen gulden groot zou moeten zijn. Met het "vruchtgebruik" daarvan kan het museum zijn financiële basis weer wat verstevigen. In het museum zelf is ruimte gereserveerd om aandacht te schenken aan de regionale industrieën. "Nee, het is niet de bedoeling, dat dat zomaar een vitrine voor de lijm- en gelatine-fabriek wordt. Alles wat tentoongesteld wordt, moet passen in de algehele presentatie van het museum", aldus Beek. Volgens hem hebben, naast de industrie, ook de nutsbedrijven, het Hoogheemraadschap Delfland en andere opleidingsinstituten veel te presenteren, "maar niet op een beursachtige manier".

Verbouwing

Om de hallen te restaureren en aan te passen, zijn miljoenen guldens nodig. Hoe het precies staat met de gebouwen en hoe hoog de kosten van verbouwing zijn, wordt momenteel uitgezocht door verschillende architectenbureaus. Er mag verwacht worden dat de universiteit het geld dat oorspronkelijk gereserveerd was om een nieuwe ruimte voor het TTC in te richten (na het gedwongen vertrek uit het gebouw aan de Kanaalweg), zal inbrengen voor de verbouwing aan de Ezelsveldlaan. Ook van de gemeente Delft verwacht de werkgroep een aandeel in de investering. Maar een groot deel zal van elders moeten komen. Beek mikt onder andere op de Europese Gemeenschap, die 1991 uitgeroepen heeft tot jaar voor het behoud van het industrieel erfgoed en op de departementen van Economische Zaken en WVC.

"Wij zijn zelf al vier jaar geleden gekomen met een voorstel aan het toenmalig College om het TTC te privatiseren. Toen zei het — nee, eerst de herhuisvesting regelen —. Hebben we ons twee jaar koestgehouden. Vervolgens was de nieuwe locatie aan de Rotterdamseweg geregeld, maar toen vond het College dat eerst de personele bezetting bekeken moest worden. De universitaire bestuurders zijn niet erg consistent geweest en dat geeft een negatief beeld richting de andere partners

in het museum-plan. Toch hebben we nu in korte tijd veel toezeggingen van verschillende kanten gekregen. Als het College op korte termijn beslist, dan kunnen we snel zaken voor elkaar krijgen", aldus Beek.

*Overgenomen uit Delta, weekblad van de TU-Delft
Jrg. 22, nr. 6 van 15 februari 1990*



PAUL J.H. WEESIE

Enigszins verlaat ontving het bestuur het droevige bericht dat op 25 augustus jl. ons oud-bestuurslid Paul J.H. Weesie is overleden. Hij is 69 jaar geworden. Velen zullen hem zich nog wel herinneren als degene die tijdens excursies en voordrachten foto's voor het H-Nieuws, thans Histechnicon, maakte.

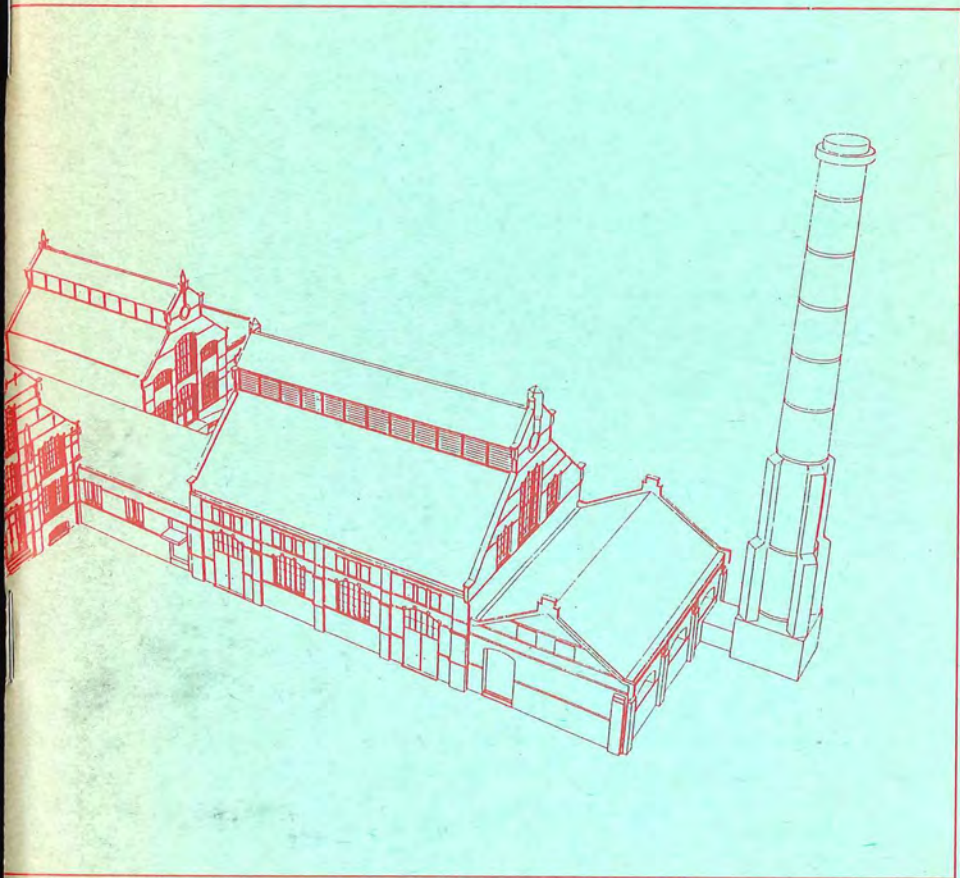
Op 14 november 1981 was hij als hoofd van de huishoudelijke en interne dienst van Ericsson te Rijen de gastheer tijdens een bezoek van leden van Histechnica aan dat bedrijf, waarbij hij 34 jaar heeft gewerkt. Met trots heeft hij toen de uitgebreide, door hem zelf opgebouwde collectie van allerlei produkten en documentatie van Ericsson aan zijn gasten getoond.

Paul Weesie is van 1981 t/m 1986 bestuurslid van Histechnica geweest. Hij was steeds bijzonder geïnteresseerd in de activiteiten van deze vereniging en stond altijd klaar om bepaalde taken op zich te nemen. Hij was een heel plezierig persoon. Velen zullen hem missen. Histechnica is hem veel dank verschuldigd.

J.H. Makkink

histechnicon

orgaan van Histechnica: de 'vereniging vrienden van het technisch tentoonstellingscentrum' te Delft



jaargang 16, september 1990

2/3

2X

A.P. Oele 1
Histechnica indertijd

T. Dijs 3
Histechnica, thans en in de toekomst

A. Wegener Sleeswyk 5
De waterklok van Archimedes

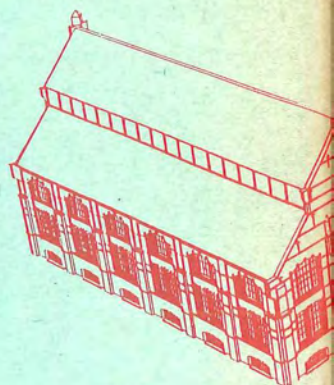
M.J. Sparnaay 16
De betekenis van Christiaan Huygens
voor de ontwikkeling van de vacuüm-
techniek

H.-J. Sprokholt 31
De Akropolis te Athene I

secretariaat:

J. van Elk, Populierendreef 16,
3137 CW Vlaardingen

Perspectief van het Techniek Museum
Delft (tekening: architectenburo Tak)



Dr.ir. A.P. Oele
eerste voorzitter Histechnica.



Histechnica Indertijd

A.P.Oele

Eind 1974 ontstonden plannen om de Technische Hogeschool Delft te steunen in haar acties voor het tot leven brengen van de geschiedenis van de techniek. Die plannen kregen vorm en inhoud door een royale gift van de toen jubilerende Delftse instrumentenfabriek Enraf-Nonius. In februari 1975 kreeg de oprichting van Histechnica (de vereniging voor vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum) zijn beslag. Het was een enthousiast clubje, waarvan ondergetekende de eerste voorzitter mocht zijn. De waarheid gebiedt te erkennen dat ons plezier continu gevoed werd door de medewerkers van het TTC en meer in het bijzonder door Jan Makkink. Ook de onvermoeibare Piet Kamps en de latere secretaris Rob Lutke Schipholt komen hier in mijn gedachten.

De beginperiode, tot pakweg 1982, kenmerkte zich door het zoeken naar een eigen lijn voor de aan het TTC geliëerde activiteiten. Hoewel het verzamelaars-hobbyisme ook onze club niet vreemd was, werd veel aandacht gegeven aan het educatieve en het maatschappelijke element. Goed opgezette TTC-wissexposities en goede inleiders hielpen ons op weg. Bladerend in de eerste afleveringen van *Histechnica-nieuws* komen inleidingen als die van prof. Zuythoff over gietijzer en die van prof. Schuurman en Luypen over de gemengde zegen van de techniek naar voren als illustratie van een zo breed mogelijke benadering van de geschiedenis van de techniek.

Succesvolle tentoonstellingen zoals 'Van stoommachine tot straalmotor' en 'Van telraam tot chip' waren ook voor de vereniging echte opstakers. Ook de entourage van het monumentale en technisch zeer karakteristieke oude gebouw voor geodesie aan de Kanaalweg betekende veel voor de ambiance. Het is even jammer als begrijpelijk, dat de Technische Universiteit Delft die locatie moest afstoten.

Wat mij vooral bijbleef van de inhoudelijke kant van de vereniging, is het groeiend besef van die merkwaardige worsteling met het weerbarstige materiaal, waarmee men in de beginperiode van de techniek moest leren werken. De wetenschap ging niet voorop. Die werd zelfs gevoed door de vragen van de empirie. Met de materiaalkunde en later de vastestof-fysica kreeg de techniek meer grond onder de voeten. Het vak zal overigens pas op eigen benen staan als het de grond niet meer vervuilt, maar dat terzijde.

Een ander niet minder belangrijk aspect is de voor de gebruiker en onderhoudspersoon inzichtelijke logica van het ontwerp en van het uiteindelijke technisch gebruiksvoorwerp of machine. Ik herinner me een lezing van Rudy Kousbroek waarin, in het voetspoor van de Amerikaanse schrijver Pirsig, de goed te besleutelen BMW-motorfiets naar voren kwam. De nieuwe onoverzichtelijkheid van vandaag zou gediend zijn met eilanden van logische en overzichtelijke samenhang. Een technisch gebruiksvoorwerp was ooit zo'n logisch element in een vaak onordelijke wereld. De rémontage was goed mogelijk omdat de démontage de logische samenstelling onthulde. Daarin zit dan de voldoening en zelfs de vreugde van de trotse bezitters en sleutelaars van de destijds nog niet geheel vastgelaste automobielen. We mogen slechts hopen dat de post-industriële economie en de post-moderne ontwerptechniek de werktuigen en gebruiksvoorwerpen niet compleet zal verstoppert in ondoorzichtige constructies met wegwerp-onderdelen.

Met de behoefte aan meer duurzame produkten kan enig besef van de historische ontwikkeling van de techniek bijdragen aan een duurzame, breed en diep gewortelde technische cultuur.

Dr. T. Dijs
tweede voorzitter Histechnica.



Histechnica, thans en in de toekomst

T. Dijs

Histechnica, thans en in de toekomst. Onder deze titel wordt een logisch vervolg gegeven aan het artikel van dr.ir. A.P. Oele, tot 1983 de eerste voorzitter en sindsdien erelid van Histechnica: de Vereniging van Vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum (TTC) van de Technische Universiteit Delft.

Vanaf de oprichting van Histechnica geldt nog steeds hetgeen in een van de eerste folders als doel van de vereniging is gesteld. "De in 1974 opgerichte Vereniging Histechnica stelt zich ten doel de belangstelling te wekken van het algemene publiek voor de techniek en de geschiedenis daarvan te bevorderen door het TTC bij zijn activiteiten financieel te steunen en alle mogelijke verdere hulp te verlenen." In die folder, een gezamenlijke uitgave van Histechnica en het TTC, staat de doelstelling van laatstgenoemde als volgt omschreven: "Het TTC wil een brug slaan van de techniek naar de maatschappij onder meer door:

- ◆ Inzicht te geven in de natuurwetten en de principes van historische en hedendaagse apparatuur.
- ◆ Aandacht te vestigen op de cultuurhistorische betekenis van de natuurwetenschappen en de techniek.
- ◆ Belangstelling te wekken voor de techniek en haar maatschappelijke functie aan de hand van recente en historische ontwikkelingen in samenhang met hun maatschappelijke gevolgen."

Het TTC staat nu, ongeveer zestien jaar later, voor een metamorfose. In 1989

nam de TU-Delft het besluit om het TTC op termijn te sluiten. Echter de ervaring die in de afgelopen jaren met een bescheiden TTC, geheel bekostigd door de TU-Delft, was opgedaan, sterkte de overtuiging dat in Delft plaats is voor een technisch museum. Op initiatief van de TU-Delft heeft een werkgroep onder voorzitterschap van prof.dr.ir. W.J. Beek de mogelijkheid van een geprivatiseerd techniek-museum onderzocht. Dat leidde tot een stappenplan en een voorlopig positief besluit van de TU-Delft om hieraan uitvoering te geven.

Uit een voorstudie is gebleken dat de drie machinehallen aan de Ezelsveldlaan, een representatief voorbeeld van fabrieksarchitectuur uit 1911 en oorspronkelijk het laboratoriumcomplex voor de afdelingen Mechanische Technologie, Werktuig- en Scheepsbouwkunde, zeer geschikt zijn om het nieuwe museum te huisvesten onder de naam Techniek Museum Delft (TMD). Het ziet er naar uit dat de opening in 1992 kan plaatsvinden.

Deze korte schets van de te verwachten ontwikkelingen is koren op de molen van Histechnica en van de daarmee samenwerkende instellingen, te weten:

- ◆ de afdeling Geschiedenis der Techniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (KIVI),
- ◆ de Stichting Technisch Historische Verzamelingen (STHV).

Deze drie instellingen organiseren gezamenlijk lezingen en excursies, die gelukkig veel belangstelling trekken. Daartoe draagt zeker ook het gebouw voor Mijnbouwkunde en Petroleumwinning aan de Mijnbouwstraat 10 te Delft bij. Want vanaf september 1989 tot aan de opening van het nieuwe TMD kan voor het geven van lezingen van dit karakteristieke gebouw gebruik worden gemaakt.

Het is gebruikelijk dat de tekst van de lezingen, na bewerking, wordt gepubliceerd in het kwartaalblad *Histechnicon*, het huisorgaan van Histechnica. Zodoende kunnen de leden van Histechnica een waardevolle collectie artikelen op het gebied van de (geschiedenis van de) techniek aanleggen. Dit bijzondere nummer legt daar getuigenis van af!

En daarmee kom ik op het doel van dit bijzondere dubbelnummer. De activiteiten van de samenwerkende organisaties krijgen namelijk een nieuw elan door het toekomstige Techniek Museum Delft. Voor Histechnica betekent dit bijvoorbeeld het vinden van vrijwilligers en medewerking verlenen bij de sponsoring. Reeds nu dient daarvoor de (financiële) basis te worden verbreed, in die zin dat het aantal leden aanzienlijk moet toenemen. Bij de leden van de afdeling Geschiedenis der Techniek van het KIVI en van de STHV is die noodzaak al eerder aangekondigd. Thans wordt aan hen en aan potentieel geïnteresseerden in andere doelgroepen gevraagd hun belangstelling voor Histechnica in klinkende munt om te zetten. Volgens huidig taalgebruik betekent dat: aanmelden als lid door middel van bijgevoegde antwoordkaart, waarna u een acceptgirokaart wordt toegestuurd. Voor leden (uitsluitend natuurlijke personen) gaat het om een bedrag van ten minste f 30,— per jaar; voor begunstigers (waar onder bedrijven) ten minste f 100,— per jaar.

Wij rekenen op uw positieve reactie!

De waterklok van Archimedes

door A. Wegener Sleeswyk

De hier te behandelen waterklok is beschreven in het Arabische manuscript *Kitab Arshimidas fi'amal al-binkamat* (Het boek van Archimedes over de constructie van waterklokken) waarvan nog drie complete exemplaren en een fragment bestaan. Het is in de laatste honderd jaar bestudeerd en ook vertaald door Carra de Vaux, Wiedemann en Hauser, Drachmann, en het laatst in 1976 door Hill. De eerdere auteurs neigden er toe te geloven dat de toeschrijving van het schrijverschap van de verhandeling aan Archimedes geheel uit de lucht is gegrepen.

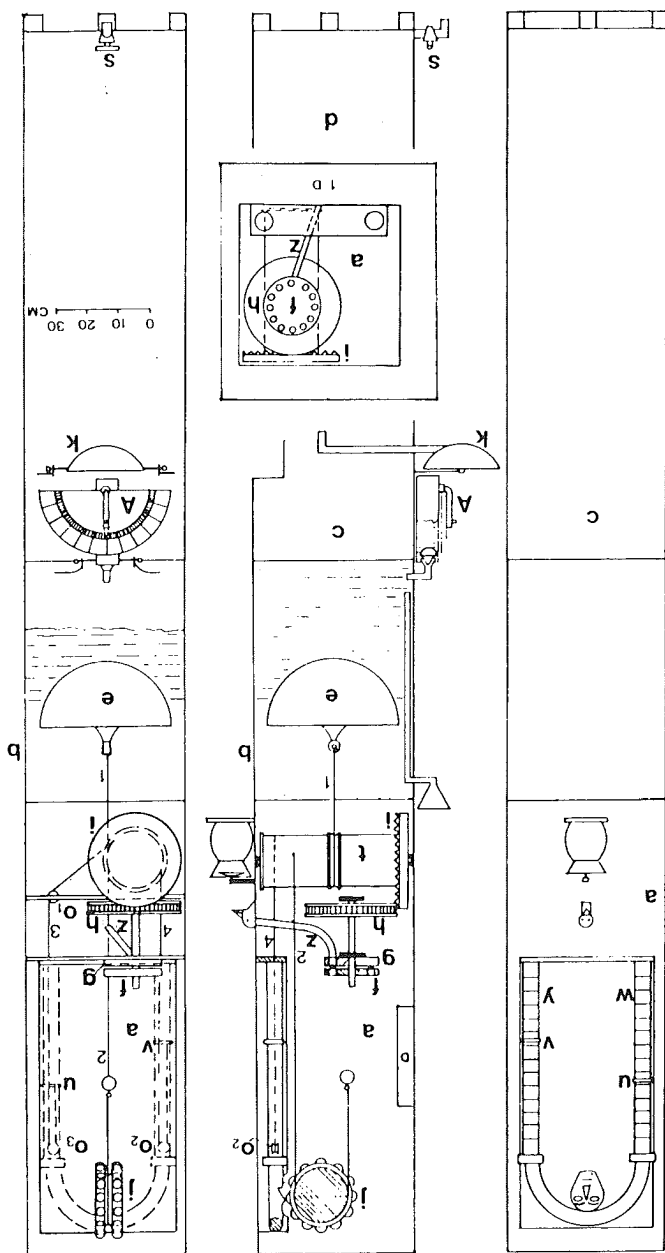
Maar Hill, die constateerde dat er belangrijke verschillen in het taalgebruik van de negen hoofdstukken bestaan, merkte over de toeschrijving van het auteurschap het volgende op: "Ik geloof dat de gehele verhandeling op de volgende wijze kan zijn opgebouwd: de uitvinding van het basismechanisme met één enkel tijdbepalend toestel werd inderdaad door Archimedes gedaan, en deze [twee hoofdstukken] werden opgenomen in een meer uitgebreide verhandeling door Philo [van Byzantium, ?200 v. Chr.] die de volgende twee hoofdstukken er aan toevoegde. De hoofdstukken vijf, zes en zeven kunnen toegevoegd zijn door een Byzantijns ambachtsman die vertrouwd was met Iraanse ideeën, of door een Iraniër ... Als de opmerkingen over blijden (belegeringswerktuigen) niet latere tussenvoegingen zijn, dan zou tenminste hoofdstuk zes niet voor AD 1150 zijn samengesteld. De laatste twee hoofdstukken zouden op een willekeurig tijdstip kunnen zijn toegevoegd door een ambachtsman die met Philo's werk vertrouwd was."

Verder citeert Hill enkele oude Arabische schrijvers die Archimedes expliciet noemen in verband met deze waterklok op een manier die zeer verwant is aan zijn eigen visie op het auteurschap van dit boek. Ibn Al-Nadim vermeldt in zijn *Kitab al-Fihrist* (Index Boek) (AD 987/88) "het boek van een waterklok die ballen loost, door Archimedes", terwijl Ridwan ben al-Sa'ati (AD 1203/04) de uitvinding van "het reservoir, de vlotterkamer, de regelklep en van de kop van een vogel die elk uur een bal uitspuwt", toeschrijft aan Archimedes.

In dit deel van de klok, dat door deze schrijvers aan Archimedes wordt toegeschreven, en dat inderdaad qua conceptie eerder Hellenistisch dan Islamitisch te noemen is, bedient één toestel drie verschillende mechanismen voor tijdaanwijzing. Telkens als er een uur was verstreken, viel er uit de snavel van de kop van een vogel die buiten de kast uitstak, een metalen kogel op een cymbaal dat opgehangen was in de kruik waar de gevallen kogels in opgevangen werden.

Verder werd de tijd ook continu aangegeven op twee kolommen met een urenverdeling, die op een console stonden die aan de kast was bevestigd. Op de ene kolom waren de uren van boven naar beneden aangegeven, op de andere in de omgekeerde volgorde. Langs elke kolom gleed een daaromheen sluitende ring die de tijd aangaf. Tenslotte was er in de boog, die de bovenzijden van de kolommen met elkaar verbond, een menselijk gezicht te zien met ogen waarvan de kleur elk uur veranderde.

1. Reconstructiekening van Hill van het bovendeel van de waterklok, beschreven in het Arabische Archimedes-manuscript van ca. 1150.



De methode om de tijd te markeren door het geluid van een vallende kogel, komen we in Byzantijnse en Islamitische klokken meermalen tegen, maar ze is wel, naar het schijnt, beperkt gebleven tot het gebied van de Middellandse zee.

Balsem

Tot zover kunnen we het met Hill geheel eens zijn. Zijn reconstructietekening (figuur 1) is op enkele details na, bijna identiek met die van Wiedemann en Hauser uit 1915. Zij is aan de hand van de weinig specifieke beschrijving en de niet zeer duidelijke tekeningen in het manuscript tot stand gekomen. Enkele van belang zijnde technische bijzonderheden zijn kennelijk niet overgenomen, maar deze zijn door een analyse van de vereiste werking van deze klok en van enkele op het eerste gezicht onbegrijpelijke aanwijzingen in de tekst nog wel op het spoor te komen, zoals hierna zal worden gedemonstreerd.

Wat betreft de tijdaanwijzing is het opvallend dat deze zowel visueel en continu, als akoestisch en intermitterend is, zoals bij slaande klokken in onze eigen cultuur. Wat geheel afwijkt, is de tijdaanwijzing door de kleur van de ogen te laten veranderen. Dit was een visuele indicatie die ook kon worden begrepen door alfabeten die geen cijfers konden aflezen, en dat is misschien de verklaring van het gebruik ervan.

Het motief van bewegende ogen in de afbeelding van een gezicht komen we ook tegen in de beschrijving die Procopius (ca. AD 500) geeft van de monumentale waterklok die toen in Gaza stond. Procopius beschrijft helaas alleen het uitwendige van de klok, maar hij geeft wel aan dat vlak voor dat elk uur werd geslagen, in het hoofd van een Gorgo dat op de klok was afgebeeld, de ogen begonnen te rollen. Dit is duidelijk een eveneens intermitterende tijdaanwijzing, die bovendien kennelijk verwant is aan het mechanisme dat de kleur van de ogen doet verwisselen in de klok van Archimedes.

Ook het verwisselen van de verschillende gekleurde irissen moet intermitterend zijn gebeurd, ook al wordt dat noch in de Arabische tekst noch in de tekeningen direct aangegeven. Het mechanisme dat dit zo laat gebeuren noemen we in wat volgt het 'irismechanisme'.

Wat betreft de nauwkeurigheid van het tijdstip waarop de metalen kogels uit de schijf vallen, is het uit technisch oogpunt waarschijnlijk dat de schijf intermitterend werd aangedreven, ook al is dit in het Arabische manuscript niet expliciet aangegeven.

Een moeilijkheid in Hill's reconstructie zou echter worden opgelost als het tandwielmechanisme inderdaad intermitterend in plaats van continu zou hebben ingegrepen. Deze moeilijkheid bestaat erin, dat volgens de tekst het verticale tandwiel zich in het midden van de excentrisch in het huis geplaatste as moet bevinden waar ook de vlottertrommel op bevestigd is. Het verticale tandwiel, dat groter dan de trommel moet zijn, grijpt in met een horizontaal lantarenwiel (dit is een tandwiel waarvan de tanden uit ronde staven bestaan, die tussen twee schijven zijn gemonteerd). Volgens het manuscript hebben beide tandwielen twaalf tanden.

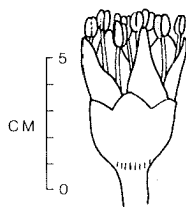
Als de aandrijving continu was, zoals door Hill impliciet werd aangenomen, moe-

ten de twee tandwielen even groot zijn. Het wordt dan echter niet goed mogelijk de beide grote tandwielen in het cilindrische huis van de klok onder te brengen. Dit is de reden die Hill opgeeft voor het, in afwijking van de tekst, plaatsen van het verticaal tandwiel aan het ene eind van de as in een huis van vierkante doorsnede.

Als de aandrijving daarentegen intermitterend plaatsvond, zou dit bij tandwielen met gelijke tandaantallen inhouden dat de tanden van het aandrijvend tandwiel met grotere tussenruimten dan de minimale langs de omtrek waren geplaatst, en dat de diameter van het aangedreven tandwiel kleiner zou zijn dan van het aandrijvend wiel. Een verhouding tussen de diameters van ongeveer 1:5 is volkomen haalbaar voor het opgegeven tandaantal van twaalf. In dat geval is het eenvoudig om binnen het cilindrisch huis dat de tekst voorschrijft, een groot verticaal tandwiel te monteren in het midden van de horizontale as. Het aangedreven horizontale tandwiel zou dan een diameter van ongeveer een vijfde van het grote bezitten. Gezien het kleine aantal tanden – 12 – over de omtrek van het grote tandwiel is deze interpretatie veel waarschijnlijker dan de aanname dat het een continue tandwieloverbrenging zou zijn geweest. De reproduceerbaarheid waarmee de kogels de tijd zouden aanwijzen zou hiermee een factor vijf toenemen.

De tekeningen in het manuscript geven aan dat het irismechanisme door de vlottertrommel op de horizontale as via een lijn of touw werd aangedreven. De tekst is wat de aandrijving van het irismechanisme betreft, minder expliciet dan de tekening. De tekst zegt namelijk dat de lijn vastgemaakt was aan "een knop op de zijkant van de trommel", terwijl anderzijds de lijnen die naar het mechanisme voor de continue tijdaanwijzing op de zuilen voerden, volgens de tekst waren vastgemaakt aan krammen op de "trommel van de vlotter", of "de grote trommel". Het heeft er alle schijn van dat de tekst naar twee verschillende trommels verwijst; een er van zou dan hebben gediend voor het aandrijven van het irismechanisme. Wat betreft het irismechanisme zelf, vermeldt de tekst dat het aangedreven snaarschijfje van het mechanisme zich midden op een asje bevindt. En verder dat achter elk oog "een staafje is zoals de balsem van de parfummaker, waar edelstenen op staan, zoals de pupil van het oog."

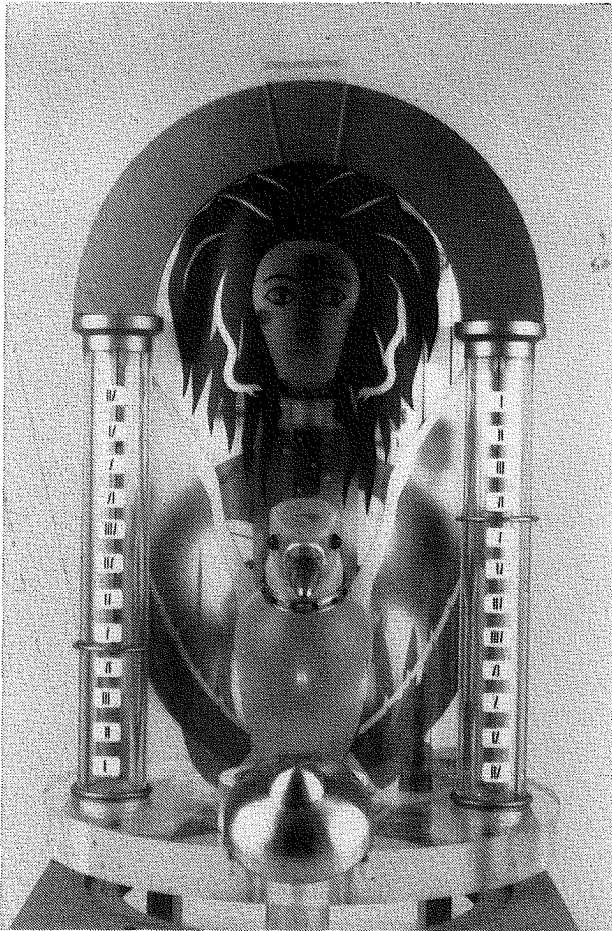
Deze curieuze passage — op het eerste gezicht lijkt het volslagen wartaal — vergelijkt hoogstwaarschijnlijk de op houten of metalen stelen gestoken, uit halfedelstenen vervaardigde iriskralen van het mechanisme met de mannelijke bloem van het balsemboompje van Gilead (*Balsamodendron Gileadense Kunth*), dat inderdaad de grondstof voor vele Oosterse parfums levert. In het bijzonder



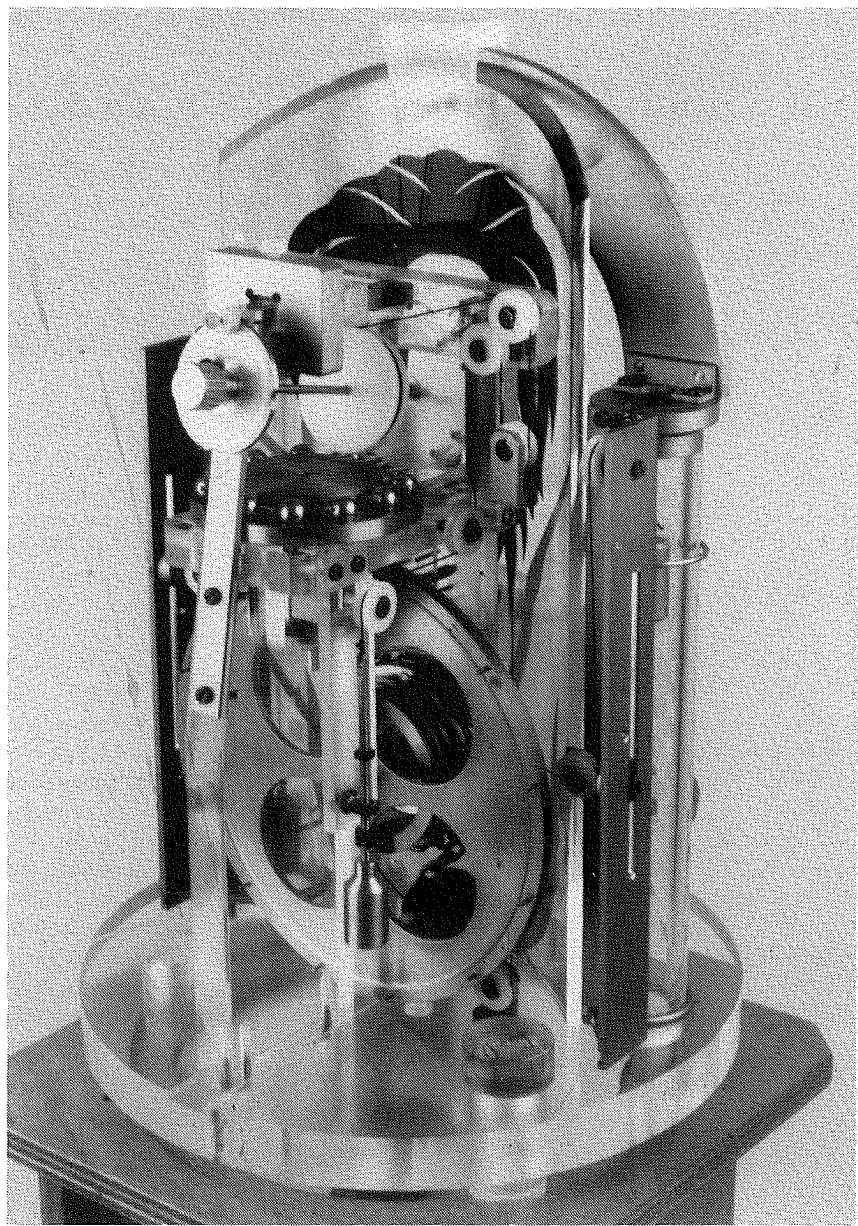
2. De mannelijke bloem van *Balsamodendron Gileadense Kunth*.

zal die vergelijking betrekking hebben op de acht helmknoppen, die bij deze bloem zeer opvallen omdat ze op zo lange meeldraden staan dat ze buiten de kelk uitsteken (figuur 2).

In deze interpretatie stonden de steeltjes waar de iriskralen op gestoken waren loodrecht op de snaarschijf. Het getal acht voor de helmknoppen geeft vier voor de hand liggende kleuren voor de paren irissen: bruin, groen, blauw en grijs. Opgemerkt moet worden dat de reconstructie van het irismechanisme nogal afwijkt van die van Wiedemann en Hauser, en van Hill, maar deze auteurs hadden de verwijzing naar de "balsem van de parfummaker" niet begrepen.



4. Voorzijde van de tijdsindicatiemechanismen, met de twee zuilen, het gezicht van de Gorgo met wisselende irissen, en de Feniks die elk uur een bal uitspuwt.



3. Foto van de reconstructie van de waterklok; achterzijde van de tijdsindicatiemechanismen. Goed zichtbaar zijn het grote tandwiel, het voorraadwiel met kogels en het irismechanisme.

Op de foto van de achterzijde van het reconstructiemodel (figuur 3), dat voor een groot deel in perspex is uitgevoerd, is het irismechanisme duidelijk te zien. Op een onder 15° hellend asje zijn een knop met een nokkenschijf, een snaarschijf en de schijf waar de vier paren irissen op staan, gemonteerd. In de vier uitsparingen in de rand van de nokkenschijf valt een wielje dat aan het einde van een met een gewicht belaste arm is bevestigd. De as wordt aangedreven doordat de snaar die om het snaarwielje ligt wordt afgewonden.

De snaar wordt door een hangende katrol gevoerd, en wordt dan verder geleid naar een gewichtje, dat aan het snaareind hangt. De katrol wordt omlaag getrokken door een snaar die om de trommel wordt gewonden als de ketting, waar de vlotter aan hangt, afloopt. Naast deze snaar zijn op de trommel de snaren gewonden waar de ringen aan hangen, die langs de zuilen op en neer glijdend, de tijd aanwijzen.

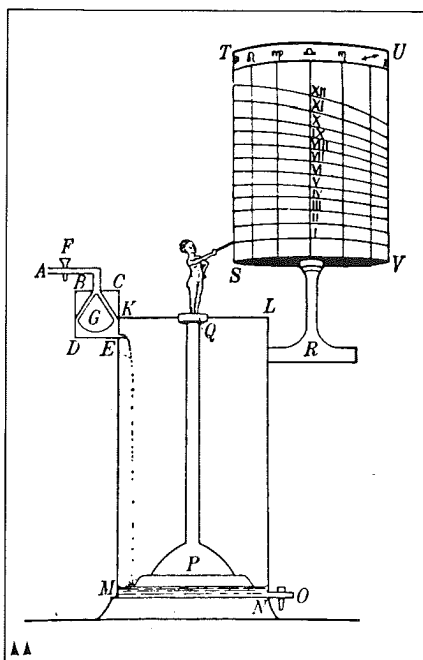
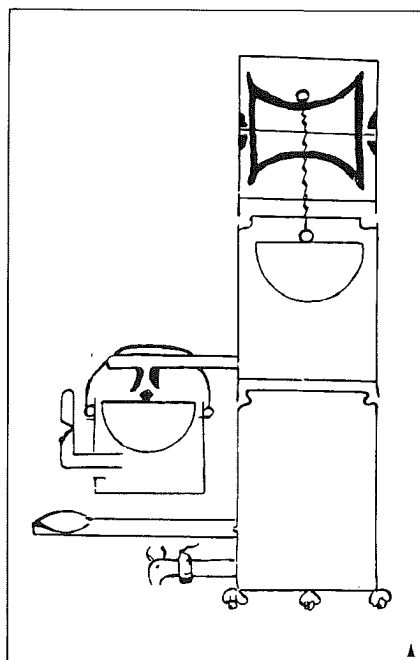
Wanneer de katrol omlaag wordt getrokken, wordt in eerste instantie het gewichtje opgetrokken. Dit gaat door totdat deze opwaartse beweging wordt verhinderd door de aanslag die boven het gewichtje is aangebracht. Daarna wordt de snaarschijf doorgetrokken, het gewichtje zakt, en de snaarschijf draait snel door. Deze rotatie, die ook door de irisschijf en de nokkenschijf wordt uitgevoerd, komt tot een einde doordat het wielje dat op de nokkenschijf rust in de volgende uitsparing valt. Verder is in dit aanzicht het intermitterend aangedreven voorraadwiel met de kogels te herkennen, en het grote tandwiel.

De daar op volgende foto (figuur 4) geeft een vooraanzicht van het bovendeel van de reconstructie, met de pilaren van de uuraanwijzing, de vogel die elk uur een bal uitspuwt, en het gezicht daarboven, waarvan de ogen elk uur van kleur veranderen. De vogel is opgevat als een Feniks, en het gezicht als dat van een Gorgo, samen de cyclus van wederopstanding en dood symboliserend. De kogels die de Feniks uitspuwt, kaatsen eerst op een metalen bel voor ze opgevangen worden in het ondiepe reservoir dat voor de vogel geplaatst is.

Feedback

Niet getoond is tot dusver het regelmechanisme dat er voor zorgt dat de uitstroomsnelheid van het water in het cilindrische vat waar de vlotter in drijft constant blijft. Dit geven we in een afzonderlijke schets die overgenomen is uit het Arabische manuscript (figuur 5). Dit speciale mechanisme is een verbazingwekkend element van deze klok. Het is namelijk een feedback systeem, het eerste dat bekend is, en dat ook beschreven werd door Vitruvius (ca. 20 v. Chr.) die de Alexandrijnse ingenieur Ktesibios (ca. 300-270 v. Chr.) als de uitvinder er van lijkt te noemen; Vitruvius is hier helaas niet geheel duidelijk over. Het is, voor zover aan de hand van de nog bestaande gegevens na te gaan is, sindsdien continu toegepast in Klein-Azië, tot aan de vernietigende invasie van de Mongolen in de tweede helft van de 13de eeuw.

De werking van het regelsysteem kan aan de hand van de figuur als volgt worden beschreven: "Het water stroomt uit het vlotterreservoir in een hulpreservoir waarin het waterniveau bij benadering constant gehouden wordt. Dit wordt verkregen door een kegel, die bovenop een vlotter in het hulpreservoir staat, en



5. *Schets van het feedback regelmechanisme, overgenomen van het exemplaar van het Arabische Archimedes-manuscript te Parijs.*

6. *De parastatische waterklok die door Vitruvius is toegeschreven aan Ktesibios, en waarin gebruik gemaakt werd van het feedback principe om een constante stroomsnelheid van het water te krijgen. Reconstructie volgens Diels.*

die de uitstroomopening partieel blokkeert. Als het water in het hulpreservoir relatief hoog staat wordt de uitstroming van het water uit het vlotterreservoir meer geblokkeerd dan wanneer het water laag staat, en omgekeerd. Blokkering veroorzaakt dat het niveau in het hulpreservoir daalt, daar er meer uit- dan instroomt, waardoor de blokkering vermindert, en er meer water in het hulpreservoir stroomt, etc. Op deze wijze kan een vrijwel constant niveau in het hulpreservoir worden verkregen, en daarmee een vrijwel constante uitstroom- en ook instroomsnelheid, en daarmee weer een eenparige snelheid waarmee de vlotter in het vlotterreservoir daalt."

Vitruvius beschrijft de holle en de massieve bronzen kegels van de automatische klep, beiden fijn bewerkt op de draaibank (figuur 6). Hoe goed ze ook in elkaar pasten, de klep die ze samen vormden zal nooit hermetisch afgedicht hebben, maar dat was ook niet nodig. De technische eis die aan deze afdichting

gesteld werd, was dat de hoeveelheid water die er door heen lekte als de kegels op elkaar rustten ten alle tijde minder was dan het water dat door de uitstroomopening van het hulpreservoir stroomde, en het was niet moeilijk daaraan te voldoen.

Er was wel een instelmogelijkheid noodzakelijk voor de uitstroomsnelheid, niet alleen vanwege variaties in de viscositeit van het water met de temperatuur, maar vooral vanwege het feit dat de klok zogenaamde 'ongelijke uren' moest aanwijzen. Bij dit systeem, dat in Europa pas in de Renaissance geleidelijk vervangen werd door het huidige systeem met gelijke uren in het etmaal, werden de perioden van zonsopgang tot zonsondergang, en van zonsondergang tot zonsopgang, beide in twaalf delen van gelijke lengte verdeeld. Daar de lengte van de duur van het daglicht afhangt van het seizoen, waren de uren van de dag en de nacht in het algemeen niet aan elkaar gelijk, en moest een klok bij een dergelijk tijdsysteem instelbaar zijn.

De methode die in de klok van Archimedes, en in de latere Arabische klokken beschreven door al-Jazari, Ibn al-Nadim en Ridwan ibn al-Sa'ati werd gebruikt, bestaat er in, de hoogte van de uitstroomopening van het hulpreservoir ten opzichte van de waterspiegel te variëren. Dit wordt bereikt door de uitstroming via een metalen buisje te laten plaatsvinden, dat in een plug is vastgesoldeerd en haaks omgebogen. De plug past waterdicht in een holle conus in de verticale wand van het hulpreservoir. Door de plug te draaien wordt de hoogte van het water boven de uitstroomopening ingesteld.

Het 'Archimedes'-manuscript vermeldt dat er voor de instelling een half-cirkelvormige wijzerplaat gemonteerd was, waar de tekens van de dierenriem in gegraveerd waren. Het uitstroombuisje werd gebruikt als een wijzer die werd ingesteld tegenover het teken van de dierenriem waar de zon zich in bevond.

Een soortgelijke regeling vinden we vermeld in Vitruvius, overigens zonder toeschrijving, bij een klok die de Deense onderzoeker Drachmann de 'Zodiak'-klok noemde, vanwege de instelling aan de hand van de tekens van de dierenriem. Het verschil met de klok van het Arabische Archimedes-manuscript ligt in de vormgeving. Bij de Zodiak-klok wordt in plaats van een plug met een daarin vastgesoldeerd buisje gebruikt gemaakt van een bronzen trommel, met een uitstroomgaatje bij de omtrek. De trommel kan draaien in een cilindrische fitting, waar hij waterdicht in past. Het principe is dus hetzelfde als dat van de Archimedes-klok, maar die uitvoering is waarschijnlijk ouder.

Ktesibios en Archimedes

Hoofdzakelijk dank zij het werk van Vitruvius zijn we enigszins ingelicht over de stand van de techniek in de periode die voorafging aan de levensjaren van Archimedes. Speciaal de twee waterklokken die hij aan Ktesibios toeschrijft zijn instructief. In beide vinden we een uitstroomreservoir waar het water met constante snelheid uitstroomt naar een instroomreservoir waarin een vlotter drijft. Een ervan gebruikte de klepregeling met feedback die we hiervoor al bespraken. Deze klok van Ktesibios werd de 'parastatische' waterklok genoemd omdat hij naast een verticale draaibare zuil stond, een orthostaat, waarop ongeveer hori-

zontale uurlijnen waren gegraveerd met onderlinge afstanden die varieerden met de positie over de omtrek. De ongelijke urenverdeling van het jaargetijde kon worden ingesteld door de zuil te draaien.

Bij deze klok was namelijk geen inrichting aanwezig om de uitstroomsnelheid van het water in het hulpreservoir te regelen. Vitruvius vermeldt dat Ktesibios wel had geprobeerd tot zo'n regeling te komen door wiggen te gebruiken, maar dat dit zoveel problemen opleverde dat hij de voorkeur gaf aan het gebruik van de draaibare zuil. Dit betekent dat de Zodiak-klok uit de periode na Ktesibios moet stammen, en ook dat Ktesibios misschien de uitvinder was van dit feedback systeem.

De aanwijzing van de uren op de zuil in de parastatische klok geschiedde door een boven op de vlotter in het instroomreservoir staand figuurtje van een man, dat met een constante snelheid rees. In de tweede klok van Ktesibios staat op de vlotter een tandheugel die een tandwiel op de as van een wijzer aandrijft. Hoe de seizoensvariatie van de ongelijke uren hier werd aangegeven vermeldt Vitruvius overigens niet.

De constante uitstroomsnelheid van het reservoir waar het instroomreservoir uit werd gevoed, werd verkregen door toepassing van het overstroomprincipe: het uitstroomreservoir werd gevoed met een waterstroom die kon variëren, maar die in ieder geval groter was dan de constante uitstroming onder in het reservoir. De overstromende hoeveelheid water werd afzonderlijk opgevangen.

De beschrijving van de aanwijzing van de tijd via een tandheugel en een tandwiel bevat waarschijnlijk de eerste vermelding van een specifiek tandwielmechanisme in de literatuur. We weten niet of Ktesibios er de uitvinder van was — onmogelijk is dit met — maar in ieder geval was Archimedes dat niet, wat in de literatuur wel eens gesuggereerd is.

Aan Ktesibios kunnen we met een zekere mate van waarschijnlijkheid dus toeschrijven;

1. Het gebruik van tandwielmechanismen.
2. Het gebruik van een vlotter in een instroomreservoir met constante snelheid van instroming van het water om een lineaire tijdaanwijzing te verkrijgen.
3. Misschien het gebruik van een feedback klepregeling om een constante uitstroomsnelheid van water uit een reservoir te verkrijgen.

Archimedes zou het volgende hieraan hebben toegevoegd of verbeterd:

1. Haakse tandwieloverbrenging met een hoekverdraaiing van het ingrijpingspunt, wat leidde tot:
 - worm en wormwiel,
 - de 'hypoïde tandaandrijving'.
2. De intermitterende aandrijving voor het nauwkeurig bekrachtigen van signaleringssystemen van tijd of afstand.
3. Regeling van de uitstroomsnelheid van het feedback klepregelsysteem door de hoogte van de uitstroomopening te variëren met een in een waterdichte fitting draaibare trommel of plug. Hierbij wordt dus de door Vitruvius beschreven regeling van de uitstroomsnelheid toegeschreven aan Archimedes. Dit

op grond van het feit dat de regeling in het Arabische Archimedes-handschrift beschreven, in wezen dezelfde is als de vermoedelijke oudere uitvoering die Vitruvius beschreef.

In deze visie is van het oudste deel van de waterklok, dat door Hill en door de oude Arabische auteurs aan Archimedes wordt toegeschreven, het feedback regelsysteem eerder aan Ktesibios te danken dan aan Archimedes, die vermoedelijk hier slechts de instelling van de waterhoogte boven de uitstroombuiging aan toevoegde. De continue tijdaanwijzing zal eveneens door Ktesibios zijn bedacht. Dit betreft dus de twee zuilen met de aanduiding van de uren, en de aanwijzing door op- of neergaande ringen.

De bijdrage van Archimedes zal wat de tijdmarkering betreft, hebben bestaan uit de akoestische signalering door middel van vallende kogels, en de visuele door de kleur van de ogen van de Gorgonen-afbeelding te laten verwisselen: beide door een intermitterend werkend mechanisme aangedreven. Dergelijke mechanismen van de hand van Ktesibios zijn niet bekend.

Vermoedelijk bracht Archimedes zijn leertijd, of een deel daarvan, door in Alexandrië, want Diodorus vermeldt dat hij de vijzel voor het opvoeren van water na zijn aankomst in Egypte bedacht, terwijl een aantal van zijn meetkundige werken aan Alexandrijnse wiskundigen zijn opgedragen. Het karakter van de Archimedes-klok, een verbeterde versie van een eerdere klok die in principe door de Alexandrijnse ingenieur Ktesibios was uitgevonden, pleit er voor dat deze waterklok een vroeg werk van Archimedes moet zijn, en uit dezelfde tijd stamt. Ook de vijzel draagt het karakter van een verbetering van een bestaand werktuig, namelijk het *tympanum*, een trommel met acht rechte schotten die voor het opvoeren van water werd gebruikt. De vijzel die Vitruvius beschrijft, bezit namelijk acht schroefvormige schotten, wat erop duidt, zoals Drachmann opmerkt, dat Archimedes bij deze vinding het *tympanum* als uitgangspunt nam. In latere vindingen toonde hij zich meermalen een meer autonoom constructeur.

Literatuur

- B. Carra de Vaux, 'Notice sur deux manuscrits arabes', *Journal Asiatique*, 8^e série 17 (1891).
- H. Diels, 'Über die von Prokop beschriebene Kunsthur von Gaza', *Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften, phil. hist. Klasse* 7 (1917).
- A.G. Drachmann, 'Ktesibios, Philon and Heron', *Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium* IV (1948).
- D.R. Hill, *On the construction of water-Cocks, Kitab Arshimidas fi'amal al-binkamat*, London 1976.
- D.R. Hill, *The book of ingenious devices (Ibn Razzaz al-Jazari)*, Dordrecht 1974.
- C. Perrault, *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, Paris 1673.
- J. Suplicius, *De architectura libri decem (M.P. Vitruvius)*, Roma 1486.
- A. Wegener Sleswyk, 'Vitruvius' Waywiser', *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 29 (1979).

De betekenis van Christiaan Huygens voor de ontwikkeling van de vacuümtechniek

M.J. Sparnaay

Inleiding

De ontwikkeling van de vacuümtechniek begint met de bekende proef van Torricelli in 1643 in Rome. In 1646 hoorde Pascal hiervan. Hij herhaalde de proef en hij voerde, vaak geholpen door zijn zwager Périer, in 1647 en 1648 een onderzoekprogramma uit. De buis van Torricelli fungeerde daarbij als manometer. Périer vond op de top van de Puy-de-Dôme een luchtdruk van 62,7 cm kwik [1] en aan de voet, 1000 m lager, een luchtdruk van 71,2 cm kwik (26 pouces = 3,5 ligne [2]).

Omstreeks dezelfde tijd ontwikkelde Von Guericke, burgemeester van Maagdenburg, een luchtpomp [3]. Deze pomp kan men het beste vergelijken met een traditionele fietspomp die men in omgekeerde richting laat werken. In 1654, op de Rijksdag te Regensburg, voerde hij met deze pomp de proef met de Maagdenburger halve bollen uit. Een groot aantal hoogwaardigheidsbekleders was hierbij aanwezig. Eén van hen, pater Valeriano Magno, vertelde hem over het vacuüm van Torricelli. Terug in Maagdenburg voerde hij Torricelli's proef uit en hij zag al gauw dat tussen glaswand en kwik vaak luchtbelletjes bleven hangen [4]. Von Guericke vond dat deze belletjes een druk van 'eine halbe Fingerbreite' (ongeveer 7 mm kwik) vertegenwoordigden. Ook aan Pascal en Périer was waarschijnlijk het probleem van de verontreiniging met luchtbelletjes opgevallen [5]. De door Pascal en Périer opgegeven meetnauwkeurigheid van 0,5 ligne (ongeveer 1 mm) is waarschijnlijk correct.

Boyle hoorde in 1657 van de pomp van Von Guericke en hij construeerde, samen met Hooke, in 1658 een pomp die volgens hetzelfde zuigerprincipe werkte als die van Von Guericke, maar waarbij de zuiger met behulp van een slinger en een tandrad bewogen werd en niet door er, zoals bij Von Guericke, eenvoudigweg aan te trekken [6]. Voor dat trekken had men twee man nodig.

Zowel Von Guericke als Boyle en Hooke zagen kans een aantal interessante experimenten in door hen geëvacueerde ruimten (vaak glasballonnen) uit te voeren. Deze werden door Huygens herhaald. Ze komen verderop nog ter sprake.

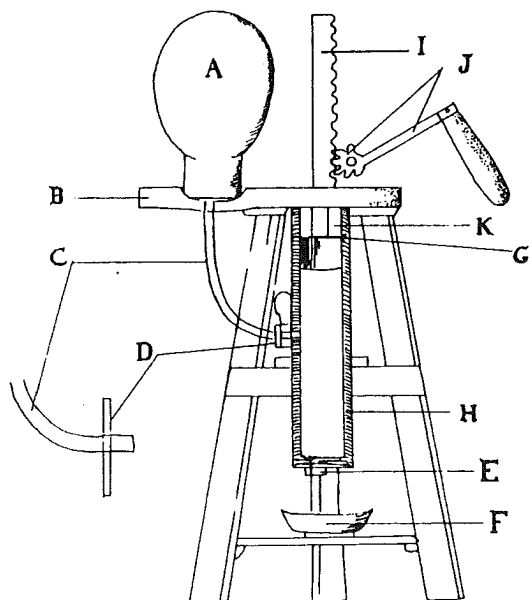
De luchtpompen van Huygens [7]

Het bezoek van Christiaan Huygens aan Robert Boyle in 1661

Huygens bezocht in het voorjaar van 1661 Robert Boyle te Londen. Hij zag daar, in Cresham College, de door Hooke ontworpen pomp. Huygens was toen reeds, op 31-jarige leeftijd, een beroemd geleerde [8]. Hij had met een zelfgebouwde telescoop, Titan, een maan van Saturnus, ontdekt en hij had onderkend dat de schijnbare uitstulpingen aan deze planeet te danken waren aan een ring. Hij had

het slingeruurwerk uitgevonden en hij had zijn verhandeling over de waarschijnlijkheidsrekening *Tractaat handelende van Reeckening in Speelen van Geluck* geschreven.

Huygens was geïntregeerd door de pomp van Boyle/Hooke en door de experimenten die men er mee kon uitvoeren "... comme celle de l'eau chaude estant mise sans bouillir dans le vase, s'esmeut a gros bouillons a chaque coup que la pompe attire de l'air." [9] ("... zoals dat van het hete water dat zonder te koken in het vat geplaatst is, met grote bellen in beweging komt bij elke slag waarmee de pomp lucht wegtrekt.")



- A = vacuüm klok
- B = grondplaat
- C = koper- of messingbuis
- D = kraan
- E = lederen ventiel met nauwe opening
- F = schaal om vloeistofdruppels op te vangen
- G = hoogste punt voor de zuiger

- H = cilinder, ca. 14 duim lang, externe diameter ca. 3 duim, dikte cilinderwand 1/4 duim
- I = tandrail
- J = tandwiel en zwengel
- K = ruimte boven de zuiger (ca. 2 duim), die gevuld blijft met olie en water. De vloeistof beweegt met de zuiger mee.

1. *Huygens' tweede luchtpomp.* ■ Bron: *Œuvres Complètes* (deel IV), p. 305; (deel XVII), p. 333. Alice Stroup, *Janus* 68 (1981), p. 129-150.

De pompen

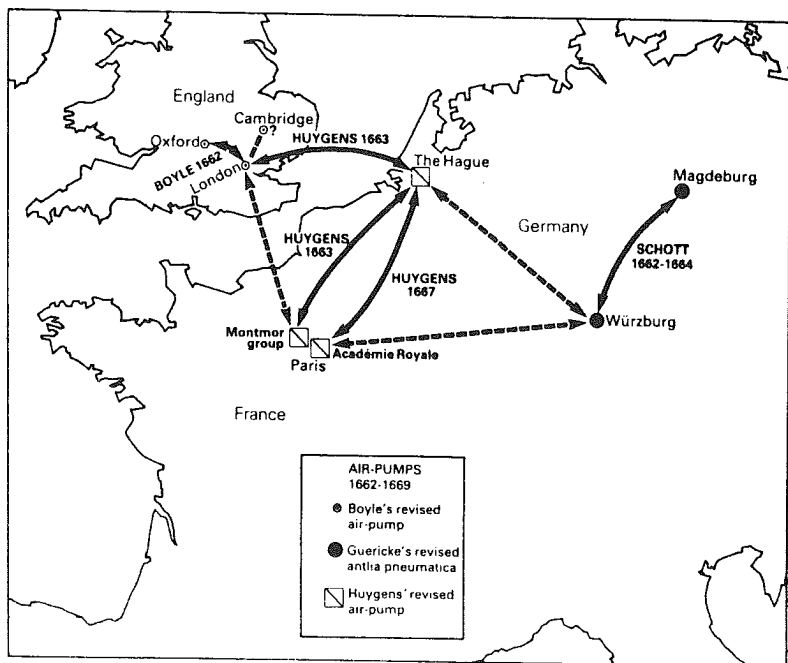
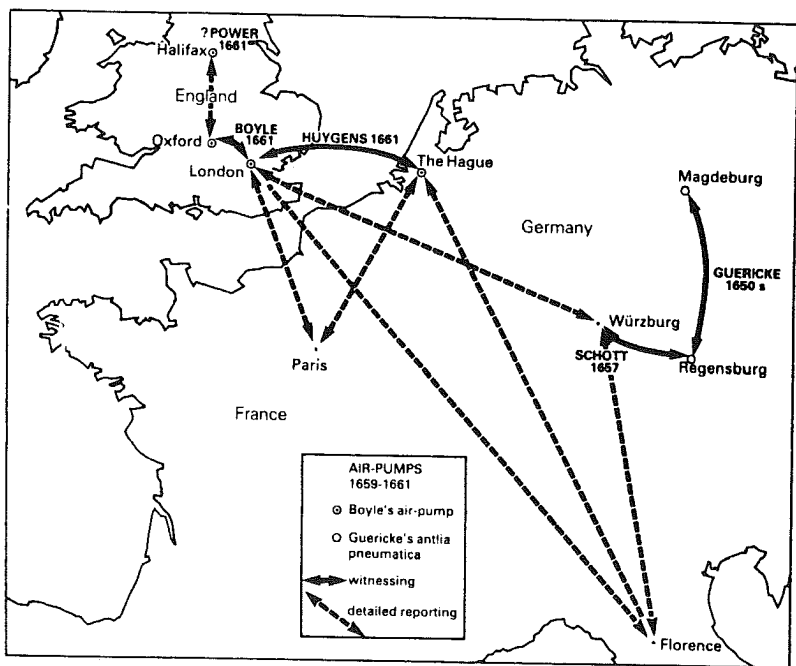
Huygens besloot zelf een pomp te bouwen. Nog in 1661, op 29 november [10] kreeg hij deze aan het werk en wel beter dan die van Boyle en Hooke: "... une vessie y est demeuré enflée" en dat gedurende een gehele nacht. Dat wil zeggen een (urine)blaas die in het te evacueren vat was gelegd, en afgesloten was, bleef opgeblazen omdat de druk op de blaas zeer veel lager bleef dan die aan de binnenzijde. Dat was Boyle niet gelukt.

Bij de constructie van Huygens' pomp diende die van Boyle/Hooke als voorbeeld. Een belangrijk verschil met de Engelse pomp was het gebruik door Huygens van een glazen vacuüm klok (een op zijn kop geplaatste wijdhalszige fles uit een apotheek). Deze klok stond op een metalen grondplaat waarin een gat was geboord. Hierin was de cilinder bevestigd waarin de zuiger heen en weer kon bewegen. Tussen plaat en klok bevond zich een lederen afdichtingsring. Deze ring was gedrenkt in een mengsel van gele was en terpentijn. Dit afdichtingsmateriaal, door Huygens ontwikkeld, voldeed goed en werd door onder andere Boyle overgenomen. Boyle gebruikte geen vacuüm klok maar een glazen ballon die, via een kraan, direct op de cilinder was aangesloten. Boyle nam ook het idee van de vacuüm klok over. Hij zag snel in dat men op deze wijze veel gemakkelijker kon experimenteren.

In 1662 construeerde Huygens zijn tweede pomp [11], hier weergegeven in figuur 1. Grondplaat en vacuüm klok waren naar een zijkant verplaatst, de verbindingsbuis met het pompgedeelte was in het midden van de cilinder gemonteerd, en de zuiger moest nu, om een drukvermindering te bewerkstelligen naar boven worden bewogen en niet naar beneden zoals in de eerste pomp. Onder Huygens' leiding werden daarna nog verscheidene pompen gebouwd, maar er werden niet veel essentiële veranderingen meer geïntroduceerd. Een goede afdichting bleef steeds een probleem evenals het maken van goede ventielen (Von Guericke gebruikte ventielen) of goede kranen. Ook het passend maken van de zuiger in de cilinder was moeilijk. Steeds was dit een bron van lekkage. Huygens loste dit probleem op door een montage van cilinder en zuiger te kiezen, zoals die in figuur 1 is weergegeven waarbij dan een olie-watmengsel steeds boven op de zuiger werd meebewogen.

Figuur 2 geeft een overzicht van de verspreiding van de luchtpomp. Men ziet daarin dat Huygens een zeer belangrijke rol speelde. Hij introduceerde de luchtpomp in Parijs, in de groep van Habert de Montmort. Deze was nauw betrokken bij de oprichting, door minister Colbert, van de Académie Royale des Sciences, de Franse tegenhanger van de Engelse Royal Society. Later, in 1667, werd een nieuwe pomp gebouwd volgens aanwijzingen van Huygens. Huygens verbleef van 1663 tot 1683 in Parijs met onderbrekingen wegens ziekte in 1670/71 en 1676/78. In feite leidde hij, onder Colbert, de Franse Académie. Na 1672 kreeg

2. Verspreiding van de luchtpomp 1659-1669 in Europa en de rol van Huygens daarbij. ■ Bron: S. Shapin en S. Schaffer, *Leviathan and the air-pump*, Princeton 1985 (fig. 10).



hij een jonge medewerker, Denis Papin. Oorspronkelijk was Papin een medicus, maar hij ontwikkelde zich gaandeweg, onder Huygens' leiding, tot een technisch fysicus. Papin bouwde vóór 1674 een pomp en voerde vele experimenten uit. Hij voerde de driewegkraan in [12]. Het boek dat Papin in 1674 schreef, werd aan Huygens opgedragen omdat, zo schreef Papin, de experimenten onder leiding van Huygens werden uitgevoerd [13]. Maar, zo vervolgde Papin: "... je sçay que ce ne sont icy que vos divertissemens ...". ("... ik weet dat het hier voor u wat verstrooiing betekent ...")

Men heeft er aan getwijfeld of dit wel waar was. Maar feit is dat Huygens na deze tijd weinig bijdragen tot de vacuümtechniek meer leverde en dat het fabriceren van luchtpompen meer en meer een commerciële aangelegen was, onder andere van de instrumentmaker Van Musschenbroek, de vader van de bekende geleerde [14].

De glazen vacuüm klok

De vacuüm klok van Huygens was van commercieel verkrijgbaar glas [15]. De eisen die hij aan het glas stelde waren gedeeltelijk dezelfde als die, welke hij aan het glas voor zijn lenzen stelde: het moest doorzichtig en homogeen zijn. Door zijn intensieve bemoeienis met het slijpen en polijsten van glas had Huygens veel contacten met de glaswereld in Nederland, Frankrijk en Italië [16]. Deze contacten gebruikte hij ook om glas voor zijn vacuümproeven te krijgen. Echter, hier zou men ook mechanische eisen aan moeten stellen en dat te meer waar men, terwille van het onderzoekprogramma, de vacuüm klok zo groot mogelijk wenste te hebben.

Mechanische eigenschappen van glas waren grotendeels onbekend. Wel kende men het nut van een koeloven bij de fabricage van glazen voorwerpen [17], en men wist ook dat de toevoeging van kalk aan het mengsel van zand en planten-as, grondstof voor de glasfabricage, een stabiliserend effect had, maar de invloed van een drukgradiënt of van een temperatuurgradiënt op de mechanische spanningen in glas waren onbekend. In onze ogen ging Huygens dan ook uitermate onvoorzichtig te werk. Zo legde hij op een zitting van de Académie, op 21 april 1660, zijn oor tegen de wand van een leeggepompte vacuüm klok. Hij wilde er zeker van zijn dat het geluid van een wekker (reveil matin) zich niet door het luchtledige voortplantte [18]. Bij de zitting van 14 april was hij getuige geweest van een implosie van een klok met afgeplatte zijden: "La quatrième fois qu'on pompa l'air il se brisa avec un grand bruit en une infinité de morceaux et fit voller des fragments a plus de trois pieds a l'entour." ("De 4e keer dat men de lucht wegpompte brak de klok met een luide klap in een oneindig aantal brokstukken en men vond ze op drie voet afstand".) Een klok, zoals getoond in figuur 1 bleef bij die gelegenheid heel. Dat stelde Huygens kennelijk gerust.

Een in de 17de eeuw veelvuldig gebruikt mengsel voor de glasfabricage was: 350–380 delen soda-as (uit verbrand zeewier), 180–230 delen kalksteen en 1000 delen zand [19]. Hieruit ontstaat glas met een naar modern inzicht te hoge lineaire uitzettingscoëfficiënt, namelijk ongeveer 10^{-5} per graad Celsius. Het is voor vacuümdoeleinden ongeschikt. Een dergelijk glas is redelijk vloeibaar, en

derhalve geschikt voor verwerking, bij ongeveer 1200 °C. Voor de verhitting gebruikte men tot in de 17de eeuw een houtvuur, aangewakkerd met blaasbalgen. Venetië had de reputatie het beste glas te maken en men trachtte een monopoliepositie te handhaven. Dat was vergeefs. De Venetiaanse technieken verspreidden zich in de tweede helft van de 16e eeuw over Europa en in 1612 kon Antonio Neri zijn beroemde boek *L'arte vetraria* publiceren.

Ten noorden van de Alpen kwamen nieuwe technieken op. In 1615 werd in Engeland het gebruik van steenkool in plaats van hout voorgeschreven [20]. Men wilde de overdadige houtkap tegengaan. Het voordeel voor de glasindustrie was dat men nu hogere temperaturen kon bereiken en daarmee uiteindelijk een betere glaskwaliteit. Op het continent, onder andere in Bohemen, vond potas (as van verbrand hout) in plaats van soda-as ingang. Dit leidde tot de fabricage van kaliumglazen, welke harder zijn dan natriumglazen.

Boyle deelde in 1661 in *The Sceptical Chymist* mee dat 'soot and ashes' van verbrand hout tot grondstof voor de glasfabricage dienden [21]. Dus ook in Engeland had men kaliumglazen.

Men had, zo zei Boyle, wel een voldoende 'degree of fire' nodig om het mengsel te smelten. Een voldoende verhitting was kennelijk nog steeds een punt en het is geen wonder dat Huygens steeds naar homogene stukken glas moest zoeken. Huygens dacht daarbij aan een goede doorzichtigheid voor optische doeleinden. Maar aangezien inhomogeniteiten tot inwendige spanningen in het glas kunnen leiden, was een goede keuze ook voor vacuümdoeleinden van belang. Het is niet duidelijk of Huygens, na de keuze van een glazen klok, de rand hiervan vlak sleep. Geplaatst op een, in zijn was-/terpentijnmengsel gedrenkte lederen ring, zou het lekgevaar verminderd kunnen worden, vergeleken met een ongeslepen rand. Huygens zou technisch gezien goed tot het afslijpen in staat zijn geweest (zie noot 17). Het zou verder interessant zijn, alsnog de chemische samenstelling van de door Huygens gebruikte vacuümklokken te bepalen.

Onderzoek

De opvatting van Huygens over de anorganische natuur

Huygens dacht zich de materie verdeeld in bouwstenen die niet verder deelbaar waren. Er waren vele soorten van die bouwstenen: bolletjes, balkjes van allerlei vorm en ook uitsteeksels en haakjes sloot hij niet uit. Bijvoorbeeld bij kwik en water waren de bouwstenen glad en sloten ze goed op elkaar aan. In vaste stoffen zoals metaal, marmer en glas konden poriën voorkomen. Daarnaast bestonden zeer kleine deeltjes, van een 'matière subtile', die door de porieën heen konden dringen. Tenslotte had men nog de kleinere deeltjes die voor de voortplanting van het licht zorg droegen.

De deeltjes waren inert, dat wil zeggen dat wisselwerkingskrachten zoals die door Newton geponeerd waren niet bestonden. Slechts via botsingen tussen de deeltjes konden chemische en fysische processen plaatsvinden en konden con-

glomeraten, die men in het dagelijks leven waarnam, verklaard worden. Huygens was het dan ook niet eens met de gravitatie-theorie van Newton, maar evenmin kon hij zich vinden in de visie van Leibniz die het inerte karakter van de materie bestreed. Huygens stond nog het dichtst bij de atomisten Gassendi en Democritus. Descartes beïnvloedde hem sinds zijn jeugd. Ook Descartes dacht zich de materie verdeeld in bouwsteentjes van meer dan één soort. Maar Descartes ontkennde, evenals Leibniz, de mogelijkheid van een vacuüm. Dat ging Huygens te ver. Misschien betrof het hier een verschil in definitie. Voor Huygens had men, in een vat, een vacuüm als de lucht er uit weggepompt was. Voor Leibniz was er in zo'n geval nog steeds een subtiele materie aanwezig. Hij vond dat men dan niet van een vacuüm mocht spreken.

Dit is, zeer globaal, de visie van Huygens bij het uitvoeren en interpreteren van zijn experimenten [22].

Experimenten

Veel van Huygens' experimenten waren reeds door Von Guericke of door Boyle gedaan. Huygens had hier overigens niet de pretentie, origineel te zijn. Zo sprak hij vaak van 'le vuide de Boile' wanneer hij de inhoud van een leeggepompt vat bedoelde.

Maar minstens één experiment van Huygens trok zeer de aandacht van zijn tijdgenoten. Dat was het experiment dat tot het 'kleefvacuüm' leidde. (De term 'kleefvacuüm' is afkomstig uit de vooroorlogse vacuümtechnologie.) De proef kon alleen maar slagen door de excellente kwaliteit van Huygens' experimenteerkunst. Op het 'kleefvacuum' wordt straks uitvoeriger ingegaan.

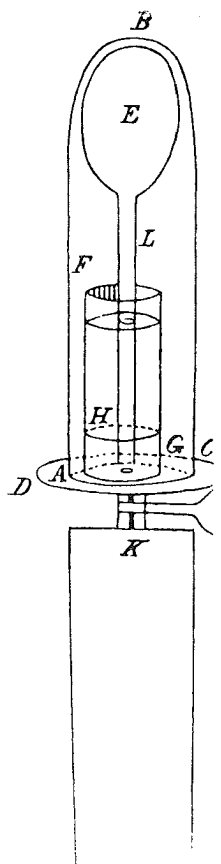
Huygens' eerste proef was die met warm water dat onder verlaagde druk een ontwikkeling van bellen te zien gaf. Deze proef werd in een brief aan zijn broer Lodewijk van 7 december 1661 beschreven [23]. Op 21 december volgde het verslag van de proef, waarbij een wekker in de vacuümklok werd geplaatst en waarbij geconstateerd werd dat het geluid gaandeweg verdween bij afnemende druk. Ook zag Huygens dat dieren, bijvoorbeeld een vogeltje of een muis, de vacuümproof niet doorstonden. Experimenten als: het laten verdorren van planten door ze in vacuüm te brengen en aan zonlicht bloot te stellen; een vlam in vacuüm te laten doven; een vlam in een afgesloten volume lucht te plaatsen en alvorens te doven ongeveer 10% van de lucht verbruikte en soortgelijke proeven, gingen tot een soort standaardrepertoire voor bezoekers behoren.

In een brief aan Lodewijk van 22 Februari 1662 werd een dichtheidsmeting van lucht beschreven [24]. Drie gewichtsbepalingen werden uitgevoerd, één van een (nauwhalzige) fles gevuld met water, één van dezelfde fles maar dan gevuld met lucht en één van wederom dezelfde fles, maar dan geëvacueerd. De dichtheid van lucht bleek 1/980 van die van water te zijn, slechts ongeveer 15% lager dan de huidige waarde. Volgens Hackmann [25] waren gewichtsbepalingen van een voldoende nauwkeurigheid in die tijd goed mogelijk. Ook Von Guericke [26] en Boyle [27] hadden reeds dichtheidsbepalingen van lucht uitgevoerd. Merkwaardig is dat een dichtheidsbepaling bij de Académie in Parijs, in 1668, niet lukte [28].

Men ziet dat Huygens in december 1661 en in 1662 zeer druk met het vacuüm bezig was. Hij voerde vele proeven uit en hij ontwikkelde zijn tweede, in figuur 1 weergegeven pomp. Hij liet zien dat veren ('plumes') in vacuüm even snel vallen als een loden voorwerp [29]. Op dit experiment, dat toch van fundamentele betekenis was, kwam men in de correspondentie niet meer terug. Des te meer aandacht kregen het 'kleefvacuüm' en, vooral van de zijde van Boyle in de correspondentie, de wetmatigheid die thans de Wet van Boyle heet.

Van het 'kleefvacuüm' werd reeds in december 1661 in een brief aan Lodewijk Huygens melding gemaakt [23]. Eind maart 1662 had Christiaan de proef reeds dertig maal uitgevoerd [30]. Via Moray wist ook Boyle hiervan [31].

Figuur 3 geeft Huygens' illustratie bij zijn beschrijving van het 'kleefvacuüm'. "Een glazen klok ABC van ongeveer 1 voet hoog, staat in een bakje DC, dat aan de pomp K vastzit. Het glas FG bevat water tot niveau H. Daarin weer staat het



- ABC = glazen klok, ongeveer 1 voet hoog
- DC = bakje dat aan pomp K vast zit
- E = glazen ballon gevuld met water
- FG = cilindervormig bekeerglas
- H = hoogte waterniveau
- L = glazen verbindingsbuis

3. Huygens' opstelling voor het 'kleefvacuüm'. ■ Bron: *Œuvres Complètes* (deel III), p. 414.

glas E dat geheel met water is gevuld. Met een was-/terpentijsmengsel wordt de klok ABC luchtdicht aan DE gekit. Gaat men nu pompen, dan daalt het water-niveau in E en stijgt dat in FG tot beide niveau's gelijk zijn. Dit herhaalt men vijf tot zes maal. Dan blijft, bij opnieuw evacueren, het glas E vol water tenzij er belletjes in het water ontstaan. Is dit het geval, dan stijgen ze in E op en het water raakt los van de glaswand. Men kan de vorming van de belletjes voorkomen door water te nemen dat een nacht in vacuüm heeft gestaan. Dan is het van lucht gezuiverd" (vertaling uit het Frans).

Het kleefeffect werd met ongeloof begroet totdat, in 1663, Boyle en Hooke er, eveneens met een waterkolom, in slaagden kleefvacuüm te verkrijgen [32]. In 1673 lukte Hooke de proef met een van lucht gezuiverde kwikkolom [33]. Uit de 20e eeuwse vacuümtechnologie is bekend dat het kleefvacuüm slechts met zeer schone uitgangsmaterialen te bereiken valt. Daarom is de prestatie van Huygens bewonderenswaardig.

Toen Huygens met zijn vacuümproeven bezig was, was Boyle in een felle strijd gewikkeld over het vacuüm met de filosoof Hobbes en de Jezuïet Linus. Boyle, en ook Huygens, vonden de argumenten van Hobbes en Linus zwak "Hobbes, kent men die naam in Frankrijk?" vroeg Huygens aan De Montmort [34] (N.B.: Hobbes woonde en doceerde in Parijs van 1640 tot 1652). De tegenwerpingen tegen Boyle's werk achtte Huygens 'chimériques' en 'frivoles'.

De Wet van Boyle, zoals wij die kennen, komt voor het eerst voor in Boyle's boek *Against Linus* van 1662 [35]. Huygens zei hierover dat de experimenten "... prouvent assez clairement cette propriété remarquable a sçavoir que la force de son ressort suit la proportion contraire des espaces ou il est réduit" [36]. ("... bewijzen zeer duidelijk deze opmerkelijke eigenschap, te weten dat de kracht van zijn veer omgekeerd evenredig is aan de ruimten waartoe hij beperkt is.") Maar nu werd, zo betoogde Huygens, een interpretatie van het 'kleefvacuüm' moeilijker dan ooit.

De discussie over de bestaanbaarheid van het vacuüm was reeds in de Oudheid begonnen. Een experiment dat daarbij steeds een rol speelde was dat van twee vlakke platen (van glas, een metaal, of marmer) die, nadat ze op elkaar gedrukt waren, moeilijk meer te scheiden waren. De 'plenisten' dachten dat dit door de werking van de atmosfeer kwam, de 'vacuristen' ontkenden dit en drongen aan op het uitvoeren van de proef in vacuo. Hiertoe gingen onder andere Boyle en Huygens over [5]. Men vond dat de platen aan elkaar gekleefd bleven.

Een samenhangende verklaring van het kleefvacuüm, de Wet van Boyle en de twee aanéén gekleefde platen was voor een geleerde uit de 17de eeuw moeilijk te geven. Huygens dacht aan een subtiële materie. Deze zou bij de beide 'kleef'-proeven zich via poriën op de grensvlakken nestelen en daarmee het 'kleef'-effect teniet doen. Newton was dat aanvankelijk met hem eens (1679) maar hij overwoog later andere mogelijkheden [22]. De subtiële materie zou ook kunnen dienen om luchtdeeltjes in beweging te brengen en te houden. Boyle wilde dat zonder de subtiële materie zien te bereiken, maar dat vond Huygens onverteerbaar ('un peu de dure digestion') [36]. De subtiële materie mocht, volgens Huygens, niet tot de 'spring of the air' bijdragen. Voor ons is het dan niet duidelijk wat Huygens voor ogen zweefde. Men moet echter bedenken dat pas in 1738 (door

Daniël Bernoulli, in zijn *Hydrodynamica*) de eerste aanzet tot een kinetische gas-theorie werd gegeven. Daarna duurde het nog ruim een eeuw, eer deze theorie op een bevredigende wijze geformuleerd werd.

Huygens wilde de natuurverschijnselen zuiver kinematisch verklaren. Maar dat men op deze wijze geen vruchtbare visie op de natuur kon ontwikkelen, werd pas goed duidelijk in de 19de eeuw, toen men zag dat er een samenhang moest bestaan tussen verschijnselen van ogenschijnlijk uiteenlopende aard zoals straling, warmte, elektriciteit en magnetisme. Zo had Huygens met proeven vastgesteld dat er in vacuüm geen warmtegeleiding is [37]. Daartoe hing hij een klontje boter op in een geëvacueerde klok. Daar over heen zette hij een verhitte ijzeren stomp. Hoewel de klok heet werd, smolt de boter niet.

Zes jaar later, in 1674, bracht Huygens' leerling Papin een robijn in een geëvacueerde ruimte en verhitte deze met behulp van een holle spiegel ('miroir ardent'). Hij zag rookontwikkeling. Na het toelaten van lucht wilde Papin de robijn betasten, maar hij was in as ('en cendres') veranderd [38]. Pas de Zweedse chemicus Berzelius (1779–1848) die dergelijke experimenten deed, zag dat hier problemen lagen die in een onderlinge samenhang gezien moesten worden [39].

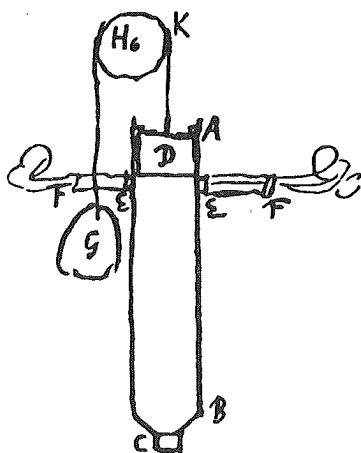
Toegepast onderzoek. Minister Colbert

Tijdens zijn verblijf in Parijs was Huygens een beschermeling van minister Colbert. Huygens legde hem in 1666 een werkplan voor. In modern jargon vertaald kan men dit plan wellicht het best vergelijken met een projectaanvraag, waarbij de maatschappelijke relevantie niet uit het oog werd verloren. Het plan bestond uit vijf punten [40]:

- ◆ Het uitvoeren van vacuümexperimenten met de pompopstelling en het bepalen van de dichtheid van lucht.
- ◆ Het bestuderen van de kracht van het buskruit door een kleine hoeveelheid ervan in een ijzeren of koperen vat op te sluiten.
- ◆ Het op dezelfde manier bestuderen van de kracht van stoom ('l'eau rarifiée par le feu').
- ◆ Het bestuderen van de kracht en de snelheid van de wind en het gebruik dat men in de scheepvaart en bij werktuigen daarvan kan maken.
- ◆ Het bestuderen van de stootkracht of de bewegingsoverdracht bij de ontmoeting van lichamen, waarvan ik, naar ik meen, als eerste de ware regels ('regles') heb gegeven.

Tot zover de vijf punten van Huygens.

Het plan werd door Colbert zonder commentaar goedgekeurd. Vanuit een hedendaags perspectief is enig commentaar wel denkbaar. Opvallend is dat als eerste punt vacuümproeven werden genoemd. De dichtheid van lucht achtte Huygens kennelijk onvoldoende onderzocht. Wat betreft het tweede punt, hierover werden experimenten verricht. In een brief aan Lodewijk Huygens in Holland van 22 september 1673 berichtte Christiaan hierover als volgt [41]: In figuur 4 "is AS een buis met een uniforme binnendiameter (minimaal 2,5 duim), D een zuiger die niet langs A kan ontsnappen omdat daar enkele pallen zijn aangebracht en C is



- AB = cilinder (koper of ijzer),
hoogte ca. 2 voet, diameter
minimaal 2,5 duim
- C = doosje waarin buskruit
geplaatst kan worden
- D = zuiger
- DK = touw
- E = opening in buis AB
- EF = leder slang
- G = gewicht
- H = niet benoemd door Huygens;
ongetwijfeld een wielkje of iets
dergelijks

4. Huygens' opstelling voor de bestudering van de kracht van buskruit. ■ Bron: *Œuvres Complètes* (deel VII), p. 357.

een doosje dat op de cilinder kan worden geschroefd. Voor een goede afdichting werd tussen doos en cilinder leder gebruikt. Bij EE heeft men openingen in de buis AB, en natte lederen slangen EF zijn om die openingen aangebracht. Alvorens de doos C te bevestigen, doet men er een beetje buskruit in, met een stukje pit van een Duitse kaars ('un morceau de mesche d'Allemagne'), waarvan men een uiteinde heeft aangestoken. Het vuur slaat in het buskruit en vult de buis met vlammen en verjaagt daar de lucht door de lederen buizen EF. Deze worden onmiddellijk daarna door de uitwendige luchtdruk tegen de openingen (die voorzien zijn van een traliewerk) platgedrukt. De buis AS is nu praktisch luchtdedig. De lucht drukt met een zeer grote kracht op de zuiger D en verplicht deze de buis in te dalen, daarbij het touw DK en het gewicht G, of wat men ook aan dat touw vastmaakt, meetrekkend. De grootte van die kracht kan men gemakkelijk uitrekenen uit de luchtdruk." (vertaling uit het Frans) Tot zover het bericht aan Lodewijk.

Het leek Christiaan niet onmogelijk, op grond van zijn resultaten een machine te maken.

Over het derde punt, het bestuderen van de kracht van stoom, vernemen we niets meer. Had hij dit punt vergeten? Ook aan punt vier is Huygens niet meer toegekomen.

Voor wat betreft punt vijf, Descartes had botsingswetten gegeven, maar deze waren foutief. Huygens paste zijn 'regles' niet toe op de kleinste deeltjes die hij geponeerd had. De hypothese over de subtiële materie had voor hem waarschijnlijk een geheel kwalitatief karakter.

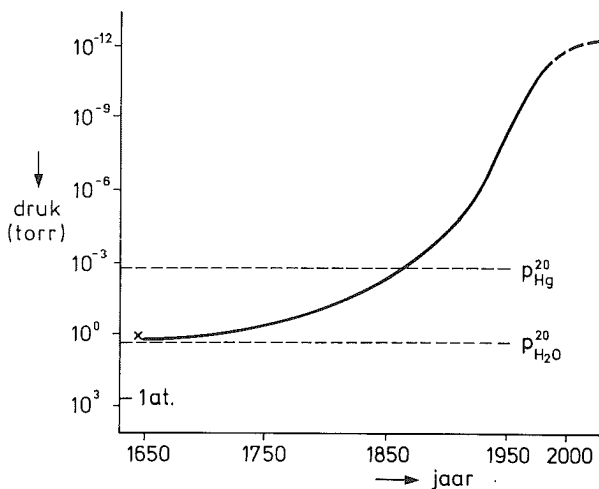
Huygens gaf op de vijf concrete punten van zijn voorstel geen verdere toelichting. Wel volgde er een meer algemene beschouwing over de taak van de Franse

Académie en de rol van het wetenschappelijk onderzoek daarbij. Hij somde een groot aantal natuurwetenschappelijke vragen op. Wat is de natuur van de zwaarte, de warmte, de koude, de magnetische attractie, het licht, de kleuren? Wat is de samenstelling van lucht, van water, van vuur en alle andere lichamen? Waartoe dient de ademhaling der dieren? Hoe groeien de metalen, de stenen en de kruiden?

Van al die zaken wist men nagenoeg niets. Hij stelde voor, volgens het richtsnoer van Francis Bacon te werken, dat wil zeggen zeer veel experimenten uit te voeren, zó veel dat men tot de oorzaken van de verschijnselen door kan dringen. Daarbij moest men wel blijven letten op het nut dat het onderzoek voor het 'genre humain' kon hebben. De experimenten mochten niet te moeilijk ('rares et difficiles') zijn. Het noemen van Francis Bacon zal in Frankrijk wel niet overal met geestdrift begroet zijn. Bacon werd in Engeland, met name bij de Royal Society, in het algemeen hoger aangeslagen dan in Frankrijk.

De ontwikkeling na Huygens

Figuur 5 geeft globaal aan, welke minimumdrukken men sinds Torricelli bereikte. Von Guericke werkte beter dan Torricelli. Boyle en Hooke hadden een betere pomp dan Von Guericke. Huygens werkte, gezien zijn 'kleefvacuüm', beter dan Boyle en Hooke. Gaandeweg leerde men, onder meer door de bijdragen van Papin en Van Musschenbroek, beiden door Huygens geïnspireerd, het vacuüm-



5. Bereikte minimumdrukken sinds Torricelli. De curve heeft een semi-kwantitatief karakter. p_{Hg}^{20} en $p_{\text{H}_2\text{O}}^{20}$ zijn de verzadigingsdampdrukken van kwik en water bij 20 graden celsius. ■ Bron: M.J. Sparnaay, *NeVacblad* 25 (1987), p. 101-110.

vak beheersen [7]. De belangrijke invloed van Huygens wordt door figuur 2 geïllustreerd.

In de 18e eeuw had men reeds een aantal gerenommeerde pompmakers. De curve in figuur 5 is geleidelijk stijgend getekend om de vooruitgang te symboliseren. Maar steeds beschikte men slechts over zuigerpompen. Na 1854 ging men over op kwikpompen van allerlei soort [14]. Toen bereikte men al drukken die gelijk waren aan de verzadigingsdampdruk van kwik bij 20 °C (p^{20} Hg). Door afkoeling (Dewarvat) kon men tot lagere drukken komen. De laatste fundamentele stap werd na 1953 gezet, toen volgens geheel andere fysische principes drukken van 10^{-10} torr en lager werden bereikt [42]. Het lijkt niet waarschijnlijk dat men drukken gaat bereiken die lager zijn dan 10^{-12} torr.

Noten

1. P. Rousseau, *Histoire de la Science*, Parijs 1945, p. 218.
2. 1 ligne = 1 linie = 0,218 cm.
3. a. Otto Von Guericke's *Neue Magdeburger Versuche über den leeren Raum* (übersetzt und herausgegeben von Hans Schimank), Düsseldorf 1968 (oorspronkelijk 1672).
b. Caspar Schott, *Mechanica Hydraulico—Pneumatica*, Würzburg 1657.
4. Zie noot 3a, hoofdstuk 34.
5. M.J.Sparnaay, *NeVacblad* 25 (1987), p. 101-110.
6. Robert Boyle, *New Experiments Physico-Mechanical. Touching the Spring of the Air and its Effects; Made, for the Most Part, in a pneumatical Engine*, Oxford 1660.
7. Alice Stroup, *Janus* 68 (1981), p. 129-150.
8. H.J.M. Bos, M.J.S. Rudwick, H.A.M. Snelders en R.P.U. Visser (editors), *Studies on Christiaan Huygens*, Lisse 1980.
9. *Œuvres complètes de Christiaan Huygens* (22 delen), z.pl. 1880-1950. (Hierna afgekort als *O.C.*) Het betreffende citaat is te vinden in deel III, p. 295 (brief aan Chapelain).
10. *O.C.* (deel III), p. 395 (brief aan Lodewijk Huygens).
11. Zie noot 7 en *O.C.* (deel IV), p. 305; (deel XVII), p. 333.
12. *O.C.* (deel XIX), p. 194.
13. *O.C.* (deel XIX), La Machine Pneumatique, hoofdstuk 7.
14. *Vakuum Technik* 35 (1986) Heft 4 en 5 (gewijd aan de geschiedenis van de vacuümtechniek). Zie ook noot 8.
15. Zie noot 7 en 10.
16. A.C.S. van Heel, 'De "Memorien aengaende het slijpen van glazen tot verre kijkers" van Christiaan Huygens', *Hemel en Dampkring* (1963), p. 189, 237, 263, 312; (1964), p. 20, 43 (zie ook *O.C.* (deel XXI)).
17. C. Singer (ed.), E.J. Holmyard, A.R. Hall en T.I. Williams, *A History of Technology* (Vol. III), Oxford z.j., p. 217.
18. Zie noot 13, hoofdstuk V en IV.

19. Zie noot 17, Vol. II.
20. Zie noot 17, Vol. III, p. 220.
21. Robert Boyle, *The Sceptical Chymist*, 1965, p. 52, 220 (facsimile; oorspronkelijk uitgegeven in 1661).
22. O.C. (deel XIX), p. 315: 'Propriétés générales de la matière'. Inleiding van de redacteur J.A.Vollgraff.
23. O.C. (deel III), p. 396 (brief van 7 dec. 1661), p. 414 (brief van 21 dec. 1661).
24. O.C. (deel IV), p. 63.
25. W.D. Hackmann, *Annali dell' Istituto e Museo di Istoria della Scienza di Firenze* 10 (1905), p. 87-115.
26. Zie noot 3a, hoofdstuk 21.
27. S. Shapin en S. Schaffer, *Leviathan and the air-pump*, Princeton 1985, p. 164.
28. O.C. (deel XIX), p. 210.
29. O.C. (deel IV), p. 8 (brief aan R. Moray).
30. O.C. (deel IV), p. 97.
31. O.C. (deel IV), p. 23.
32. O.C. (deel IV), p. 426, 432, 437.
33. O.C. (deel XVII), p. 324; (deel XIX), p. 244.
34. O.C. (deel III), p. 358.
35. Robert Boyle, *A Defence of the Doctrine Touching the Spring and Weight of the Air, propos'd by mr. R. Boyle in his 'New Physico-Mechanical Experiments. Against the Objections of Franciscus Linus, wherewith the Objector's Funicular Hypothesis is also examin'd'*, z.pl. 1662.
36. O.C. (deel IV), p. 171 (brief aan R. Moray). Boyle spreekt van de 'spring of the air', waar wij 'luchtdruk' bedoelen. De uitdrukking 'force de son ressort' betekent hetzelfde.
37. O.C. (deel XIX), p. 211.
38. O.C. (deel XIX), p. 234.
39. E. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity* (Vol.I), New York 1951, p. 80.
40. O.C. (deel VI), p. 95.
41. O.C. (deel VII), p. 357.
42. R.T. Bayard en D. Alpert, *Revue of Scientific Instruments* 21 (1950), p. 571-572. D. Alpert, *Journal of Applied Physics* 24 (1953), p. 860-876.

ingezonden mededeling

Grepen uit de Geschiedenis van de Wiskunde

A.W. Grootendorst

Deze bundel bevat opstellen over zeer diverse onderwerpen uit de geschiedenis van de wiskunde. Voor een deel zijn het verhandelingen die de auteur, hoogleraar aan de faculteit voor Technische Wiskunde en Informatica, reeds eerder in vaktijdschriften deed verschijnen; er zijn echter ook stukken opgenomen die speciaal voor dit boek zijn geschreven.

Na een algemeen oriënterend hoofdstuk volgen enkele opstellen over de wiskunde bij de Grieken, waarin wordt getoond hoe de Grieken met scherpzinnige en doorzichtige methoden fundamentele resultaten wisten te bereiken. Tot dit gedeelte behoort een artikel over het omgaan met getallen in de oudheid en een beschouwing over de geometrische algebra en de oorsprong van de woorden parabool, hyperbool en ellips.

De bundel bevat voorts een vertaling van enkele in het Latijn geschreven brieven, nl. een brief van Adalboldus, bisschop van Utrecht, aan Paus Silvester II en (met oorspronkelijke tekst en commentaar) van Johan Hudde (1628–1704), burgemeester van Amsterdam, over het bepalen van maxima en minima en van Hendrik van Heuraet (1634–1660?), waarin voor het eerst de lengte van een kromme wordt berekend. Verder zijn er stukken gewijd aan Leonhard Euler (1707–1783) en aan de nagenoeg onbekende Pierre-Laurent Wantzel (1814–1848) die als eerste bewees dat een willekeurige hoek niet in drie gelijke delen verdeeld kan worden met behulp van passer en liniaal alleen, een eeuwenoud probleem waarvan de oplossing in de vergetelheid is geraakt. Zijn naam komt zelfs niet voor in de Dictionary of Scientific Biography!

f 29,50 incl. btw, 157 pag., ISBN 90-6562-94-X

*Verkrijgbaar bij de erkende boekhandel en bij de Delftse Uitgevers
Maatschappij, Postbus 2851, 2601 CW Delft, tel 015-123725*

II in 16-4
 III in 17-1

De Akropolis te Athene

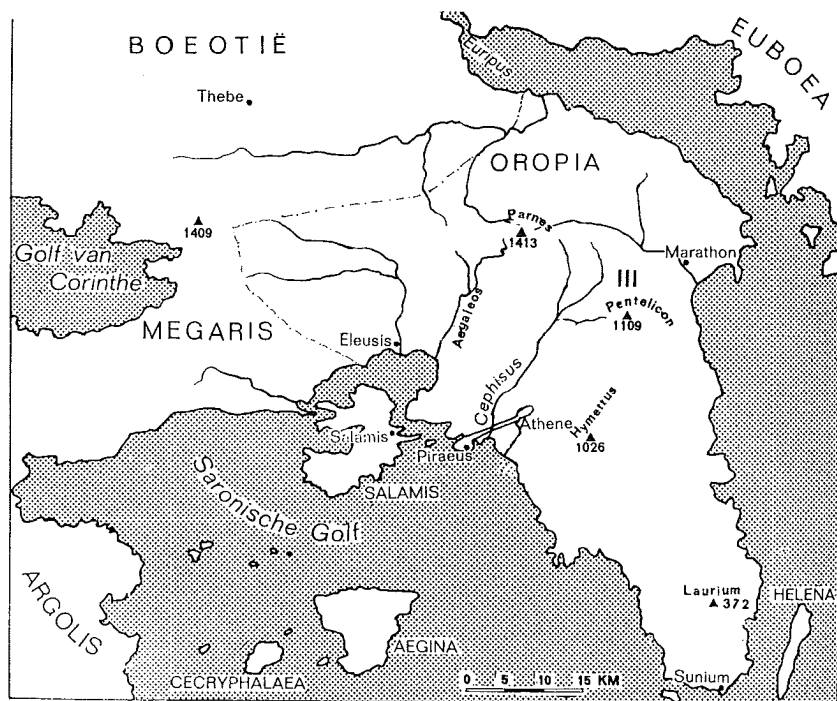
I

H.-J. Sprokholt

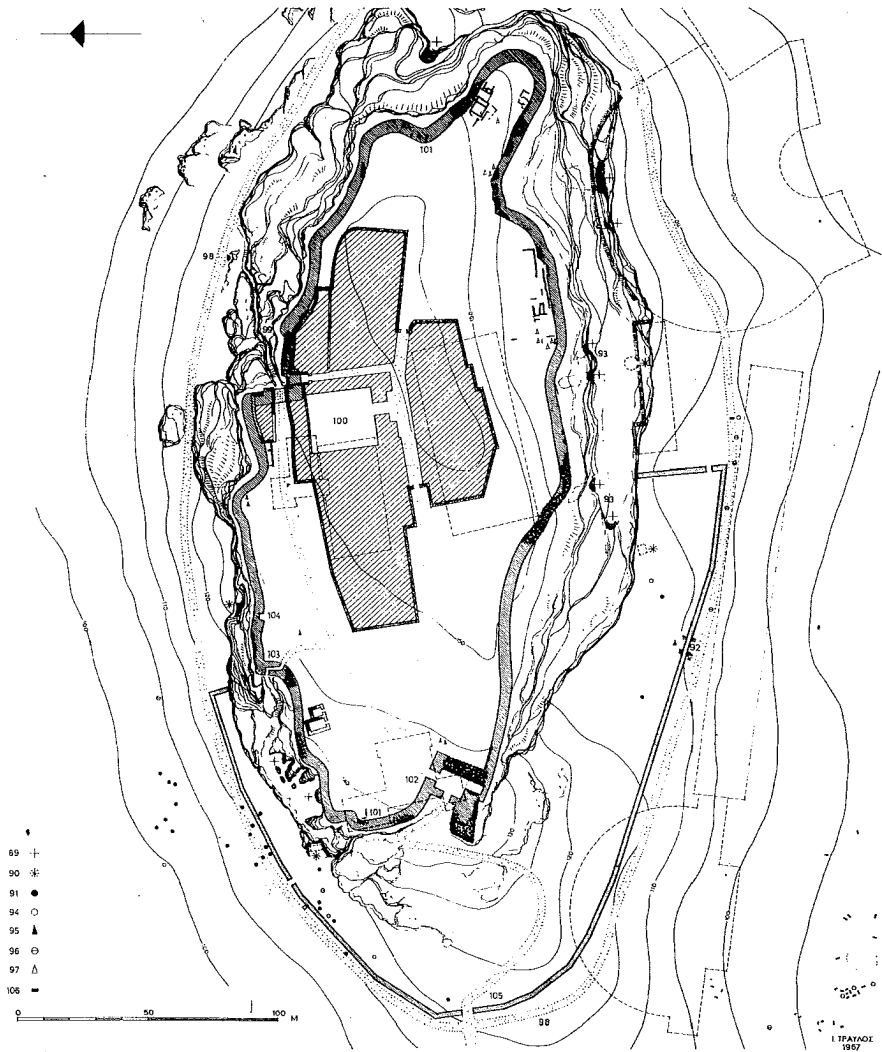
Geologie en topografie

De Akropolis van Athene [1] is een steile rots die alleen vanuit het westen goed te beklimmen is en daardoor een goede natuurlijke verdediging biedt (figuur 1). Aan de voet ervan ontspringt een groot aantal bronnen. Naar alle kanten strekt zich een vruchtbare vlakte uit. De rots is een opduiking van een hard conglomeraat. Het betrekkelijk vlakke oppervlak maakt het geschikt voor bebouwing. Zo vlak, kaal en groot als tegenwoordig is de rots overigens niet altijd geweest. Al in de klassieke oudheid werd het oppervlak geëgaliseerd en met behulp van steunmuren werd het natuurlijke plateau vooral aan de zuidzijde belangrijk uitgebreid. De bodem is bij opgravingen in de eerste helft van deze eeuw voor een groot deel verdwenen en thans rest een kaal rotsoppervlak. Ook van de oorspronkelijke vegetatie is niets over en bij mijn weten is daar ook niet veel meer van bekend dan dat er ten westen van het Erechtheion een olijfbom heeft gestaan.

De grote vlakte waarin Athene is gelegen, wordt door bergen en bergruggen be-



1. Attica met enkele in de tekst genoemde namen.



2. De Akropolis in de prehistorie. Gestippelde lijnen geven de grote monumenten aan (vergelijk figuur 4).

- | | |
|-------------------------------|---|
| 89 = grotten | 97 = brons-tijd graven |
| 90 = bronnen | 98 = Peripatos (rondwandeling) |
| 91 = neolithische waterputten | 100 = Myceens paleis |
| 92 = neolithisch huis | 101 = Myceense verdedigingsmuur met toegangspartij (Propylaeën) |
| 94 = brons-tijd waterputten | 102 = idem |
| 95 = brons-tijd graven | 106 = graven uit de Dark Ages |
| 96 = brons-tijd waterputten | |

grensd: in het oosten door het Hymettosgebergte, in het noorden door de Pentelikon en de Parnassos en in het westen door het Aegaleosgebergte. Ten westen van de stad stroomt de grote rivier de Kephissos, ten oosten en in het noordelijk deel van de stad de veel kleinere Ilissos en Eridanos. Ten zuiden liggen op vijf kilometer afstand de Saronische golf en de havenstad Piraeus, in de oudheid de thuisbasis van de Atheense vloot. De vruchtbare vlakte die met 200 km² de grootste van Attica is, vormde in de oudheid de belangrijkste inkomstenbron van de stad: olijfolie.

De oudste menselijke sporen en de Myceense tijd

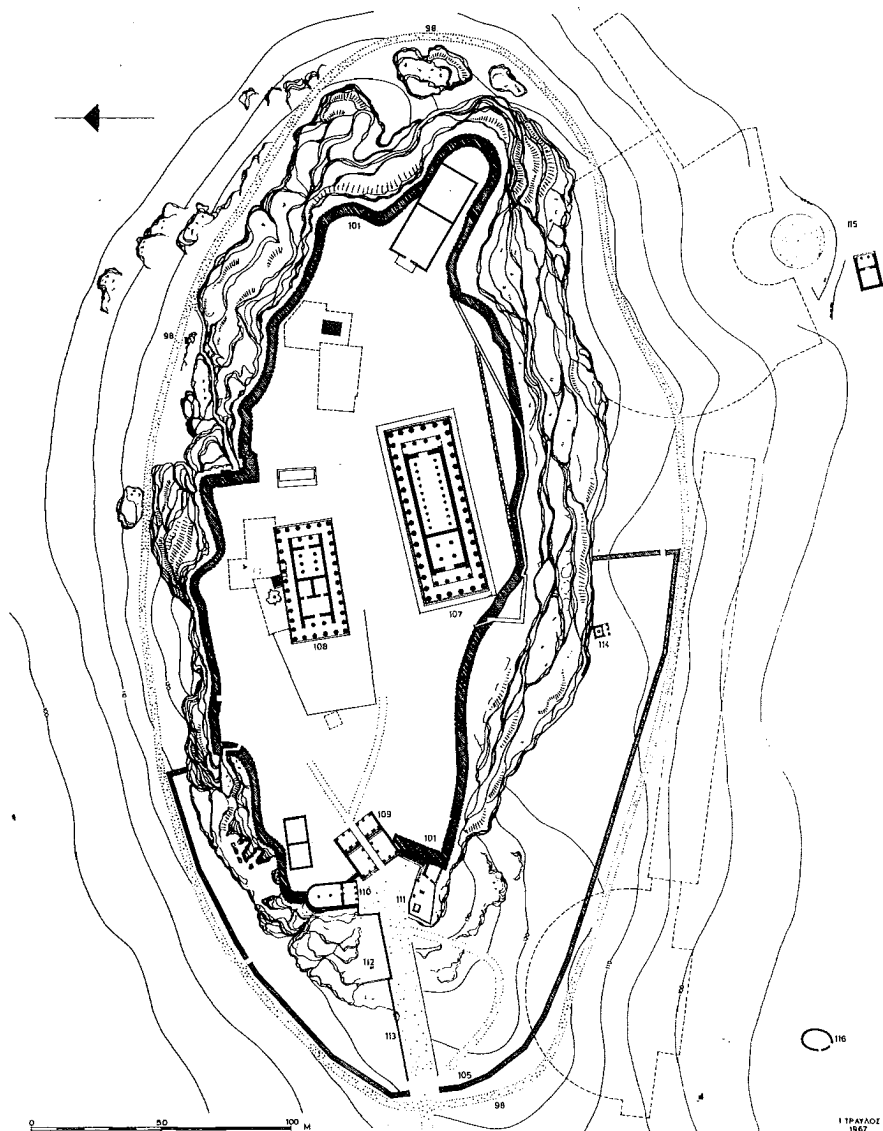
Dankzij opgravingen weten we dat de eerste bewoners zich rond 5000 v.C., in de jonge steentijd of neolithicum [2], in de omgeving van de Akropolis vestigden, waarna rots en omgeving vrijwel onafgebroken bewoond bleven (figuur 2).

Vanaf ongeveer 1900 v.C. drongen Indo-Europese stammen van onbekende herkomst vanuit het noorden het huidige Griekenland binnen. Op de aard van het versmeltingsproces dat daarop volgde, hebben de archeologen nog altijd slecht zicht. De zogenaamde Myceense beschaving die er geleidelijk uit is ontstaan en die genoemd is naar het door Homeros bezongen en in de vorige eeuw herontdekte Mycene, betekende ook voor Athene een periode van bloei en duurde van ongeveer 1400 tot 1150 v.C. De Atheense Akropolis moet in deze tijd een 'Myceens' uiterlijk gehad hebben: op de top ervan, waar nu het Erechtheion staat, zijn sporen gevonden van een paleiscomplex. Van de taal die men gesproken heeft, zijn elders in Griekenland talrijke schriftelijke resten gevonden, de zogenaamde Lineair-A en Lineair-B tabletten. De jongste van de twee schriftsoorten, het Lineair-B, kon in 1953 worden ontcijferd en bleek een vroege vorm van het Grieks te zijn. Maar daarnaast herinneren onder andere veel geografische namen nog aan de voor-Griekse taal, zoals de naam van de stad zelf.

Dark Ages en wederopbloei

De Myceense beschaving ging rond 1150 v.C. vrij plotseling ten onder en werd gevolgd door een lange periode van onrust, verwoesting en invallen, de zogenaamde Dark Ages [3]. Net als andere steden uit die tijd omgaf ook Athene haar Akropolis en het daarop gebouwde paleis in die tijd met massieve muren. De stad lijkt niet al te zwaar getroffen te zijn in vergelijking met bijvoorbeeld het machtscentrum Mycene dat volledig ten onder ging. Athene zag in de eeuwen erna zelfs kans haar macht snel over heel Attica uit te breiden. Toen vanaf ongeveer 800 v.C. de steden overal weer op begonnen te bloeien, nam Athene dan ook snel de leiding. De door Homeros genoemde tempel van Athena stond waarschijnlijk op de plaats van het Myceense paleis, maar veel meer dan dat is er niet bekend van de bebouwing op de Akropolis uit die tijd: bij de bouw van de grote monumenten in de eeuwen erna en bij rigoreuze opgravingen aan het begin van deze eeuw, ging veel verloren.

Het koningschap, dat waarschijnlijk nog dateerde uit de Myceense tijd, was in Athene inmiddels vervangen door een oligarchie [4] en in 508 v.C. werden de



3. De Akropolis vóór de verwoesting door de Perzen.

- | | |
|--|--|
| 101 = resten van de Myceense verdedigingsmuur | 108 = oude Athena-tempel (voorloper Erechtheion) |
| 107 = (onvoltooide) zeszuilige voorloper van het huidige Parthenon | 109 = oude Propylaeën |
| | 115 = oude theater |

eerste stappen gezet in de richting van volledige democratie. Athene beleefde een periode van grote bloei wat met name zijn weerslag had op een aantal kunstvormen waaronder de architectuur. Na verdrijving van de laatste tyrannen in 510 verloor de Akropolis haar functie als versterkte woonplaats en werd gereserveerd voor de goden.

De Perzische oorlogen

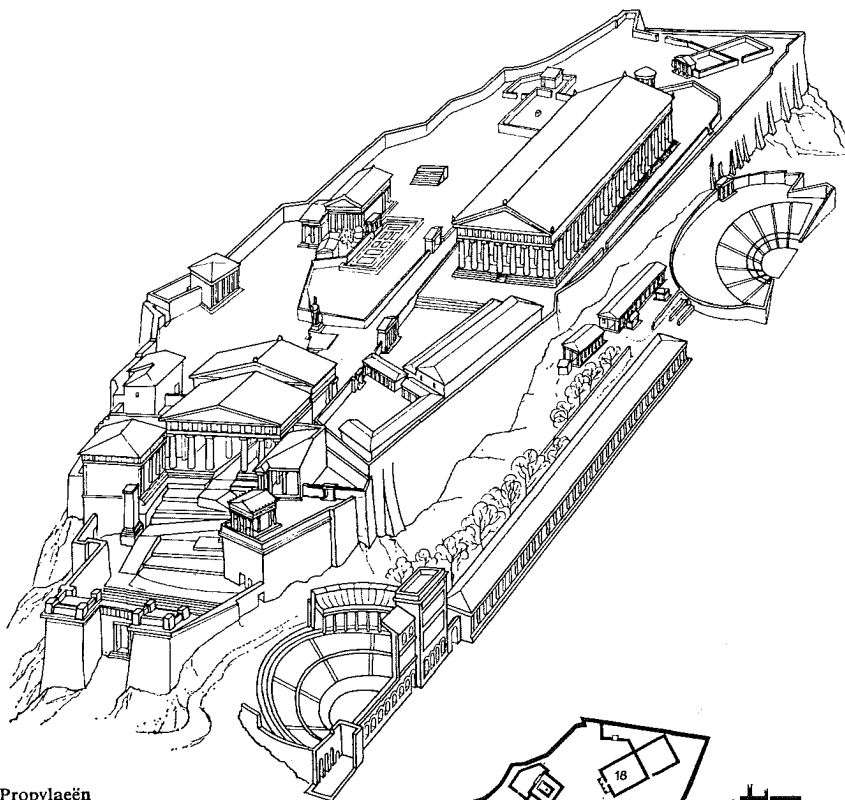
Als Athene vanaf ongeveer 500 v.C. een actieve buitenlandse politiek gaat voeren duurt het niet lang of de stad komt in conflict met Perzië en andere Griekse steden, waaronder vooral Sparta. In 490 en 480/479 trokken de Perzen tegen Athene op. Beide keren werden ze vernietigend verslagen, in 490 bij Marathon, in 479 bij Salamis.

Na die eerste overwinning op de Perzen bij Marathon startte men een grote bouwcampagne waarbij de oude Myceense Propylaeën [5] werden vervangen door nieuwe (figuur 3). Tevens werd een begin gemaakt met de bouw van een tempel voor Athena Parthenos [6], de voorloper van het huidige Parthenon. Om de werkzaamheden mogelijk te maken en het zicht op de nieuw te bouwen heiligdommen te verbeteren, werden grote delen van de soms wel vijf meter dikke Myceense ommuring geslecht.

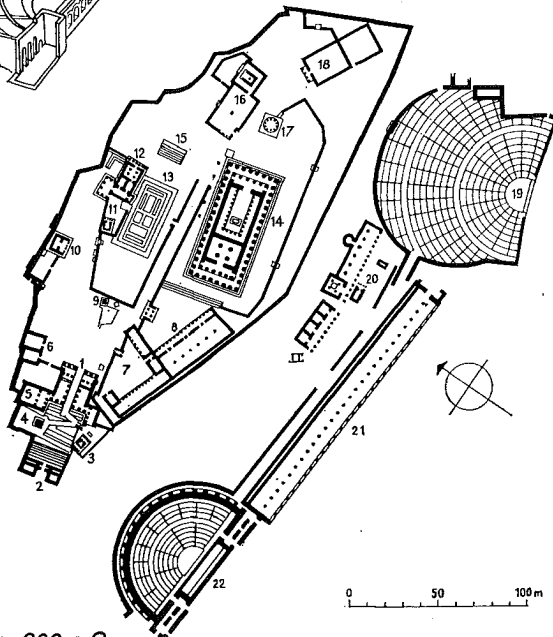
De Akropolis was een onverdedigde hoogte geworden en het Parthenon nog onvoltooid toen de Atheners met de tweede Perzische veldtocht te maken kregen. Het orakel in Delphi werd geraadpleegd en het raadselachtige advies om de stad met houten muren te verdedigen, stelde de Atheners voor een nieuw probleem. De wijze staatsman Themistokles redde de stad met zijn interpretatie: op zijn instigatie werd in allerijl een vloot gebouwd waarmee hij de Perzen uiteindelijk versloeg bij Salamis (zie figuur 1). Anderen zagen meer heil in houten barricaden om de Akropolis te verdedigen, maar dat mocht niet baten: voordat de Perzische vloot vernietigd kon worden, werden de stad en de Akropolis met de nieuwe Propylaeën en de nog onvoltooide Parthenostempel onder leiding van de Perzische veldheer Mardonios volledig verwoest. De al aangetaste resten van de verdedigingsmuren werden verder gesloopt. De laatste schamele resten ervan werden later door de Atheners met grote eerbied gekoesterd en kleine delen ervan zijn nog altijd zichtbaar.

Voor archeologen is de Perzische raid een belangrijk historisch gegeven omdat de Atheners na de eindzege bij Salamis de resten van de gebouwen en het beeldhouwwerk, het zogenaamde Perzenpuin, op de Akropolis begroeven en bij die gelegenheid het oppervlak van het plateau vergrootten en effenden. (Vergelijk de loop van met name de zuidelijke Akropolismuur op figuur 3 en 4.) Bij opgravingen in het begin van deze eeuw kwam het Perzenpuin weer te voorschijn en het stelt ons thans in staat ons een beeld te vormen van de ontwikkeling van de Griekse architectuur en beeldhouwkunst en van het uiterlijk van de Akropolis tot ongeveer 480 v.C. [7]. Met name het recentste materiaal daaronder laat al een hoge mate van verfijning zien en een bouwkundige opzet die lijkt op wat we nu kennen.

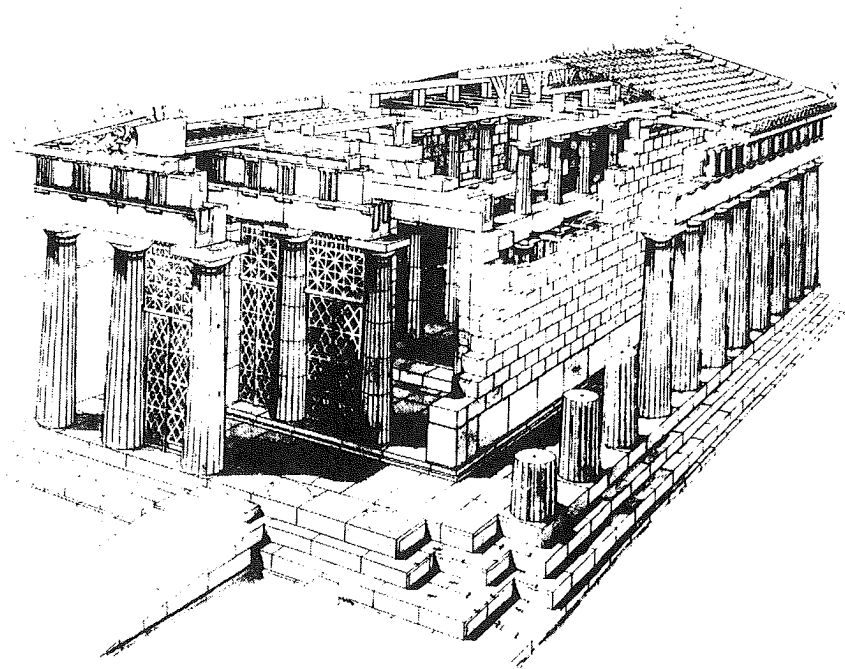
Direct na de definitieve verdrijving van de Perzen kreeg Athene te maken met de



1. Propylaeën
2. z.g. Poort van Beulé
3. Nike-tempel
4. Monument van Agrippa
5. Pinacothek
6. Kantoren en magazijnen
7. Heiligdom van Artemis Brauronia
8. Chalcothek
9. Beeld van Athena Promachos
10. Huis der Arrhephoren
11. Heiligdom van Cecrops met de heilige olijfboom
12. Erechtheum
13. Grondplan van de oude Athene-tempel
14. Parthenon
15. Athene-altaar
16. Heiligdom van Zeus Polieus
17. Tempel van Roma en Augustus
18. Heiligdom van Pandion?
19. Dionysus-theater
20. Heiligdom van Asclepius
21. Stoa van Eumenes
22. Odeon van Herodes Atticus



4. *De Atheense Akropolis ca. 200 n.C.*



5. *Opengewerkte reconstructie van de Aphaia-tempel op het eiland Aegina:*

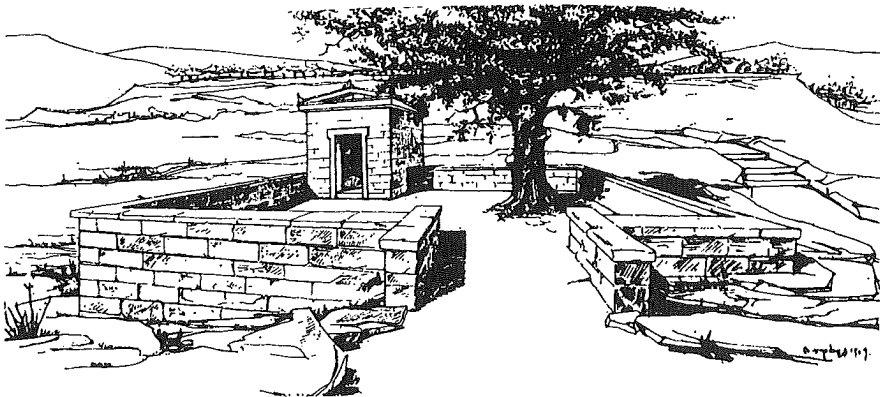
dreigende houding van Sparta en haar bondgenoten. De eerste decennia na 479 is men bezig geweest met het herstel van verdedigingswerken en havens en met het opruimen van de Akropolis, want pas in 456 werd bij volksbesluit ingestemd met het beroemde bouwprogramma van Perikles (figuur 4).

De Griekse tempel

Alvorens in te gaan op de bouwcampagne in Athene sta ik kort stil bij de bouwkundige ontwikkelingen die hebben geleid tot de klassieke vorm van de zogenaamde Dorische tempel waarvan vooral het Parthenon een goed voorbeeld is (figuur 5).

Een Griekse tempel is — anders dan wij bij onze kerken gewend zijn — geen plaats voor geloofsbelijdenis, maar de woning van de godheid van wie men een sterk antropomorfe voorstelling had. Daarnaast was het de opslagplaats van offergaven. Rituele handelingen vonden vooral plaats in de open lucht voor of naast de tempel, binnen de muren van het heiligdom [8] (figuur 6).

De vroegste voorbeelden van tempels uit de Dark Ages lijken op grond van deze functie dan ook sterk op de huizen uit die tijd. Kenmerkend zijn een grote ruimte die men *cella* noemt [9] en een ingangspartij met zuilen: de *pronaos* [10]. Ook aan de achterzijde van de tempel was soms zo'n portico-achtige ruimte te vin-



6. Een eenvoudig heiligdom (Dodona, 4e eeuw v.C.). Veel heiligdommen hadden zelfs geen gebouw.

den, de opisthodoom. Weliswaar leek die sterk op de pronaos, maar er bevond zich geen toegang tot de cella. Wat later ging men er soms toe over de tempel rondom door een zuilenrij te omgeven, de zogenaamde peripteros, zoals bij het Parthenon. De herkomst en de oorspronkelijke functie van de peripteros is niet geheel duidelijk: mogelijk werd op die wijze een schaduwrijke wandelgang gecreëerd of werden de muren tegen weersinvloeden beschermd.

Men neemt over het algemeen aan dat de eerste tempels volledig houten constructies zijn geweest [11]. De muren maakte men aanvankelijk van leem (figuur 7) of van in de zon gedroogde baksteen. Vanwege de geringe draagkracht van de muren en de vaak nog halfronde achterzijde kan een dergelijk bouwwerk alleen maar met riet gedekt geweest zijn.

In de 7e eeuw begon men de eerste tempels van natuursteen te bouwen en werd de dakpan geïntroduceerd. Het gewicht van het dak nam toe en de bouwkundige constructie moest worden aangepast. Mogelijk houdt ook de ontwikkeling van de peripteros verband met dergelijke constructieve verbeteringen.

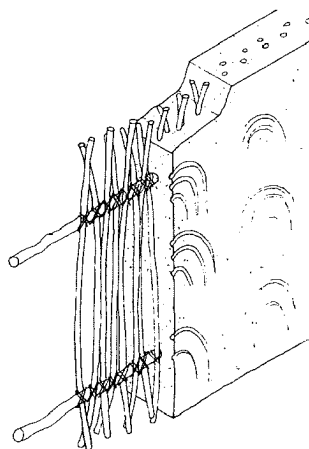
De oorspronkelijke houten constructie is in tal van opzichten nog goed te herkennen. De zuilen zijn aan de bovenzijde verbonden door de architraaf [12], oorspronkelijk een houten balk (zie figuur 13). Daarboven treffen we een fries van afwisselend metopen en triglifien aan. De triglifien [13] bevinden zich recht boven de zuil en in het midden van het intercolumnium, de afstand tussen twee zuilen. Van oorsprong zouden het de kopse einden van de houten balken van de dakconstructie zijn. De open ruimte tussen de triglifien werd gedicht met een metope [14], een plaat die aanvankelijk beschilderd, later gebeeldhouwd was.

Door de verstening van houten tempels moet men voor een groot aantal bouwkundige en artistieke problemen zijn komen te staan. Dat van de draagkracht werd rigoreus aangepakt: omdat men het dragend vermogen van bouwkundige onderdelen en de drukverdeling van dragende constructies niet wist te berekenen, nam men het zekere voor het onzekere en voerde alle bouwelementen te zwaar uit. De oudste tempels zijn zwaarder geconstrueerd dan de werken van

latere architecten, maar zelfs het meest gedurfde ontwerp is nog altijd veel zwaarder uitgevoerd dan bouwkundig noodzakelijk was. Aan die massiviteit en soliditeit ontleent de Griekse tempelarchitectuur mede haar charme en voor de architecten vormde die zwaarheid juist een uitdaging. Op uiterst geraffineerde wijze wisten zij allerlei verfijningen in het ontwerp aan te brengen waardoor de bouwmassa lichter oogde dan hij in werkelijkheid was. Bij de beschrijving van het Parthenon zal ik daar nader op terugkomen.

Maar ook op andere punten werd een beroep op het bouwkundig vernuft van de architect gedaan. Zo vergde bijvoorbeeld de oplossing van het zogenaamde hoekconflict nogal wat inventiviteit: de verstening van de houten constructie had door de veel geringere treksterkte van natuursteen onder andere tot gevolg dat de architraaf dikker werd bij gelijkblijvende overspanning. We zagen al dat trigliefen hun vaste plaats hadden, aanvankelijk waarschijnlijk om constructieve redenen, later om meer formele. Een tweede eis was dat op hoekpunten geen metopen of delen ervan aan elkaar grensden: de hoek moest gevormd worden door twee trigliefen. Zo lang architraaf en triglief even breed waren leverde dat geen probleem op: het hoektriglief kwam daarmee automatisch boven de zuilas te liggen. Met name in deze formele eis schuilt een belangrijke aanwijzing voor de houten oorsprong van de tempel. Alleen door vertaling in steen en de daarbij noodzakelijke verdikking van de architraaf kon het hoekconflict ontstaan. De eenvoudigste oplossing, verbreding van de trigliefen tot de dikte van de architraaf, zou door noodzakelijke versmalling van de metopen tot een wanverhouding hebben geleid. Er moest een andere concessie worden gedaan: het hoektriglief werd naar buiten geschoven, daarmee de positie recht boven de zuilas opofferend [15] (figuur 8). Door deze verplaatsing werd echter weer de aangrenzende metope vergroot en wel zodanig dat dat als storend ervaren werd. Dit werd weer opgeheven door hoekcontractie waarbij de hoekzuil over dezelfde afstand als het hoektriglief in tegengestelde richting werd verplaatst [16].

Bijkomend gevolg van hoekcontractie was verdichting van de hoeken: de hoekzuilen kwamen dichters op elkaar te staan. Dit werd niet als storend ervaren om-

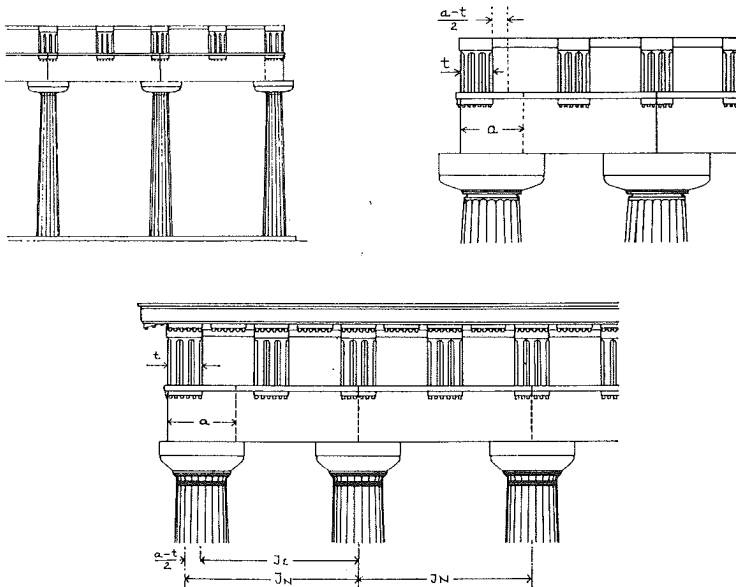


7. Wand van vlechtwerk en leem.

dat de hoekzuilen in tegenstelling tot de andere zuilen een achtergrond in de vorm van gesloten muurwerk misten. Men merkte dat het effect van overstraling daardoor werd gecompenseerd en men versterkte deze indruk door de hoekzuilen nog iets te verdikken. Bij het Parthenon ging men zelfs nog een stap verder: de verplaatsing van het hoektriglif werd overgecompenseerd door de zuil verder dan noodzakelijk inwaarts te verplaatsen, wat dan weer moest worden gecorrigeerd door geleidelijke versmalling van de metopen [17]. Al deze verschijnselen en de effecten ervan zijn bij de meeste tempels met het blote oog waarneembaar.

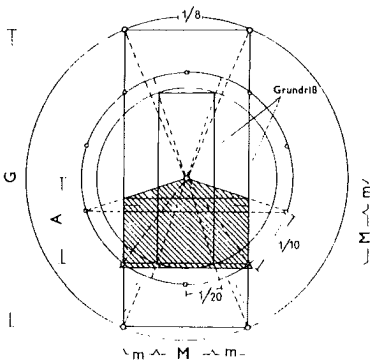
Minstens zo belangrijk als dit soort min of meer decoratieve aspecten van de tempelarchitectuur was voor de Grieken het punt van de onderlinge verhoudingen (figuur 9 en 10). Alle onderdelen moesten in de juiste verhoudingen tot elkaar staan. Hierboven zagen we al dat men bij het zoeken naar een bevredigende oplossing de problemen bepaald niet uit de weg ging. Met name bij het ontwerp van het Parthenon is de maatvoering van groot belang geweest en bij de bespreking van de tempel kom ik ook op dit aspect van de Griekse tempelbouw terug.

De Griekse bouwkunst kent naast de Dorische bouworde, waarvan tot nog toe steeds sprake is geweest, nog de Ionische. De laatste vorm is van later datum

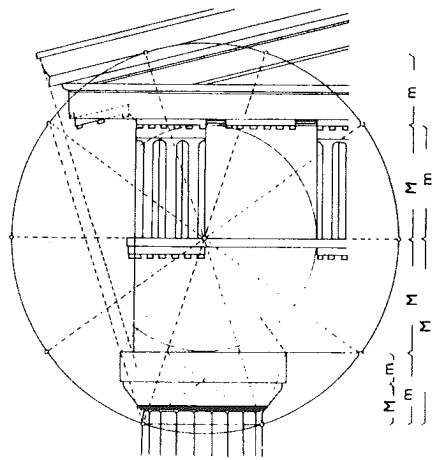


8. Het Dorische hoekconflict.

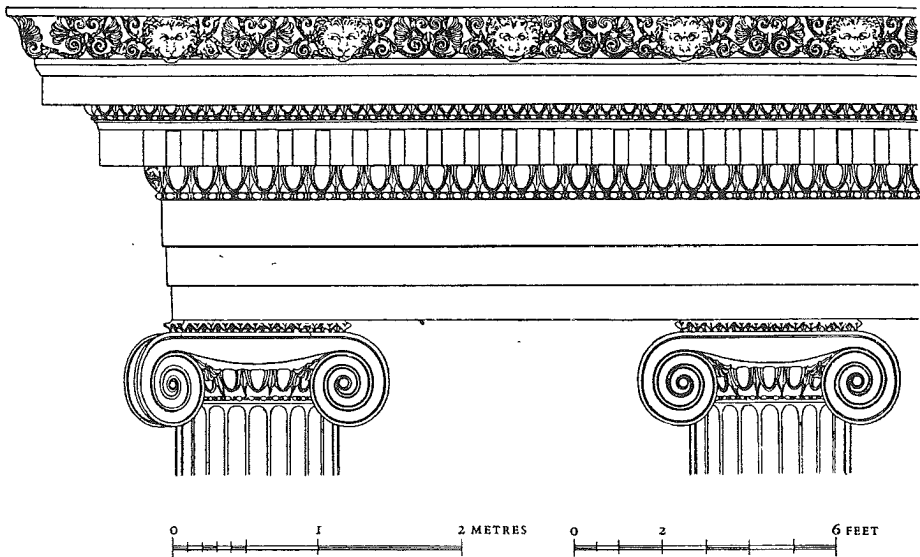
Linksboven: constructie in hout; architraaf en triglif zijn even breed. Rechtsboven: versmalling van het hoektriglif ten opzichte van de architraafbreedte. De laatste metoop neemt in omvang toe. Onder: compensatie door verkleining van de zuilafstand. De metopen zijn nu weer even breed.



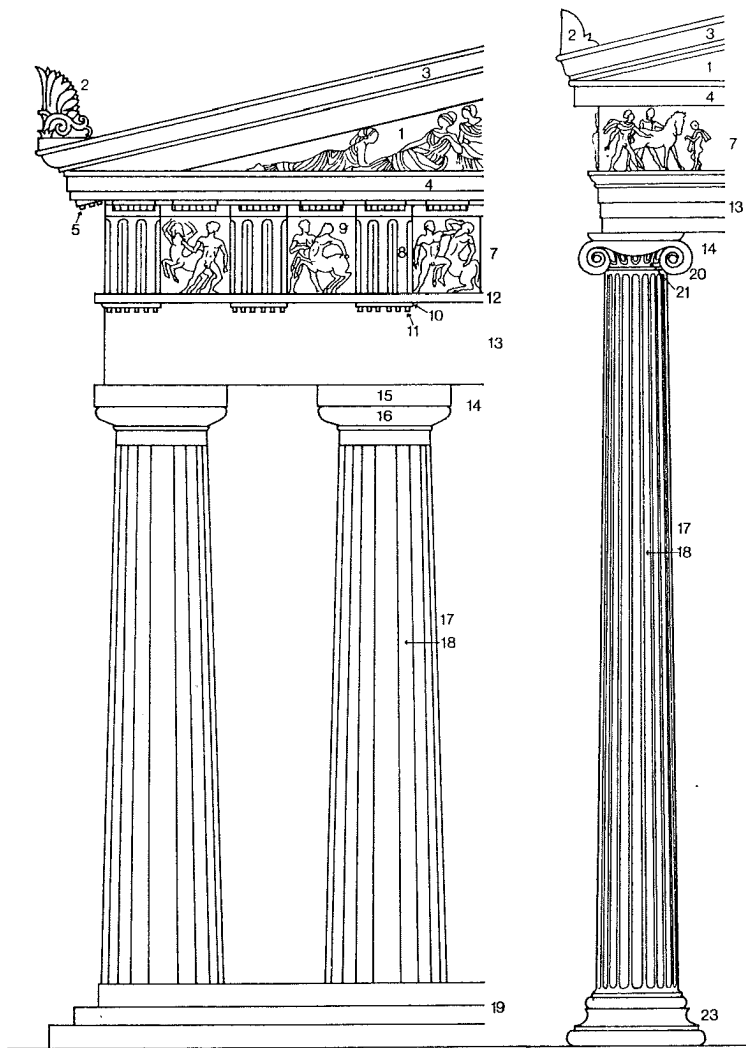
9. Voorbeeld van een tempelontwerp (plattegrond met cella en peripteros en voorgevel) op basis van de gulden snede.



10. De verhoudingen van de plattegrond van figuur 9 werken door tot in kleine onderdelen (fictieve tempel).



11. Bovenbouw van de Ionische tempel te Priene, gewijd aan Athena Polias. (Vergelijk de sierlijsten met het meer Attische fries op figuur 13.)



12. Vergelijking van de belangrijkste onderdelen van de Dorische en de Ionische orde.

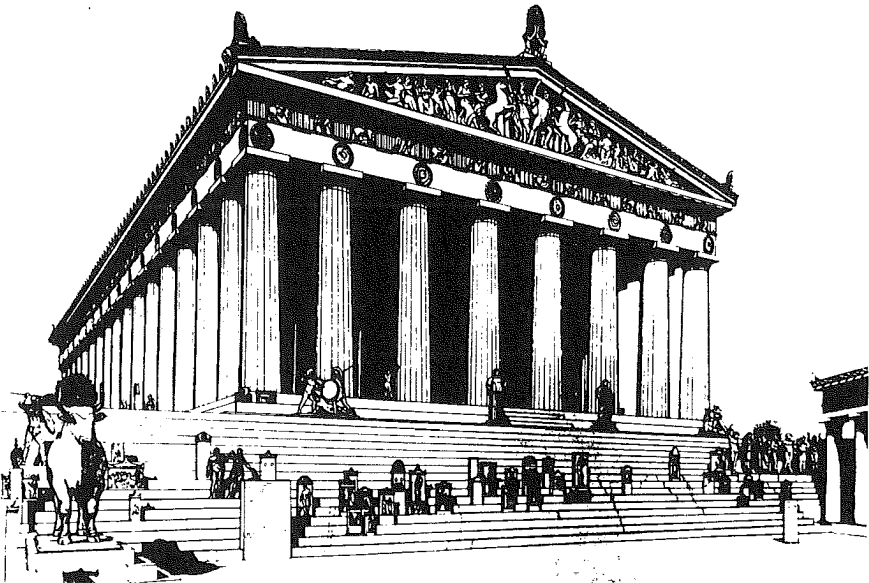
- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 = timpanon | 15 = abacus |
| 2 = akroterion (hoekdecoratie) | 16 = echinus |
| 7 = fries | 17 = zuilschacht |
| 8 = triglief | 18 = cannelures (groeven) |
| 9 = metope | 20 = voluut (ontwikkeld uit 15) |
| 13 = architraaf (hoofdgestel) | 21 = eierlijst |
| 14 = kapiteel | 23 = basis |

en volgt een vrijer concept dan de eerste. Voor de ontwikkeling van de Ionische tempel waren vooral de Griekse bewoners van de kust van Klein-Azië verantwoordelijk. De Dorische orde oogde door zijn soberheid en formaliteit voornaam en streng. Enkele kenmerkende uiterlijke verschillen tussen de Dorische en Ionische bouwtrant wil ik hier kort uiteen zetten (figuur 12). Ook aan de Ionische orde zijn bouwkundige consequenties verbonden, maar die laat ik in dit korte overzicht buiten beschouwing.

De Ionische zuil is slanker en staat op een rijk bewerkte basis. De Dorische zuil mist die basis en wordt bekroond door een eenvoudig kapiteel bestaand uit een uitlopend gedeelte, de echinus en een afdekking door een vierkante plaat, de abacus. Bij het karakteristieke Ionische kapiteel heeft de abacus zich aan twee zijden omgekruld tot voluten die de echinus verdringen. De Ionische architraaf (hoofdgestel) vertoont drie horizontale geledingen en het fries is niet verdeeld in metopen en trigliefen. In plaats daarvan zien we sierlijsten (figuur 11). In Attica heeft de Ionische orde een eigen ontwikkeling doorgemaakt, of liever: hij is aan de Attische smaak aangepast. De naar Attische normen bombaste sierlijsten verving men door een gebeeldhouwd fries met een doorlopende voorstelling, zoals de tempel van Athena Nikè en het Erechtheion goed laten zien.

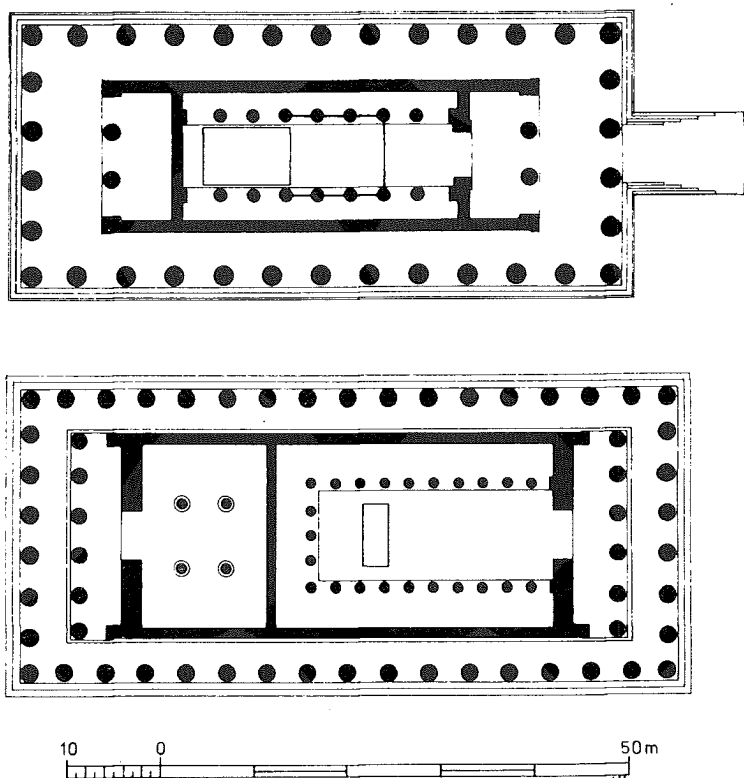
Het Parthenon (447-432)

De vier belangrijkste monumenten van de Akropolis, het Parthenon (figuur 13), de Propylaeën, de Nikètempel en het Erechtheion kwamen alle tussen 447 en

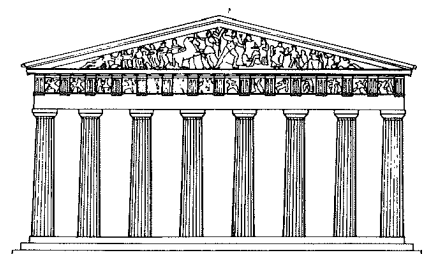
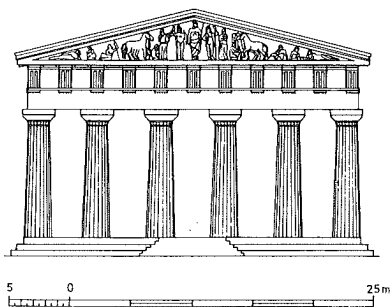


13. Reconstructie van het Parthenon en omgeving vanuit het westen (ongeveer vanaf de Propylaeën).

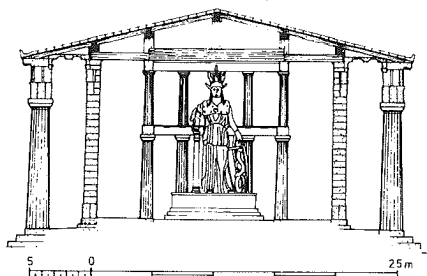
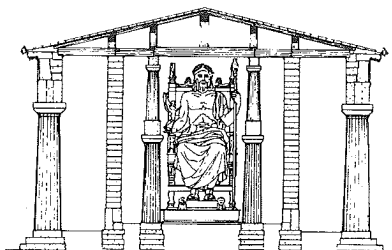
406 v.C. tot stand (zie figuur 4). Drijvende kracht achter de bouwcampagne was de staatsman Perikles. De gebouwen zijn van grote invloed geweest op de architectuur van de Romeinen, maar ook op die van West-Europa. Behalve de bouwkundige kwaliteit heeft ook de korte bouwtijd van met name het Parthenon, dat al na negen jaar kon worden ingewijd, door de eeuwen heen verbazing gewekt. We kennen de architect van het Parthenon bij naam: Iktinos. Er wordt ook ene Kallikrates genoemd, tevens de architect van de Nikètempel, maar over het algemeen gaat men ervan uit dat Iktinos de ontwerper van het Parthenon is geweest. Op een aantal punten week het ontwerp af van wat tot dan toe gebruikelijk was in de Dorische architectuur. Het belangrijkste is wel dat het front in tegenstelling tot dat van zijn onvoltooide voorganger niet zes, maar acht zuilen breed werd [18]. De sterk verbrede cella was daarvoor verantwoordelijk. Ook de ongebruikelijk smalle wandelgangen rondom de tempel, de peripteros, zijn een gevolg van die brede cella. De tempel maakte daardoor een zeer



14. *Vergelijking van de plattegronden van het achtszuilige Parthenon (onder) en de iets oudere zeszuilige tempel van Zeus in Olympia (boven). De cella van het Parthenon neemt veel meer oppervlakte in beslag.*



15. *Vergelijking van de gevels van het achtzuilige Parthenon (onder) en de iets oudere zeszuilige tempel van Zeus in Olympia (boven). Het Parthenon is veel compacter.*

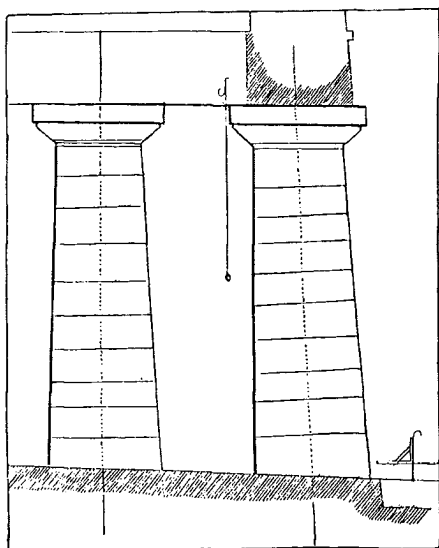


16. *Vergelijking van de doorsneden door het achtzuilige Parthenon (onder) en de iets oudere zeszuilige tempel van Zeus in Olympia (boven). De cella van het Parthenon is veel ruimer, de peripteros veel smaller (vergelijk met figuur 14).*

compacte en gesloten indruk, een indruk die nog versterkt werd door het kleine intercolumnium: de korte afstand tussen de zuilen onderling (figuur 14, 15 en 16).

Niet minder spectaculair was de maatvoering. De verhouding tussen zuildiameter en zuilafstand (4:9) was bepalend voor het totale concept [19]. Overall is de verhouding 4:9 of het kwadraat ervan terug te vinden: in het grondvlak, in de voor- en achtergevel en in de zijgevels [20].

De gesloten compactheid van de tempel lijkt niet te rijmen met de lichte indruk die hij desondanks maakt. Dat de tempel niet plomp is uitgevallen, is onder andere te danken aan de rankheid van de zuilen en een aantal verfijningen in het ontwerp. De rankheid van de zuilen is een gevolg van verjonging van de zuilen en de geringe entasis, de lichte verdikking halverwege de zuil. Vooral oudere tempels kunnen door overdreven entasis het uiterlijk van lompe krachtpatsers hebben. De entasis van het Parthenon is veel subtieler, maar met het blote oog nog wel waarneembaar.

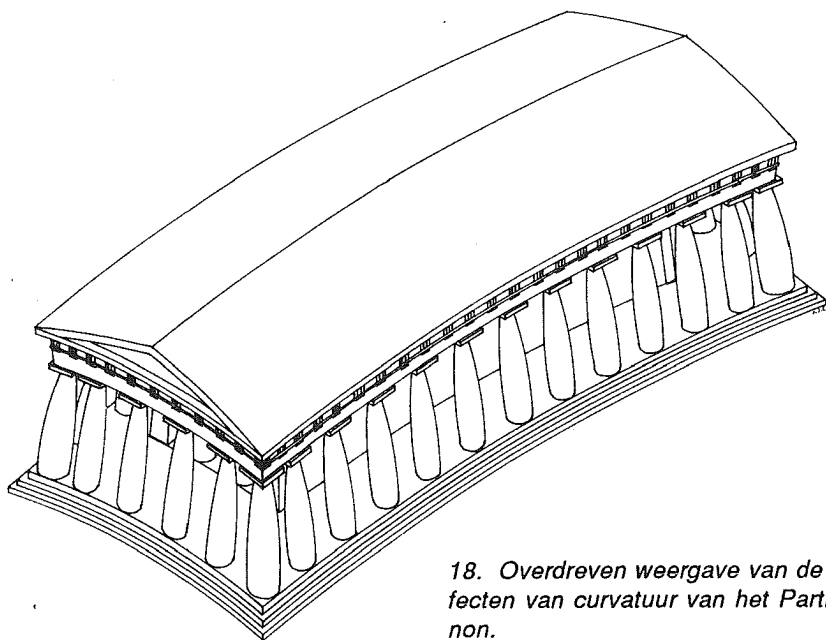


17. Overdreven weergave van inclinatie van de zuilen.

Een andere geraffineerde verfijning in het ontwerp betreft de zogenaamde curva-tuur of kromming van lijnen. Om te beginnen is het grondvlak waarop de tempel staat niet echt vlak, maar licht gezwollen. In het midden van de lange zijde is het grondvlak 11 cm hoger dan op de hoeken. Verder neigen alle zuilen en andere verticale elementen licht naar binnen: inclinatie (figuur 17). Zouden we de assen van de zuilen doortrekken, dan zouden ze elkaar enkele kilometers boven de tempel kruisen. De gevolgen van al deze krommingen werken door tot in de architraaf, het fries, de totale dakconstructie en zelfs tot in het fronton, het met beeldhouwwerk gevulde gevelveld. De hele tempel wordt daardoor licht kussen-vormig wat hem ranker doet voorkomen dan hij in werkelijkheid is (figuur 18).

Bij al deze verfijningen zijn de stootvoegen zuiver verticaal gehouden, met als gevolg dat er in het hele bouwwerk geen enkel zuiver rechthoekig stuk steen te vinden is. Elk bouwelement is meer of minder trapeziumvormig. Mede daardoor kan men bij de restauratiewerkzaamheden van elk fragment de herkomst exact bepalen.

Verbazingwekkend tenslotte is de ongelooflijke precisie waarmee vaak tot op de tiende millimeter is gewerkt en het feit dat de tempel volledig in wit marmer van hoge kwaliteit is opgetrokken. Marmer was eigenlijk gereserveerd voor beeldhouwwerk, gebouwen trok men op in goedkopere en grovere steensoorten als zandsteen en tuf. Bij de bouw van het Parthenon werd ruim 11.000 m³ marmer verwerkt met een gewicht van in totaal zo'n 30.000 ton. En dan heb ik nog met geen woord gesproken over de oorspronkelijke beschrijving van de tempel en over de uitzonderlijke kwaliteit van het beeldhouwwerk van de metopen, de frontonsculptuur en het rondom de cella doorlopende fries. Dat doorlopende fries was alweer zo'n noviteit en een ontlening aan de Ionische architectuur.



18. Overdreven weergave van de effecten van curvatuur van het Parthenon.

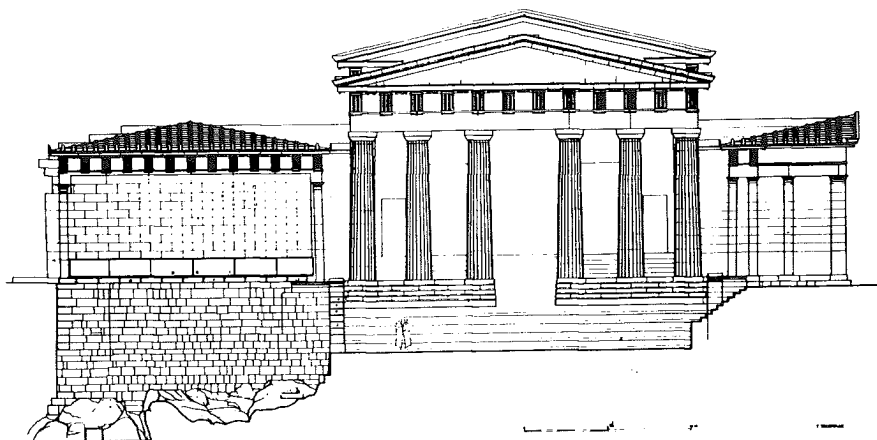
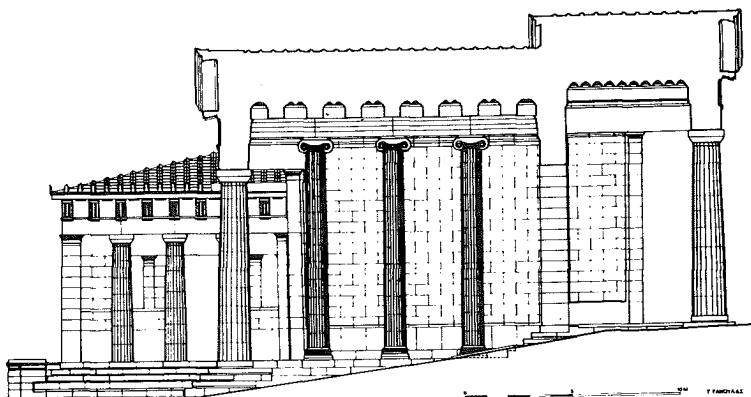
Van het interieur is vrij weinig bekend, maar altijd nog meer dan van andere Griekse tempels. In de cella stond een omgang van kleine Dorische zuilen in twee verdiepingen en een elf meter hoog cultusbeeld van Athena Parthenos van goud en ivoor (zie figuur 16). Al het beeldhouwwerk en ook dit cultusbeeld waren van de hand van de bij zijn leven al vermaarde Pheidias.

De Propylaeën (437-431)

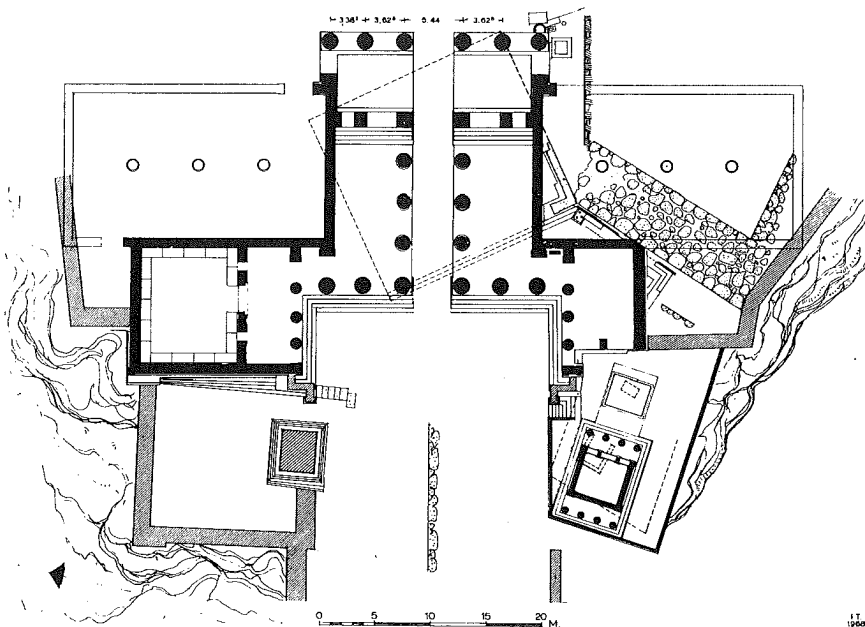
Toen de bouwwerkzaamheden aan het Parthenon afgerond waren, begon men met de afronding van de decoratieve delen: het beeldhouwwerk en de beschildering. Op de plaats van de verwoeste Propylaeën werd op dat moment de volgende bouwplaats ingericht.

Het ontwerp werd geleverd door Mnesikles, mogelijk een leerling van Iktinos. De Propylaeën (figuur 19) vormen een tweede hoogtepunt in de Griekse architectuur. In monumentaliteit stak het menige Griekse tempel naar de kroon. Het was geheel uitgevoerd in Pentelisch marmer, met enkele details in een donkere steensoort uit Eleusis. Het aanzicht met zes Dorische zuilen bekroond door een fronton, zowel aan de west- als aan de oostzijde, was dat van een Dorische tempel dat alleen door het achtszuilige Parthenon werd overtroffen. Ook in andere opzichten kan dit bouwwerk een vergelijking met het Parthenon doorstaan: beide gebouwen ademen de strengheid van de Dorisch stijl gepaard aan de lichtste architectuur die in de gegeven stijl mogelijk is, zonder dat iets van hun voornaamheid verloren gaat.

Van het oorspronkelijke concept zijn slechts het diepe middendeel en een vertrek aan de noordzijde, de zogenaamde Pinakothek gerealiseerd. Het middendeel is het eigenlijke poortgebouw met vijf doorgangen die van elkaar gescheiden zijn door de zes zuilen. De Pinakothek dankt zijn naam aan de schilderijen die er te zien moeten zijn geweest. Een tweede, nog grotere ruimte aan de noordoostzijde en twee corresponderende ruimten aan de zuidzijde bleven onvoltooid. Het geld was op en de priesterschappen van enkele heiligdommen, waaronder dat van Athena Nikè, weigerden het veld te ruimen. Ook het laatste restant van het Myceense muurwerk moest worden ontzien (figuur 20).



19. De Propylaeën. Reconstructie van de doorsnede (over oost-west as) en aanzicht vanuit het westen met links de Pinakothek.

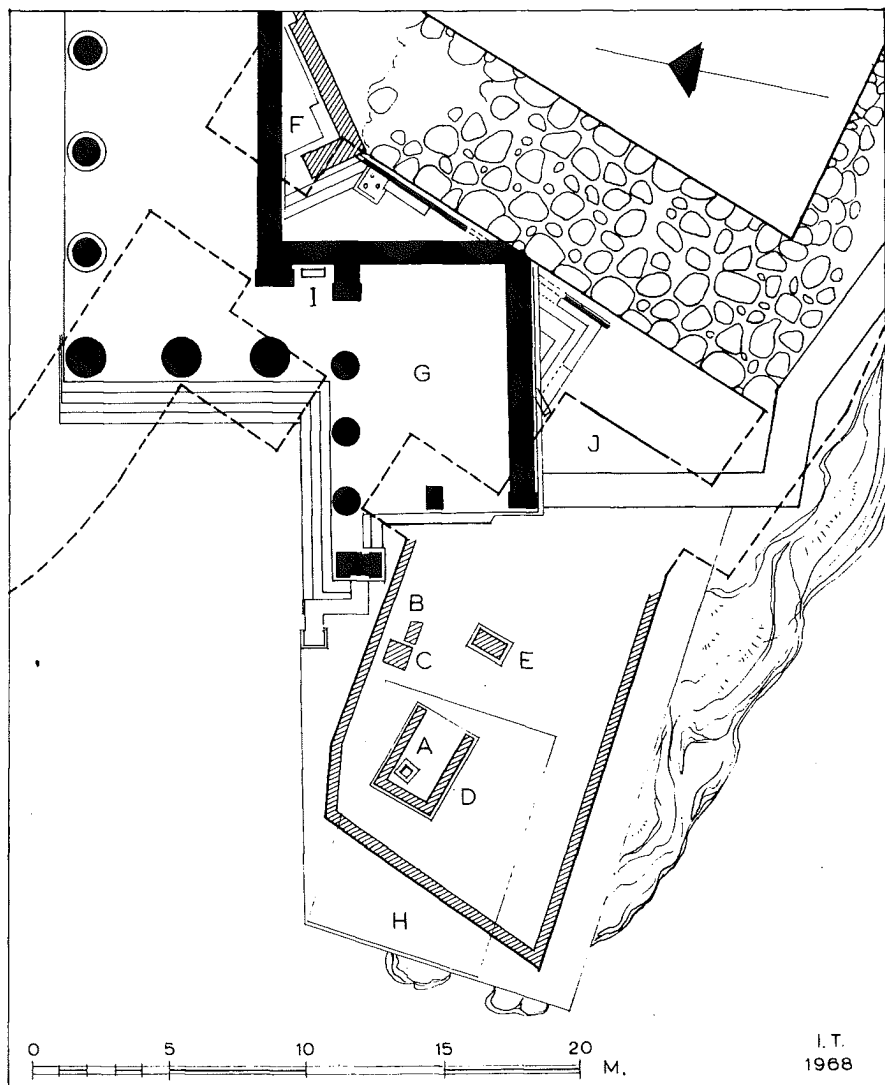


20. Plattegrond van de Propylaeën met rechtsonder het Nikètempeltje en rechtsboven de resten van de dikke Myceense verdedigingsmuur. ■ Gestippelde lijnen geven de plaats van de vorige Propylaeën aan en de witte lijnen het nooit uitgevoerde oorspronkelijke bouwplan. ■ Links: de Pinakothek met aanligbedden, waardoor de asymmetrische plaatsing van de deuropening verklaard wordt.

Mnesikles, de architect, wist nog iets van de geplande symmetrie te behouden door slechts een klein deel van de aan de zuidzijde geprojecteerde vleugel te realiseren: tegenover de Pinakothek bouwde hij als een soort decorstuk de voorzijde van de ontbrekende zuidvleugel. De storende asymmetrie en de ontstane open ruimte werden enkele jaren later door de subtiële oriëntatie van de Athena Nikètempel ongedaan gemaakt. De uiterste punt van de zuidvleugel ervan eindigt precies op het Myceense muurwerk dat behouden moest blijven. Verschillende muurvlakken tonen nog de uitstekende nokken die dienden voor het takelen van het bouw materiaal. Bij de afwerking zouden ze verwijderd worden en de steen gepolijst, maar zover is het nooit gekomen.

Opvallend is de complexiteit van de plattegrond. Een hoog hoofdgebouw met twee lagere vleugels was een volkomen nieuw concept. De geplande omvang zou de westzijde van de Akropolis volledig in beslag hebben genomen, maar ook half uitgevoerd wordt de rots er in hoge mate door gedomineerd. Het idee van een complex was nieuw: men bouwde tot dan toe in hoofdzaak op zichzelf staande gebouwen: vleugels en aanbouwen waren nieuw.

Ook nieuw was het naast elkaar voorkomen van de Dorische en Ionische orde. Het Parthenon vertoonde al enkele Ionische invloeden, zoals het binnenfries, maar dat fries liep rondom de cella en was alleen van zeer korte afstand zichtbaar: zo openlijk en uitgesproken als bij de Propylaeën kwamen beide bouwworden nog niet eerder in één gebouw voor. Van de vijf doorgangen door het



21. *Plattegrond van de situatie rond de Nikètempel.*

D = voorganger. E = altaar van Athena Nikè. H (dunne lijn) = plaats van de tempel.



22. Voorzijde van de Athena Nikètempel.

middendeel was de middelste bestemd voor de offerdieren. Hier ontbreken trap-treden en bekleding, zodat de dieren op de kale rots liepen. Deze middelste doorgang werd geflankeerd door Ionische zuilen, met uitzondering van de front-zuilen natuurlijk, omdat het front een eigen Dorische eenheid vormde. Merk overigens op dat de middendoorgang breder is dan de andere. Tussen de middelste zuilen tellen we niet één, maar twee trigliefen (zie figuur 19).

De Propylaeën waren ingetogen versierd. Het middendeel had diepe cassetten-plafonds met schilderijen in blauw en goud. De metopen aan voor- en achter-zijde waren echter niet gebeeldhouwd en bij mijn weten ook niet beschilderd.

De Nikètempel (ca. 425)

Van het sierlijke Nikètempeltje (figuur 21) staat nog altijd niet vast wanneer het precies tot stand is gekomen, maar over het algemeen neemt men aan dat de bouwwerkzaamheden door Perikles zijn stilgelegd in verband met de bouw van zijn Propylaeën en pas later zijn afgerond. Het ontwerp is wellicht nog van Kallikrates die ook al genoemd werd bij het Parthenon, maar pas 25 jaar later uitge-

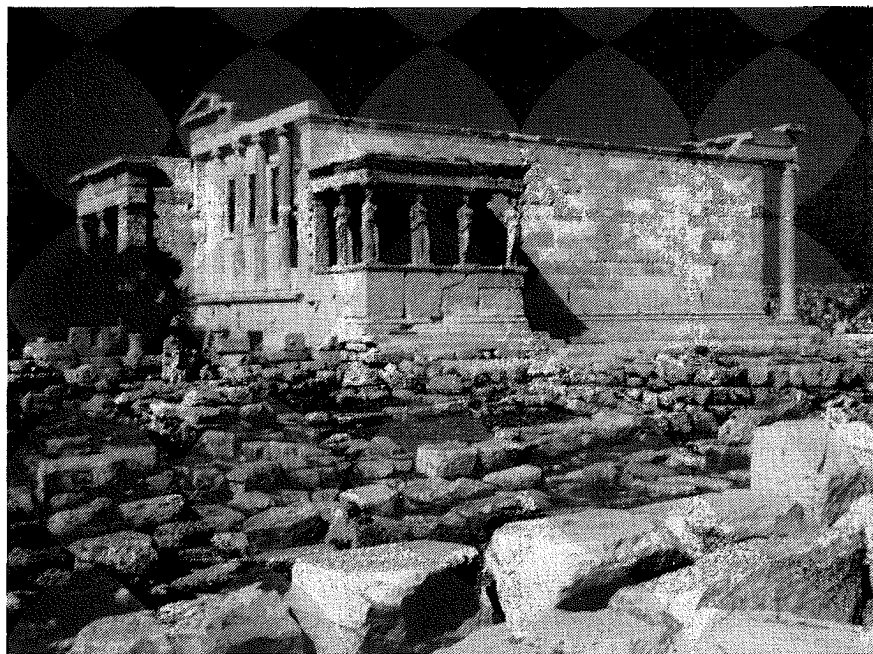
voerd. De vraag blijft ook of het ontwerp en de oriëntatie nog zijn aangepast aan dat van de onvoltooide Propylaeën.

Het is een zogenaamde amphiprostyle tempel, wat wil zeggen dat aan de voor- en achterkant van de eigenlijke tempel een zuilenrij staat. De achterzijde is de kant die u ziet als u de Akropolis nadert. De ingang op het oosten is alleen vanaf de Akropolis zelf te zien (figuur 22).

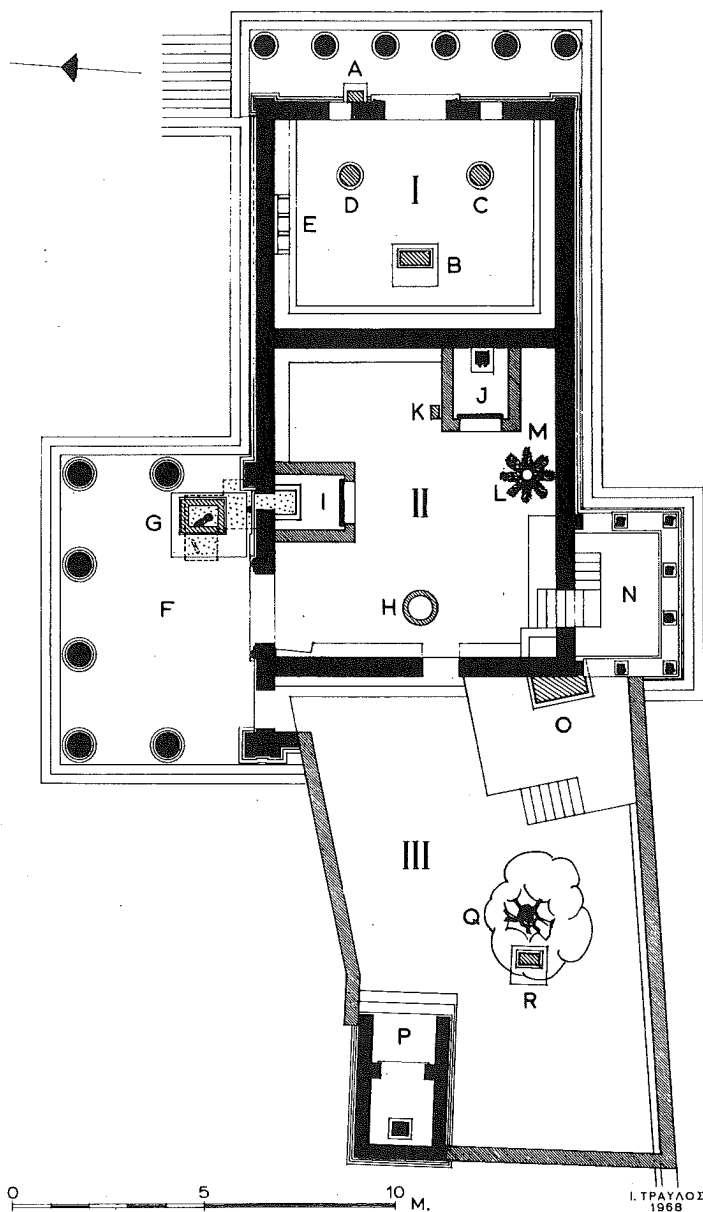
Het tempeltje is gebouwd in de Ionisch orde, aangepast aan de Attische smaak: gemakkelijk herkenbaar zijn de zuilen op bases en de typisch Ionische kapitelen. Erop ligt de architraaf en daarboven, rondom de tempel, een doorlopend fries waarvan het beeldhouwwerk net als bij het Parthenon tot de fijnste sculptuur van de klassieke oudheid mag worden gerekend. Van de dakconstructie en het fronton is praktisch niets over.

Het Erechtheion (421-405)

Het Erechtheion (figuur 23) is het jongste van de vier grote monumenten: het werd voltooid in 405 v.C. De bloei van de klassieke architectuur was toen eigenlijk al over zijn hoogtepunt heen. Net als bij de Propylaeën gaat het hier om een complex geheel, maar dat was inmiddels niet nieuw meer. De grootste ruimte was de eigenlijke tempel (figuur 24). Aan de noord- en zuidzijde bevonden zich twee



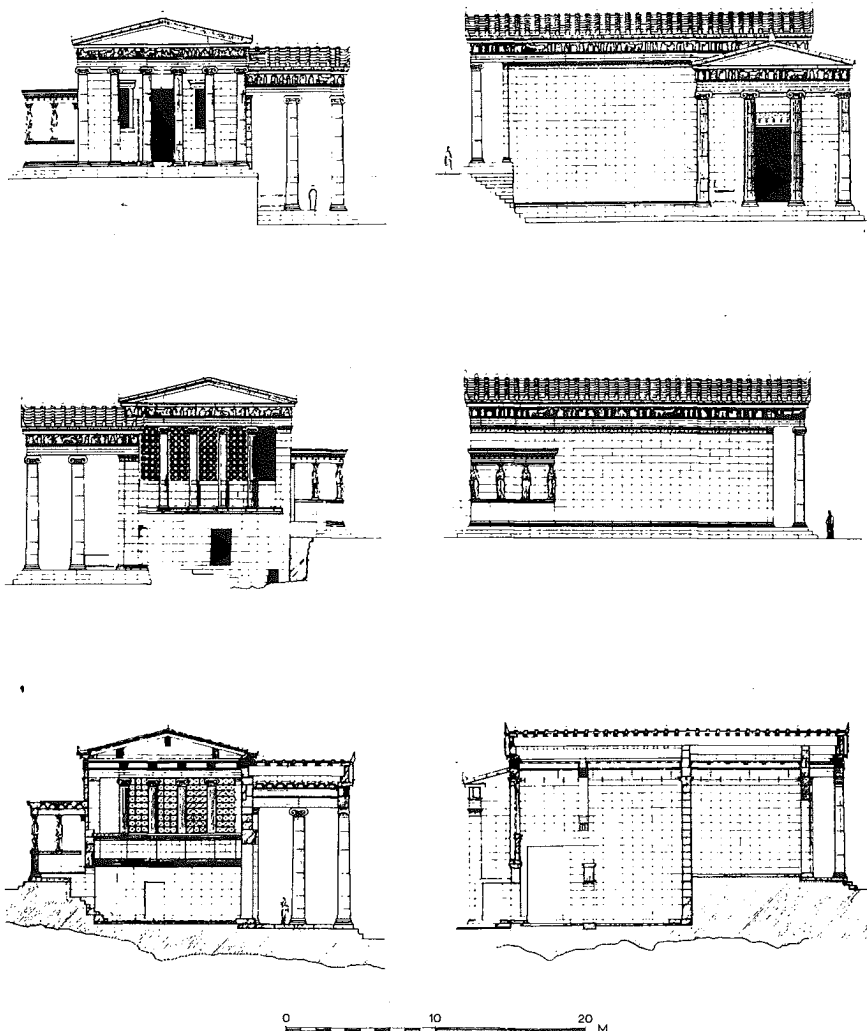
23. Het Erechtheion gezien vanuit het zuidwesten.



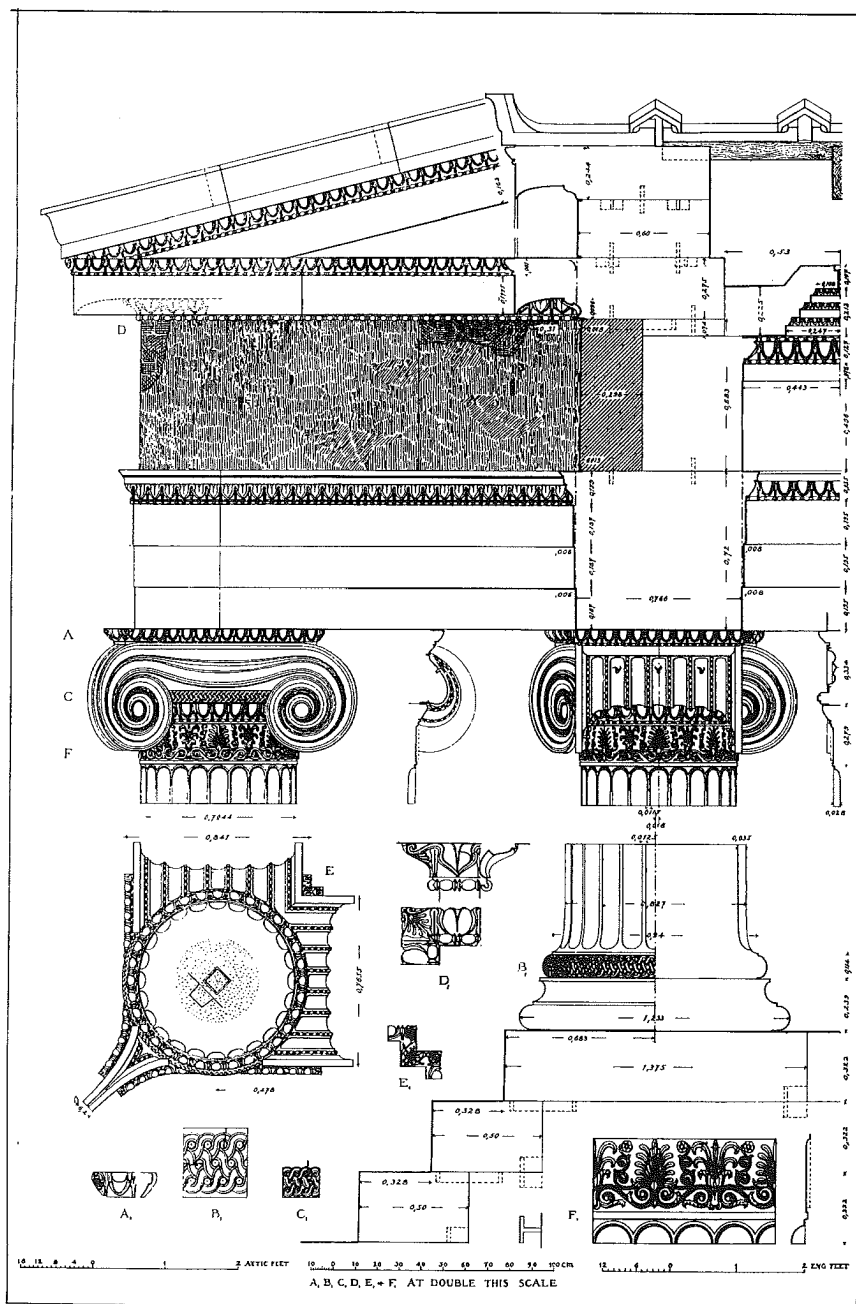
24. De plattegrond geeft een indruk van de ingewikkelde architectuur en de veelheid aan religieuze functies.

Altaren van Zeus (A), Poseidon en Erechtheus (B), Hero Boutes (C), Hephaistos (D), Zeus Herkeios (R) met de olijfbboom (Q).

aanbouwen, de zogenaamde noord- en zuidportico. Verder heeft het de verschillende vloerniveaus met de Propylaeën gemeen (figuur 25). Net als de Nikètempel is het volledig in Ionische stijl opgetrokken. Toch lijkt het op geen enkele manier op de Propylaeën of enig ander monument



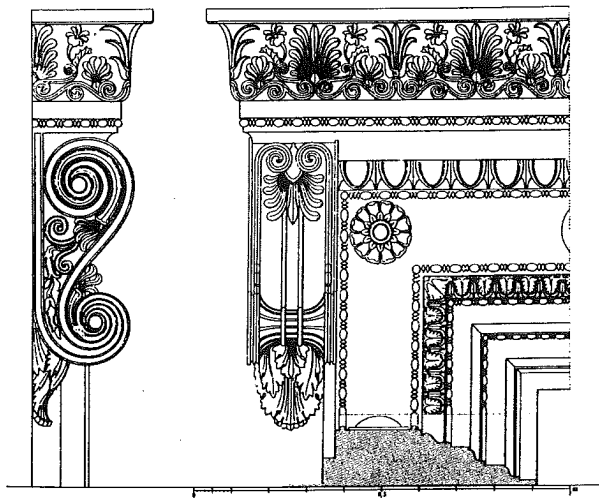
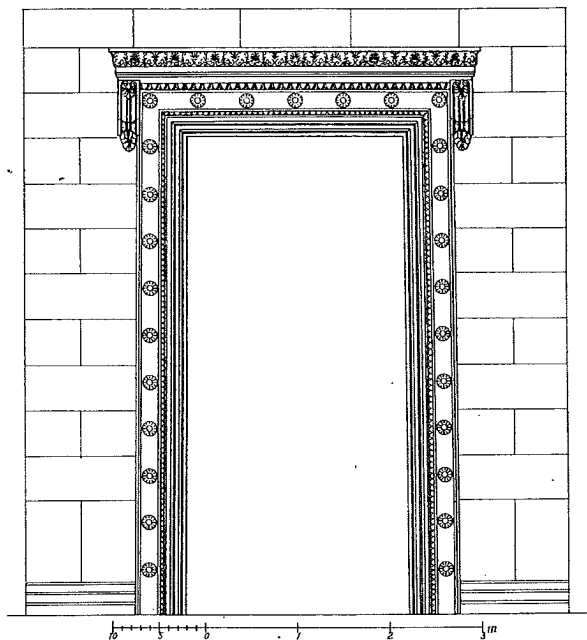
25. *Reconstructie van het Erechtheion.* ■ Van links naar rechts en van boven naar onder: de oostgevel (ingang), de noordzijde met de noordportico, de westzijde met ramen, de zuidzijde met de karyatidenportico, doorsnede zuid-noord en doorsnede west-oost.



Architectural details of the east porch of the Erechtheion. Drawn by G. P. Stevens.

26. Architectonische details van het Erechtheion.

op de Akropolis. Meer dan de andere bouwwerken is het overdadig versierd (figuur 26). Het rondom de tempel doorlopende fries bestond niet uit reliëfs, maar uit los beeldhouwwerk in wit marmer dat tegen een achtergrond van donkere



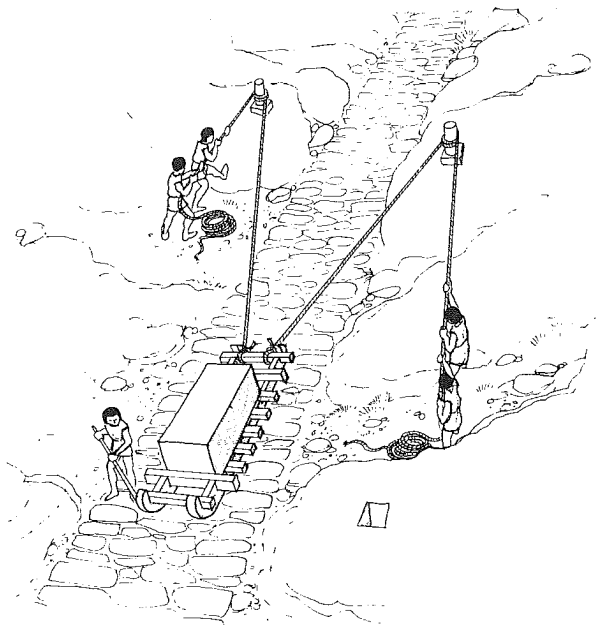
27. De deuropening in de noordportico met details van de omlijsting.

steen was geplaatst. Grondplan en opbouw zijn grillig en beantwoorden aan geen enkele symmetrie. De noordportico steekt aan de westzijde van de hoofdruimte zelfs uit. De lijst rond de deuropening in deze portico is rijk gedecoreerd en uniek in zijn soort (figuur 27). Het enige platte dak is dat van de portico aan de zuidzijde en het wordt gedragen door zes dames in plaats van door zes zuilen. Het verschil tussen de vloerniveaus is extreem. Hoog gelegen zijn de zuidportico en de ingang in het oosten. Veel lager liggen de noordportico en de westzijde. Van welke kant dit heiligdom ook bekeken wordt, telkens is het beeld anders en steeds is het weer even boeiend. Dat is er mede de oorzaak van dat het wat meer moeite zal kosten om zich aan de hand van een plattegrond en enkele opnamen een beeld van het geheel te vormen. De complexe structuur houdt verband met de religieuze functies die het had.

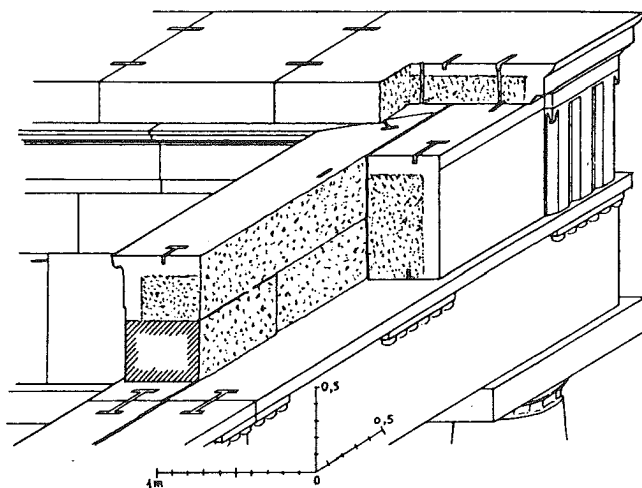
De bouw van een tempel

Van de bouw van een tempel heeft men tegenwoordig een vrij aardig beeld. Zo verschaffen fragmenten van een marmeren plaat met inscripties informatie over de bouwgeschiedenis van het Parthenon.

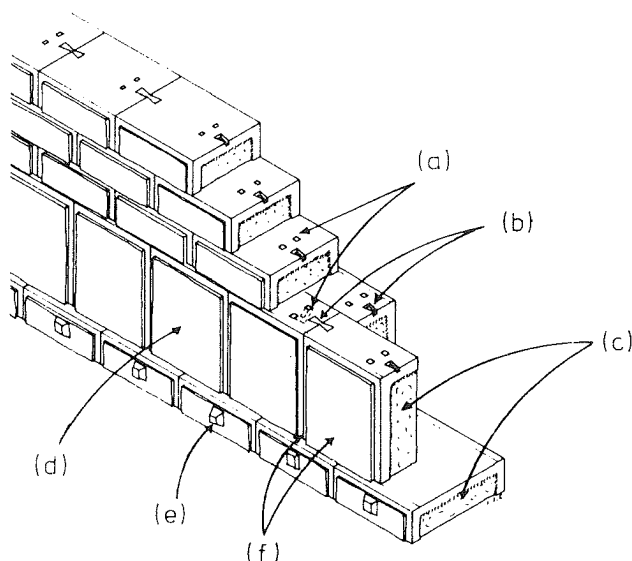
Ook de groeve in de berg Pentelikon is nog altijd goed herkenbaar aan de grote glijbaan waarlangs men op sledes het bouw materiaal hellingafwaarts liet zakken (figuur 28). Dergelijke groeven zijn vaak rijk aan sporen van ontginning en bevat-



28. Reconstructietekening van steentransport via de glijbaan in de groeve.

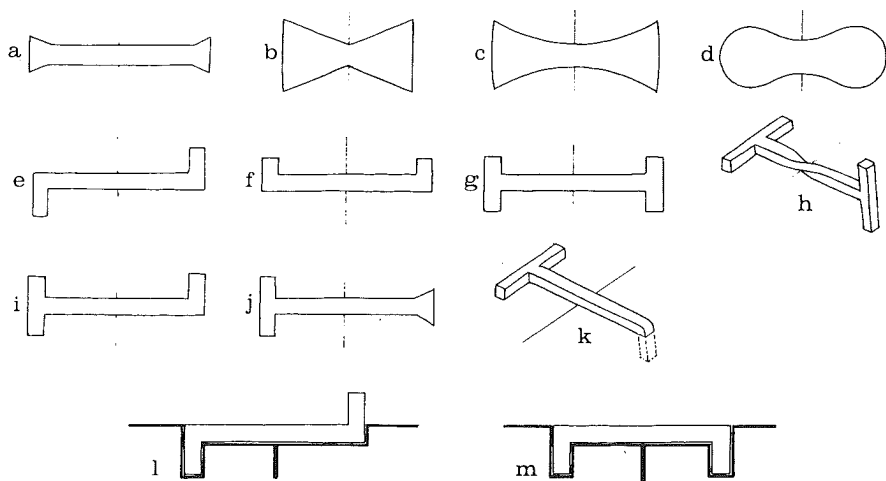


29. Hoekconstructie van een tempel met daken.



30. Muur in droog metselwerk.

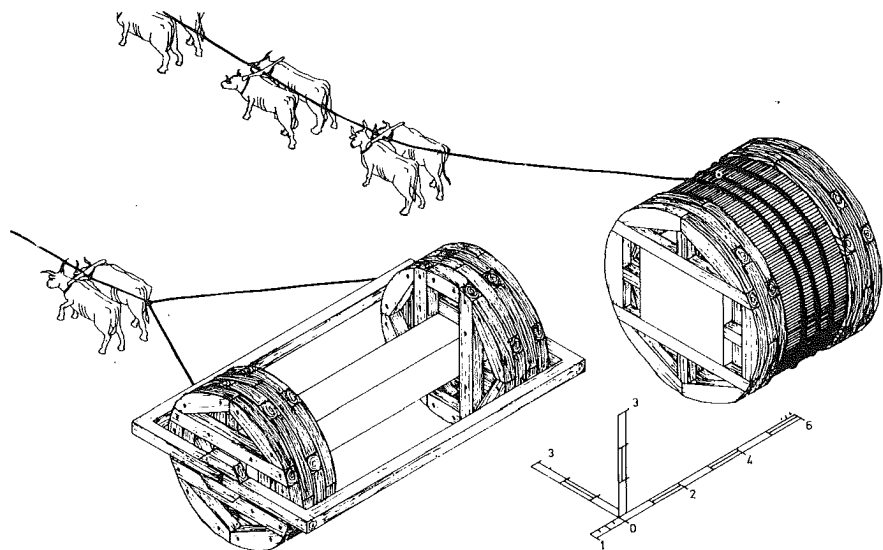
- | | |
|---|---|
| a = v-vormige uitsparing voor takelen | f = afgewerkte verticale naad en niet afgewerkt oppervlak van de steen (anathyrosis). |
| b = uitsparing voor dook | |
| c = dieper weggehakt deel van de zijde die niet in het zicht kwam | Bij de onvoltooide delen van de Propylaeën zijn e en f nog zichtbaar |
| d = staand blok (orthostaat) | |
| e = uitstekende hijsnok | |



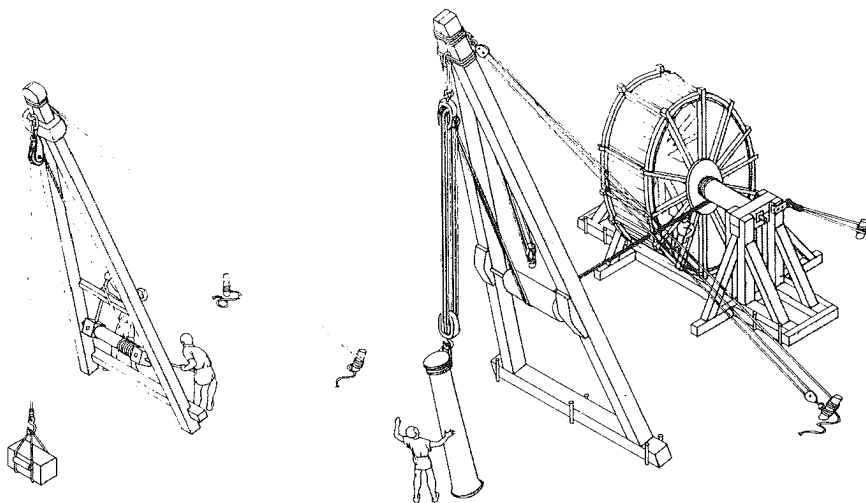
31. Voorbeelden van doken en andere steenverbindingen van metaal.

ten nog veel afgekeurd bouw materiaal. Bouwelementen werden zoveel mogelijk al in de groeve op maat gemaakt, zodat de transportkosten tot een minimum beperkt bleven. Wat half afgewerkt of afgekeurd achterbleef, kan daardoor soms nog aan ons bekende monumenten worden toegeschreven.

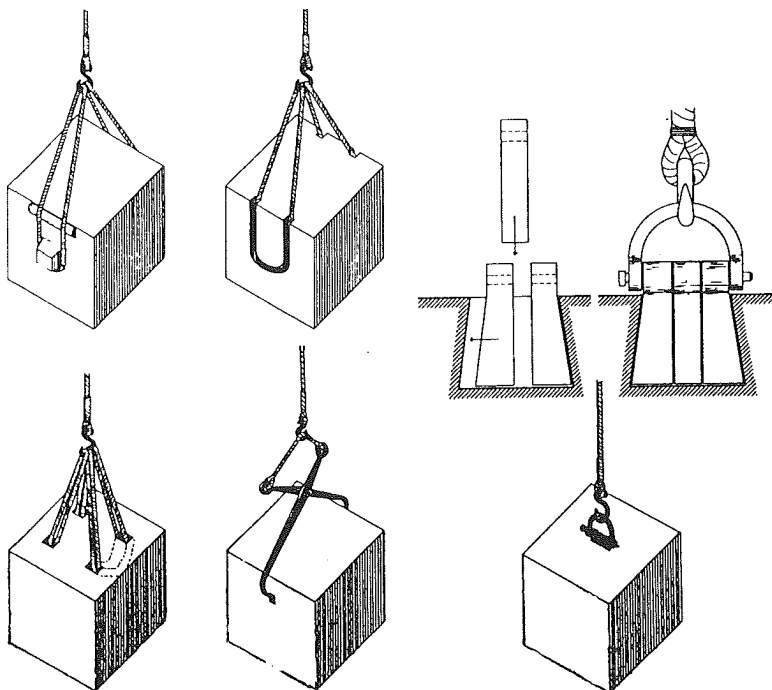
De constructie werd opgetrokken in droog metselwerk (figuur 29, 30 en 31).



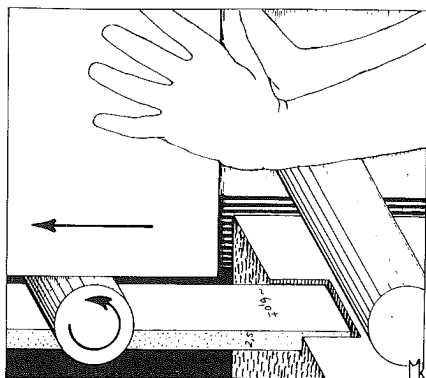
32. Twee voorbeelden van transport van zware steenblokken met behulp van ossenspannen.



33. Voorbeelden van hijswerktuigen uit de oudheid.



34. Enkele manieren om grote blokken steen in de takels te hangen (Parthenon en andere gebouwen).

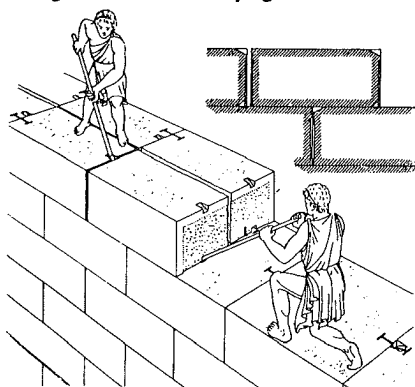


35. *Reconstructie van het materiaaltransport op rollen over openingen in de constructie.*

Onderdelen werden verbonden met behulp van klampen en doken van ijzer, brons of hout. Ijzer werd aan alle zijden ingebed in lood, zodat de klamp vast op zijn plaats zat en het ijzer goed beschermd was tegen binnendringend vocht. Bovendien verleende de loden mantel de nodige souplesse aan de verbinding, waardoor er bij aardschokken niet teveel spanning op het natuursteen kwam te staan. Houten klossen werden met name gebruikt om zuiltrommels te verbinden. Door de naadloze perfectie waarmee de trommels op elkaar passen, is het hout soms tot op de dag van vandaag geconserveerd.

Zware onderdelen werden met ossenspannen naar de bouwplaats getransporteerd en daar op hun plaats getakeld met verschillende hijssystemen (figuur 32, 33 en 34). Andere zware onderdelen van de bovenbouw moesten, nadat ze naar boven waren gehesen, vaak nog in horizontale richting worden verplaatst. Bij onderzoek tijdens de huidige restauratiecampagne kwamen sporen aan het licht van allerlei tijdelijke hulpverbindingen die een dergelijk transport mogelijk moesten maken (figuur 35).

Heel veel gebeurde vanzelfsprekend met de hand zoals het op de millimeter nauwkeurig stellen van de losse elementen en de afwerking ervan (figuur 36). Marmerwerkers trok men speciaal aan van het Cycladeneiland Tinos, ook thans nog vermaard om zijn groene marmer en om de vakkennis van de bevolking.



36. *Het stellen van de bouwelementen.*

Geraadpleegde en/of aanbevolen literatuur

- ♦ J.J. Coulton, *Greek architects at work* (1977)
- ♦ W.B. Dinsmoor, *The architecture of ancient Greece* (1950)
- ♦ W. Dinsmoor jr., *Ancient Athenian Building Methods* (1984)
- ♦ R. Ginouvès en R. Martin, *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine* (1985)
- ♦ G. Gruben, *Die Tempel der Griechen* (1986)
- ♦ A.W. Lawrence (rev. by Tomlinson), *Greek architecture* (1983)
- ♦ D. Robertson, *Handbook of Greek and Roman architecture* (1943)
- ♦ I. Travlos, *Pictorial* (1971)

Met name het boek van A.W. Lawrence is een gedegen en leesbaar werk dat bovendien makkelijk te verkrijgen is (uitgave van Pelican in de serie *The Pelican History of Art*). Het lijvige en zeer fraaie werk van Travlos is in de Engelse editie hier en daar nog te verkrijgen bij De Slegte.

Noten

1. Akropolis is Grieks en betekent: bovenstad of hoog gelegen deel van de stad. Veel Griekse steden hebben een Akropolis, al is die van Athene zeker de bekendste.
2. De belangrijkste gebeurtenis in het neolithicum is de 'ontdekking' van het boerenbedrijf: voedsel wordt niet meer uitsluitend verzameld in de vrije natuur, maar in toenemende mate in eigen beheer geproduceerd door middel van akkerbouw en veehouderij: de mens leert de natuur beheersen. Kenmerkend zijn de vele uitvindingen die ermee samenhangen, zoals die van keramiek en al spoedig ook metallurgie.
3. Dark slaat meer op onze kennis van deze periode dan op het levenspeil ervan, al is van enige welstand nog geen spoor gevonden.
4. De macht was in handen van een kleine groep aristocraten.
5. Propylaeën betekent letterlijk: de gebouwen voor de poort; het is de aanvankelijk eenvoudige, maar later niet zelden zeer monumentale toegang in de omheining van een tempel terrein. Net als de Akropolis zijn de Propylaeën dus geen specifiek Atheens verschijnsel, maar algemeen Grieks.
6. Parthenos betekent: maagd. De Atheners vereerden Athena in verschillende hoedanigheden, onder andere als stadsgodin (Athena Polias), als krijgsgodin (Athena Promachos), als godin van nijverheid en kunst (Athena Ergane). Haar maagdelijkheid slaat mogelijk op haar 'moederloze' geboorte uit het hoofd van haar vader Zeus.
7. Het Perzenuin staat thans opgesteld in het museum op de Akropolis.
8. De goden werden aanvankelijk op heilige plaatsen in de open lucht vereerd en de tempel is een latere toevoeging daaraan. Ook andere gebouwen en zaken, zoals zuilengalerijen (stoa's), schathuizen, altaren en wijstenen konden van een heiligdom deel uitmaken. De grenzen van het heilige terrein waren nauw bepaald en aangeduid met 'grensstenen'. Op de Akropolis,

waar meerdere heiligdommen een plaats hadden, waren de grenzen nogal eens onderwerp van felle twisten tussen de verschillende priesterschappen, die zelfs in rechtszaken konden uitmonden.

9. Cella is Latijn voor het Griekse naos, de eigenlijke tempel waar de godheid lijfelijk aanwezig is in de vorm van een cultusbeeld.
10. Pronaos betekent letterlijk: de ruimte die voor de tempel (naos) komt. Griekse tempels waren georiënteerd, wat wil zeggen dat ze met de ingang op het oosten (= oriënt) gericht waren.
11. Hoewel harde bewijzen voor deze stelling ontbreken, zijn er zoveel aanwijzingen, dat aan de juistheid ervan over het algemeen niet meer wordt getwijfeld.
12. Het Griekse woord voor architraaf is epistylon; balk op zuilen. Archi- in architraaf is Grieks voor: voornaamste. -traaf komt van het Latijnse trabs; balk. Het woord betekent dus hoofdbalk en is waarschijnlijk een van de vele Grieks-Latijnse maaksels uit de Renaissance.
13. Trigrief betekent letterlijk: driesnede, wat duidelijk op de vorm ervan slaat.
14. Metope betekent letterlijk: middenopening (namelijk tussen de trigriefen). Mogelijk diende het aanvankelijk voor het doorlaten van de daksparren.
15. Omdat de architraaf om stabiliteitsredenen altijd recht boven de zuilas ligt, is de afstand waarover het trigrief verplaatst wordt gelijk aan de helft van het verschil in breedte tussen architraaf en trigrief, dus $(a-t)/2$, waarbij a = architraafbreedte en t = trigriefbreedte.
16. Dat architecten hun vernuft op dit probleem botvierden, blijkt wel uit de vele alternatieve oplossingen die uitgetoet werden: verbreding van het hoektrigrief, verbreding van de eerste metope, verkleining van de eerste twee zuilafstanden (dubbele hoekcontractie), geleidelijke verbreding van meerdere metopen of een combinatie hiervan.
17. Het hoektrigrief werd 47,7 cm naar buiten geplaatst, de hoekzuil echter 61,5 cm naar binnen.
18. De lengte kwam daarmee op zeventien zuilen, op grond van de regel dat het aantal zuilen van de zijgevel gelijk moest zijn aan het dubbele aantal van de voorgevel plus één. Bij een voorgevel met zes zuilen zou de zijgevel dus dertien zuilen lang geweest zijn. Overigens is deze regel van vrij late datum en werd er herhaaldelijk van afgeweken.
19. De verhouding tussen zuildiameter en zuilafstand is bij het Parthenon $1:2,25 = 4:9$. De tempel van Hephaistos in Athene, waaraan ongeveer tegelijkertijd werd gewerkt, heeft een verhouding van $1:2,54$.
20. Hoogte en lengte van de zijgevels verhouden zich dan noodgedwongen als $16:81$, het kwadraat van $4:9$.

Verenigingen en organisaties, momenteel actief op technisch/historisch gebied



TECHNISCH TENTOONSTELLINGSCENTRUM (TTC)

Een dienst van de Technische Universiteit Delft, die zich onder meer bezighoudt met het organiseren van educatieve tentoonstellingen om inzicht te geven in recente dan wel historische en/of technische ontwikkelingen en hun maatschappelijke gevolgen.

Expositiezaal: tijdelijk gesloten. *Kantoor:* Rotterdamseweg 139a, 2628 AL Delft.



HISTECHNICA

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 het verleden, heden en toekomst en zijn maatschappelijke gevolgen.

Secretariaat: ir. J. van Elk, Populierendreef 16, 3137 CW Vlaardingen.



AFDELING VOOR DE GESCHIEDENIS DER TECHNIEK VAN HET KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS (KIVI)

Deze afdeling stelt zich ten doel de belangstelling voor de geschiedenis van de techniek te bevorderen door het organiseren van voordrachten, excursies en symposia.

Secretariaat: ir. J. Deiman, p/a Universiteitsmuseum Utrecht, Postbus 13021, 3507 LA Utrecht.



STICHTING TECHNISCH-HISTORISCHE VERZAMELIGEN (STHV)

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 exposities) te komen.

Secretariaat: Alphons Ariënstraat 15, 2307 VJ Haarlem.



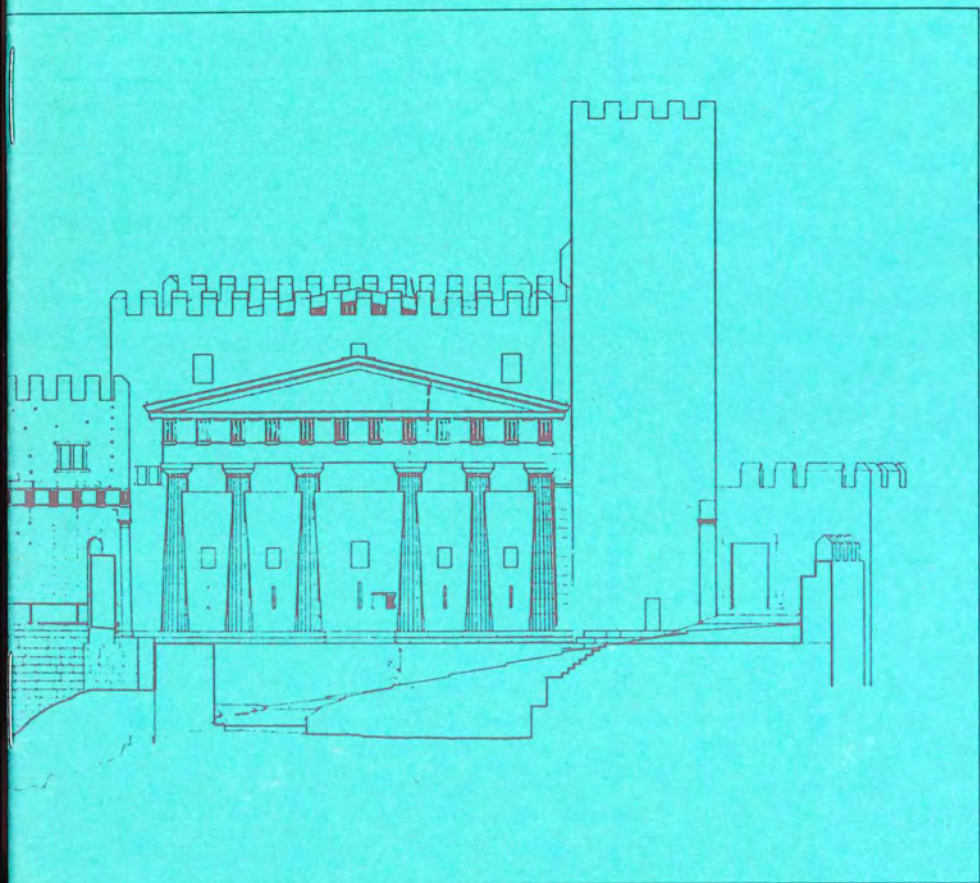
SECTIE TECHNISCHE MUSEA VAN DE NEDERLANDSE MUSEUMVERENIGING (STM)

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

Secretariaat: drs. C.E.L. Paul, p/a Rijksmuseum Nederlands Scheepvaartmuseum, Kattenburgerplein 1, 1018 KK Amsterdam.

histechnicon

orgaan van Histechnica: de 'vereniging vrienden van het technisch tentoonstellingscentrum' te Delft



2a

H. Bouwman

2

Water - Ons een zorg

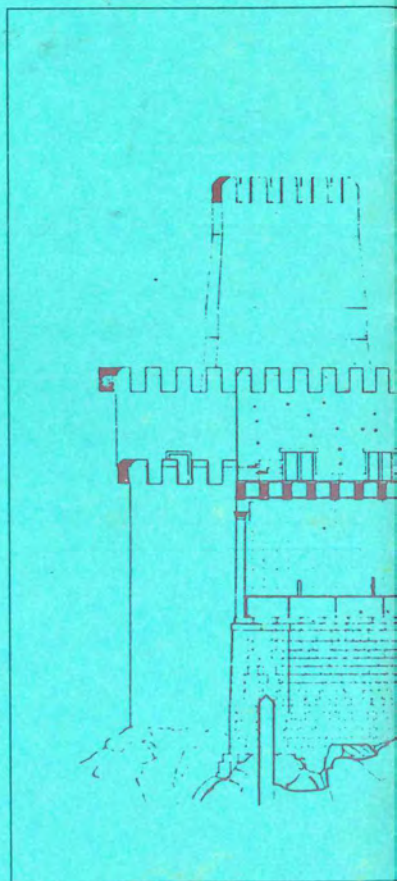
H.-J. Sprokholt

20

De Akropolis. Twintig eeuwen
geschiedenis

17

De Akropolis te Athene. De propylaeën
verbouwd tot bastion, vooraanzicht.



histechnicon

16
15 (1990) 4



een uitgave van

vereniging

Vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum
te Delft

in samenwerking met

Stichting Technisch-Historische Verzamelingen (STHV)

ISSN 0922-1018



correspondentie-adres

Populierendreef 16, 3137 CW Vlaardingen

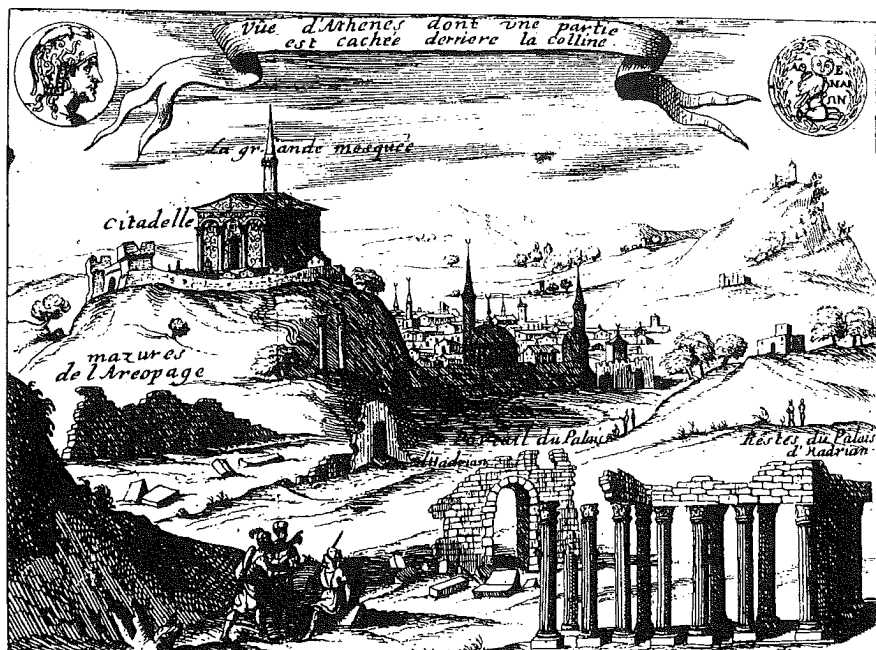
Erratum

Door een abuis zijn in het vorige nummer van Histechnicon (nr. 4 van Jaargang 16, december 1990) de afbeeldingen op de bladzijden 11 en 26 met elkaar verwisseld.

Op dit vel papier zijn die afbeeldingen opnieuw afgedrukt. Zogewenst kunt u deze over de fout geplaatste afbeeldingen heen plakken.



Dijkdoorbraak in de 18e eeuw; de waterkering vereist voortdurende waakzaamheid.



Het Parthenon als moskee.

Water — Ons een zorg

H. Bouwman

oud plaatsvervangend secretaris-rentmeester van het hoogheemraadschap van Rijnland,
oud secretaris-penningmeester van de Zuidhollandse Waterschapsbond en thans
secretaris van De Nederlandse Gemalenstichting

Het bewonen van Nederland kenmerkt zich door een paradox: de strijd tegen het water en de strijd om het water. We leven er in weerwil van het water en begunstigd door het water. Als er ooit sprake is van een haat-liefdeverhouding dan hier! Wie het water deert, die het water keert, maar wie het deert en keert het ook beheert.

Water — Ons een zorg! Niet uitgesproken op een toon die en met een gebaar dat onverschilligheid uitdrukt, maar met de klemtoon op zowel 'ons' als 'zorg' in de zin van 'gezamenlijk bevreesd zijn voor' en 'gezamenlijk bezorgd zijn om'.

Zolang er sprake is bewoning van onze lage landen is er sprake van een gemeenschapstaak, waaraan geen zich kan onttrekken. Van meet af aan werd deze zorg georganiseerd in wat tot op de dag van vandaag het waterschap heet. In deze benaming ligt de strijd tegen het water en de strijd om het behoud van het water verborgen: waterschappen scheppen land uit water, door het te omringen met kaden en dijken en het overtollige water daar uit te scheppen, en herscheppen het water tot ons waardevolste bezit. Holland zonder water is even rampzalig als Holland onder water.

Het is onmogelijk hier een volledig beeld te geven van deze zorg door de eeuwen heen. Het verhaal leent zich beter voor een voordracht aan de hand van kaarten en foto's dan voor een beknopt artikel als dit. Wat nu volgt is dan ook slechts een samenvatting van een verhalende voordracht, gehouden op zaterdag 21 april 1990 voor Histechica.

De wording van het land

West-Europa had vóór de ijstijd een subtropisch klimaat. De zeestand moet toen meters hoger zijn geweest dan nu. Van Nederland, laat staan van Holland, was nog geen sprake; de kustlijn lag ter hoogte van Bonn, Luik en Antwerpen, waar respectievelijk de Rijn, de Maas en de Schelde hun uitmonding hadden. Tijdens de zogeheten derde ijstijd groeide het poolijs sterk aan. De zeespiegel daalde tot ongeveer 60 m beneden het huidige niveau, waardoor de kustlijn honderden kilometers westelijk van onze huidige kust kwam te liggen. Engeland behoorde tot het vasteland. De Rijn, de Maas en de Schelde zochten over de droog geworden Noordzee hun weg, namen de Theems in zich op en stroomden gezamenlijk ten noorden van de Doggersbank in zee uit.

Ook deze situatie bleek geen bestendige. De temperatuur in dit deel van de wereld steeg geleidelijk, waardoor het ijs ging smelten en het zeepeil een vijftig-tal meters steeg en de zee haar plaats hernam. De Noordzee wrong zich tussen wat nu Engeland en Nederland is en kreeg van het noorden naar het zuiden gezien haar trechtervorm, die daardoor mede bepalend zou worden voor de gevolgen van de stormvloed in 1953.

Het zeeniveau stijgt nog steeds. Dat proces zal ons nopen de zeewering en rivierdijken te verhogen en te versterken. Waar mogelijk zullen de zeearmen door al of niet beweegbare kunstwerken moeten worden afgesloten.

De krachtige vloedstroom, die een gevolg was van de tussen de rotsen van Dover en Bretagne gevormde nauwe verbinding tussen de Noordzee en de Atlantische Oceaan, en de branding van de toen nog ondiepe Noordzee hebben geleid tot het ontstaan van een langgerekte zandtong, die wij als onze natuurlijke duinenkust kennen. Achter deze zandtong moet zich een stelsel van strandmeren hebben gevormd. Hierin mondden de rivieren uit die werden gevoed met het water van de gesmolten ijskap op het hoger gelegen achterland en die in de strandmeren een dikke kleilaag lieten bezinken. Op deze wijze vormde zich een zoetwatermilieu, waarin zich waterplanten konden ontwikkelen, die na afsterving een veenlaag vormden en die het stelsel van strandmeren deden verlanden en het Hollandse en Utrechtse veengebied deden ontstaan. De Rijn voerde haar water af in de strandmeren ter hoogte van Katwijk en Noordwijk.

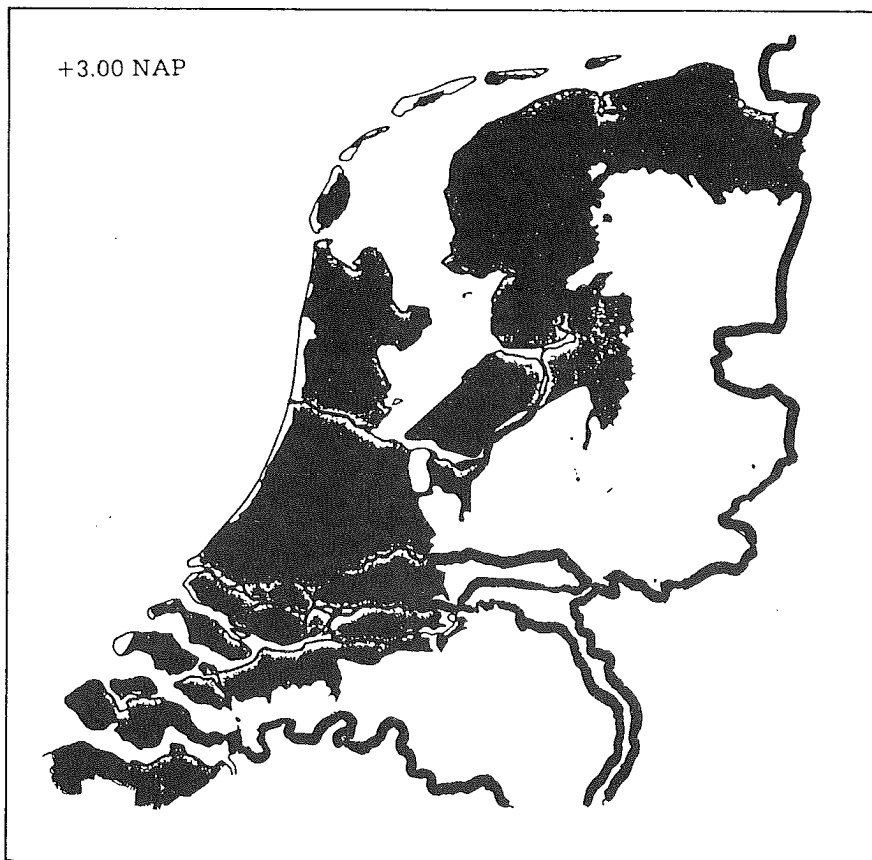
De verlanding van de strandmeren, maar ook de transgressie (verschuiving van de kustlijn) als gevolg van de eerder genoemde stijging van het zeeniveau, gepaard met sterke westelijke winden, deden de Rijnmond dichtslibben. De mede daardoor ontstane talrijke overstromingen hebben landinwaarts geleid tot afkalving van gronden, waardoor grote binnenmeren ontstonden; een stelsel van meren waaruit uiteindelijk het Haarlemmermeer en het Flevomeer (de latere Zuiderzee) zijn voortgekomen. De afvoer van de Rijn vond van die tijd af in noordelijke richting plaats, hetgeen de aanzet heeft gevormd voor de ontginning van de streek ten noorden van de Rijn.

De ontginning van het leefgebied

Na de aftocht van de Noormannen, omstreeks het jaar 1000, groeide de bevolking snel. De landbouwmethoden werden verbeterd; het wilde-gras-stelsel ging over in het drieslagstelsel. De bevolkingstoename en de verandering in de landbouw betekenden een behoefte aan meer land. Land dat op de woeste gronden moest worden veroverd. De van oudsher bewoonde geestgronden achter de duinen raakten overbevolkt, hetgeen velen dwong om naar de ten oosten daarvan liggende gebieden te verhuizen.

In dit kader wordt volstaan met te vermelden dat de ontginning zich begon te voltrekken vanuit de nederzettingen die door de kolonisten langs de oevers van de Rijn en andere rivieren werden gevormd. Daarbij werd het grondbezit achterwaarts uitgebreid door de erven landwaarts op te strekken.

Het eerder door de overdadige bosbegroeiing aan de grond onttrokken water moest na de ontginning door gegraven sloten versneld worden afgevoerd. Waar

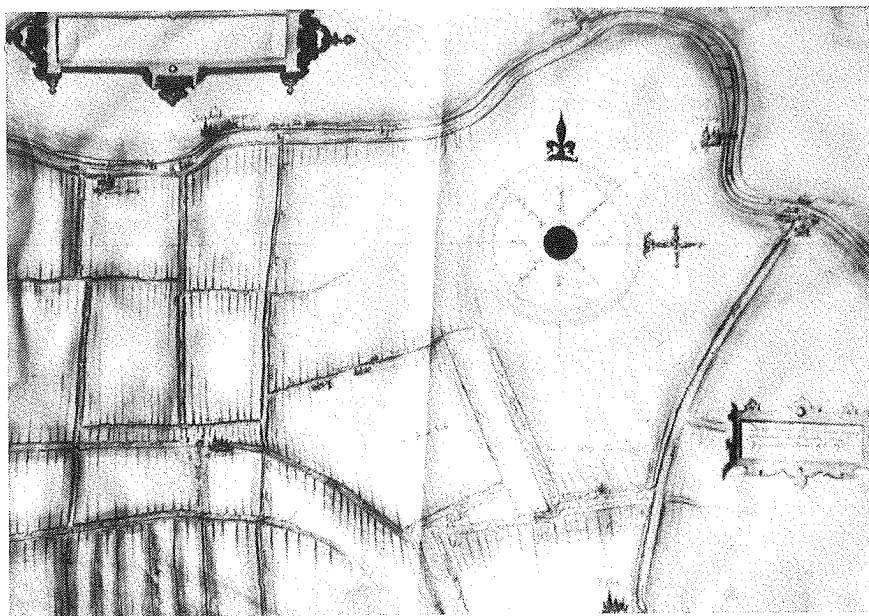


Nederland zonder waterkeringen.

... dan is mijn land geen Holland meer, al staat het op de kaarten.

nodig werden de nog afzonderlijke akkers door dijkjes tegen grondwater uit het omliggende, nog niet ontgonnen land beschermd. De aldus min of meer kunstmatig ontwaterde veenbodem droogde snel uit, hetgeen nog werd versterkt door de zonnewarmte, die door het ontbreken van de weggekapte dichte begroeiing tot op de oppervlakte kon doordringen. Waar het land werd geploegd, werd de bodemdaling bevorderd door oxydatie van de bovengrond. Het gevolg was een gaandeweg hol liggend land, waaruit het door regen en hoge rivierstanden te veel aan water niet meer langs natuurlijke weg tot afstroming kwam.

De vele woudnamen in de Rijnstreek herinneren aan de ontgonnen bossen: Hazerswoude, Zoeterwoude, Rijnsaterwoude, Oudshoorn (oud = hout; hoorn =

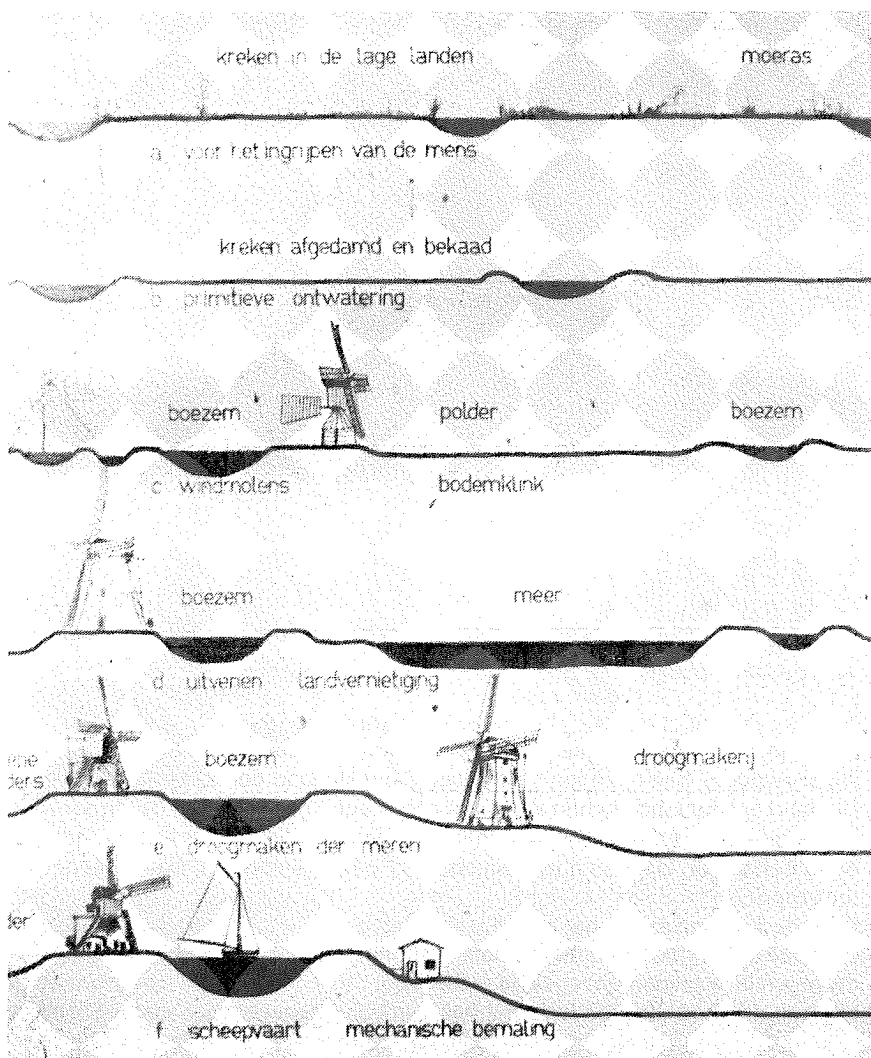


Land, verkaveld door sloten; ontginningspatroon langs de Oude Rijn, waar Holland gestalte kreeg.

bocht in de rivier: houtbocht), Woudwetering, Esselijkerwoude, Woubrugge, Jacobswoude. Aan deze houthouderij ontleent Holland ook zijn naam: Holland = Holtland = Houtland. Achter deze beboste veengronden lagen de armere, nog hoger gelegen veengronden, die in tweede instantie in cultuur werden gebracht en te herkennen zijn aan hun veennamen: Roelofarendsveen, Nieuwveen, Wadinxveen.

Door de toeneming van het aantal kolonisten vormden zich gemeenschappen en ontstond langzamerhand de behoefte aan regulering. De landsheer zag zich gedwongen in te grijpen en regels te geven voor de ontginning. Uit een bewaard gebleven oorkonde uit 1063 blijkt het bestaan van de gemeenschappen Esselijkerwoude, Rijsaterwoude en Leimuiden. In Zoetermeer, Aarlanderveen en Oudshoorn werd belasting betaald voor het onderhoud van de graaf en zijn gevolg tijdens zijn rondreis om recht te spreken (het geboden ding te houden); een belasting die onder de naam 'botting' bekend is geworden. Met deze, naar rato van het ontgonnen landoppervlak geheven belastingen hangt de regulering van de ontginning zelf samen, en wel door middel van uitgiftebrieven door of vanwege de landsheer. Al snel vormden zich in de gaandeweg tot ambachten uitgegroeide gemeenschappen bestuurders, ambachtsheren, die namens de grafelijke landheer optraden bij het regelen van de verdergaande ontginningen.

De oudste bekende uitgiftebrief dateert uit 1106 en daaruit blijkt dat de ontginningen sedertdien aan afmetingen werden gebonden. Deze regulering zou het



Van wildernis tot woongebied: fasegewijze verlopen ontginning van Holland.

latere aanzicht van de Rijnstreek – of beter gezegd van de Hollands-Utrechtse laagvlakte – gaan bepalen. Met een rivier, een gegraven watergang, een weg of dijk als basis ontstonden percelen van nagenoeg gelijke diepte van zes of twaalf voorlingen (een voorling is één voor lang: een niet overal gelijke, maar naar grondsoort verschillende lengte die bij het ploegen werd aangehouden). Dat kwam overeen met ongeveer 360 à 720 roe. Als perceelbreedte werd steeds 30

roe aangehouden. Op die wijze ontstonden kavels van, volgens huidige maten, ongeveer 100 bij 1250 à 2500 m.

In de uitgiftebrieven werden ook de rechten en verplichtingen van de ontginners aangegeven. Reeds in de 13e eeuw was daarbij aantoonbaar sprake van 'cope' (koop). Met dit begrip werd ook het land aangeduid waarop de uitgiftebrief betrekking had, hetgeen vooral voortleeft in plaatsnamen als Nieuwkoop, Boskoop, Vriezkoop en Papeko(o)p. De naam Vriezkoop herinnert bovendien aan de relatie met de Friezen en via hen aan de drooglegging van de Bremer Marschen. Het ook in Friesland voorkomen van plaatsnamen met 'koop' (Oldeberkoop bijvoorbeeld) bevestigt dit. Ook nog verder landinwaarts – in de Vijfheerenlanden en tegen het Utrechtse – wordt deze naam en kavelvorm teruggevonden (Hei- en Boesicop). Weliswaar had de uitgifte een met koop en verkoop verwant karakter (de ontginner kreeg het land in bezit), maar daarbij werd een jaarlijks te betalen bedrag vastgesteld naar rato van het oppervlak als erkenning van het gezag van de landsheer. Ook zag men zich tot heer- en landvaart verplicht, dat wil zeggen de plicht tot militaire dienst en de plicht tot het in tijd van nood deelnemen aan de collectieve verdediging van het land tegen overstroming (dienst in het dijkleger). Nadat er in een later stadium een algemeen herkenbaar en alom erkende staatsorde was gegroeid, werd de tijsverplichting bij wijze van grondbelasting omgezet in pacht, erhuur en erfpacht.

Onder 'cope', 'copp' of 'cop' dient de wijze van gronduitgifte ten dienste van ontginning te worden verstaan. De vraag die zich daarbij voordoet, is wie tot uitgifte bevoegd was. Met andere woorden wie in eerste instantie rechten op de wildernissen kon doen gelden. Rechten en bevoegdheden van de Frankische of middeleeuwse koningen worden regalen genoemd, vandaar dat er sprake is van wildernisregalen. Er is geen andere aanwijzing dan dat deze regalen in handen waren van de tot eigen landsheren ontwikkelde leenmannen van de koning-/keizer van het Heilige Roomse Rijk, waarvan Holland en Utrecht deel uitmaakten. In oude gewesten waren dat in Holland de graaf en in het Sticht (Utrecht) de bisschop, die ook wereldlijke bevoegdheden had. Hun aldus verworven beschikingsmacht over de wildernissen gaf hun de vrijheid wildernisregalen in leen uit te geven. Dit waren niet zelden uitgestrekte gebieden, waarbinnen zich plaatselijke gemeenschappen of ambachten vormden.

Gemeenlijk behield de graaf zich slechts de organisatie van de hoge rechtspraak in dat gebied voor, benevens een gedeelte van de hoge boeten. De grafelijke of bisschoppelijke leenman, die zich in het eigen leengebied als leenheer gedroeg, had met het leen alle overige rechten verworven, inclusief die van het uitgeven van gronden ter ontginning. Hij handhaafde zijn verworven gezag en tiendrecht (de bevoegdheid aan onderdanen lasten op te leggen) door tussenkomst van door hem benoemde ambachtsheren of schouten, waarmee een stelsel van achterlenen werd geïntroduceerd.

Naarmate de ontginningen stap voor stap toenamen en zich aaneensloten, groeide als vanzelfsprekend het aaneenrijgen van de particuliere bedijkingen: langs de rivieren als hoofdwaterkeringen en elders langs de aangrenzende, on-

ontgonnen veengronden als binnendijken. Zo vormde zich in samenhang met de eerder genoemde vaste maten voor de kavels een landpatroon dat nog tot op de huidige dag in het Rijnlandse gebied op vele plaatsen zichtbaar is, voor zover dat niet door latere uitvening of door nog latere landinrichting verloren is gegaan. Voorbeelden hiervan zijn de strokenverkavelingen onder Woubrugge, Leimuiden, Rijsaterwoude en Kudelstaart, als ook de opstreckende erven onder Leiderdorp en Koudekerk.

Het landschap is daardoor een cultuur-historisch monument op zich, dat evenwel in onze tijd ernstig wordt aangetast door de economisch bepaalde drang naar doelmatiger bedrijfsvoering in landbouw en veehouderij en de daarmee gepaard gaande ruilverkaveling. Het verdient alle aanbeveling met dit cultuur-historische aspect van het landschap bij de landinrichting rekening te houden door de typische voorbeelden van ontginningspatronen te ontzien.

De eerste beheersvormen hadden de aaneengegroeide, aanvankelijk voor elke hoeve afzonderlijk aangelegde omkadingen tot onderwerp. Zij vormden gaandeweg de latere doorgaande dijken. Wellicht is de Wendeldijk, langs de noordelijke beëindiging van de ontginningen ten noorden van de Oude Rijn, daarvan een voorbeeld. Deze dijk zou de kering hebben gevormd tegen het drangwater uit het noordelijk ervan gelegen, niet ontgonnen en dus hogere gebied dan wel uit het daar gelegen merencomplex. Deze Wendeldijk zou een ring hebben gevormd die door een 24-tal ambachten in de Rijnstreek werd onderhouden. Deze 24 ambachten losten hun overtollige water op de Oude Rijn, waarvan het water door de directe afvoer naar zee in noordelijke richting moest worden afgevoerd en waartoe onder andere de Doeswatering werd rechtgemaakt en de Heimans-, Woud- en Oudewatering werden aangelegd. Duidelijk is dat er een samenwerkingsverband van ambachten op het vlak van de waterstaatszorg was en dat dit 'waterschap' mitsdien van onderaf van de reeds gevormde gemeenschappen uit is ontstaan vóórdat in de tweede helft van de 12e en in de 13e eeuw de graaf van Holland zich in ruimer regionale zin met deze zorg zou gaan inlaten. De enigen die tot bovenlokaal ingrijpen in staat moesten worden geacht, waren de landsheren. Voor Holland derhalve de graaf.

Het ontstaan van het waterschap

Het graafschap Holland en het bisdom Utrecht waren delen van het Duitse rijk. Graaf Floris III beseftte dat afgrenzeling van zijn territoire voor water van buitenaf geboden was. De maatregel die hij daartoe nam, was een stoutmoedige en naar zou blijken eigenmachtige. Hij meende in zijn gewest sterk genoeg te staan om eigenmachtig te kunnen besluiten tot het afdammen van de Rijn op de grens (Zwet of zwade = Svadeburg) tussen zijn gebied (Holland) en dat van de Stichtse (Utrechtse) bisschop Godefrid. Verzet van laatstgenoemde tegen deze Svadeburgerdam (Zwammerdam) kon niet uitblijven; het water uit zijn gebied kon immers niet meer worden afgevoerd, met alle overstromingsgevolgen in het Stichtse gebied van dien. De bisschop beriep zich op de keizer, Frederik Barbarossa I, die op een hofdag te Nijmegen in 1165 uitsprak dat de dam moest

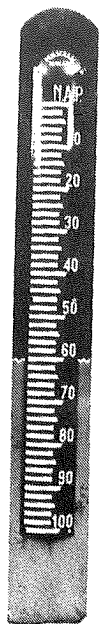
(worden weggenomen en de afwatering van het Utrechtse landdeel op de Hollandse Rijn vrij moest blijven.

Het keizerlijk besluit viel geheel ten gunste van Utrecht uit doordat er tegelijkertijd toestemming werd gegeven om een afwateringskanaal uit het gebied ten oosten van Utrecht te graven en een eerdere afdamming van de Rijn bij Wijk bij Duurstede te handhaven. Daarmee werd het Stichtse gebied afgegrensd voor water uit het oostelijk daarvan gelegen achterland en werd de afvoer van eigen overtollig water naar Holland verzekerd, ondanks de daaruit voortvloeiende gevolgen in Holland.

De verhouding tussen de Utrechtse bisschop en de Hollandse graaf zal er niet beter op zijn geworden. De kort daarop uitgebroken oorlog tussen Utrecht (met Brabant) en Holland (met Gelre) liep voor Holland niet best af. Bij de in 1202 gesloten vrede maakte de bisschop daarvan gebruik door de medewerking van Holland af te dwingen voor de verbetering van de waterafvoer uit het Sticht via Holland naar het Leidse (of Haarlemmer)meer, het Spaarne en het IJ. De Hollandse graaf verplichtte zich de Svadeburgerdam definitief te slechten en gaf Utrecht het recht door zijn gebied een drietal kanalen te graven.



Frederik Barbarossa I, keizer van het Heilige Roomse Rijk.



Het alles beheersende waterpeil . . . ons een zorg.

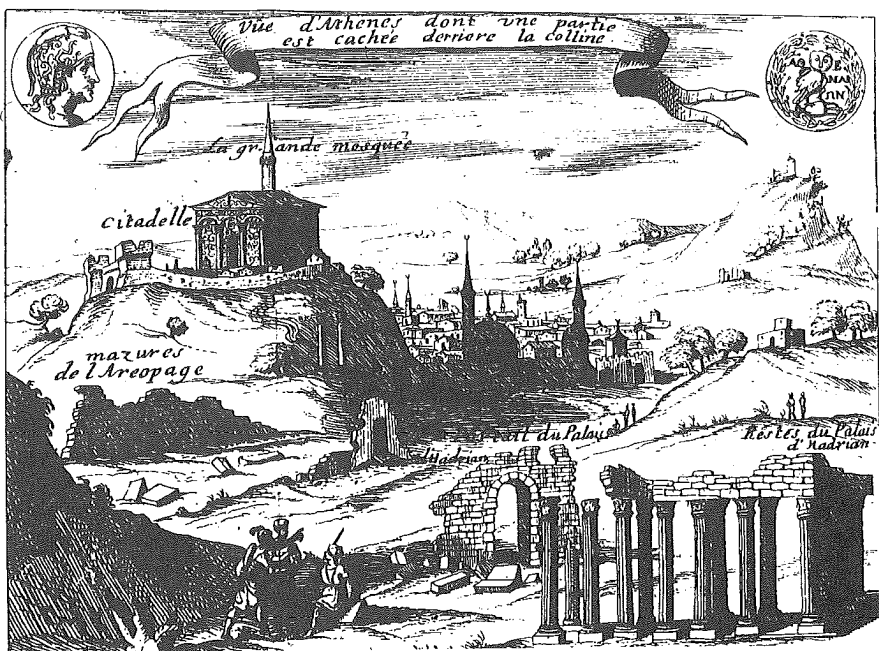


De Kolksluis in Spaarndam: beschermd dorpsgezicht.

De gezaghebbende rechtsgeleerde en historicus prof.dr. H. van der Linden wijst als deze drie kanalen aan: de Heimanswetering onder Oudshoorn, de in het verlengde daarvan liggende Woudwetering onder Woubrugge en de Goch of Goog onder het latere Roelofarendsveen. De Goog zou later vervangen zijn door de Oude Wetering tussen het toen vergrote Braassemermeer en het Leidse (of Haarlemmer) Meer. Door anderen wordt ook wel de Rijpwetering(sevaart) met deze regeling in verband gebracht.

Op de plaats van de Svadeburgerdam heeft tot 1965 een brug gelegen die door de waterstaatkundige beheerders van Holland (het hoogheemraadschap van Rijnland) en van Utrecht (het Groot-Waterschap van Woerden) gezamenlijk werd onderhouden; een bewijs van gezamenlijk belang. Bij de vervanging van die brug door een wat verderop gelegen ruimere, provinciale brug werd de Svadenburger- of Zwammerdam gemarkeerd door een beeld van Frederik Barbarossa I, ter herinnering aan zijn ingrijpen in 1165.

Het bewind van graaf Willem I (1203-1222) kenmerkt zich door de ontwikkeling van de ambachten en de zorg voor de waterstaat. Hij is het geweest die in 1220 met de nieuwe bisschop van Utrecht, Otto van Lippe, afspraken maakte over het door Holland uitbouwen van de eerder genoemde Wendeldijk tot een doorgaande waterkering en het daarin voor gezamenlijke rekening maken en onderhouden van een aantal uitwateringssluizen. Met deze afspraak verwierf Utrecht zich betekenisvolle invloed in Holland. Deze overeenkomst regelde niet meer dan de waterafvoer op het Leidse Meer, het merencomplex tot aan het IJ (het latere Haarlemmermeer), dat voor de ontginningen een reëel gevaar opleverde. Ter be-



Dijkdoorbraak in de 18e eeuw; de waterkering vereist voortdurende waakzaamheid.

teugeling hiervan werd in dezelfde regeringsperiode de Spaarndam aangelegd, voorzien van uitwateringssluizen, die op basis van dezelfde afspraken werden onderhouden. Tot op de huidige dag houdt een aldaar door het Groot-Waterschap van Woerden (= Utrecht) onderhouden uitwateringssluis de herinnering daaraan levend.

Het Hollandse belang bij het onderhouden van deze Spaarndam wordt eens te meer duidelijk uit een door Willem II, de tot Rooms koning gekozen graaf van Holland, nagelaten handvest uit 1255 (een jaar voor zijn dood in de strijd tegen de opstandige Westfriezen, waardoor hij niet aan het keizerschap is toegekomen). In dat handvest kwam hij de facto terug op een door hem aan de stad Haarlem gegeven vergunning een schutsluis te leggen in de Spaarndam(merdijk). Hij verbond zich nu in die dam (dijk) geen sluis te doen leggen of iets te laten verrichten met betrekking tot de Spaarndam, met de daaraan aansluitende Zijdwinde tot aan de Zeedijk onder Amsterdam, en met betrekking tot de Zwammerdam dan "in overleg en met instemming van 'de' gemenelandsraadslieden, die heemraden worden genoemd." Zowel de vermelding van 'de' raadslieden als de toevoeging 'die heemraden worden genoemd' wijst erop dat er al een lokaal gevestigd bestuur over de dijk was en dat de dijk dus voordien moet zijn aangelegd.

Het is Floris V (1256-1296) geweest die, nadat de Spaarndam(merdijk) tussen 1255 en 1284 het had begeven, krachtig ingreep en regelingen trof die leidden tot een door hoogwaterkeringen omsloten gebied. Dit gebied omvatte nagenoeg het gehele huidige territorium van het hoogheemraadschap van Rijnland. Uit een bewaard gebleven handvest van 1286 blijkt dat hij regelingen trof over de opvolging

van de heemraden tot bestuurders over waterstaatszaken met rechterlijke en wetgevende bevoegdheden. Daartoe kregen zij 's-graven ban (rechtsmacht) ter beschikking en konden zij aan overtreders van ver- en geboden de hoogste straffen opleggen op vordering van de baljuw. Deze rechtsvorderaar werd daartoe tot dijkgraaf benoemd. De graaf hield daarmee het oppertoezicht, zowel door een door hem benoemde baljuw de leiding van het bestuur te geven als door zich de beëdiging voor te behouden van de in eerste instantie gekozen heemraden.

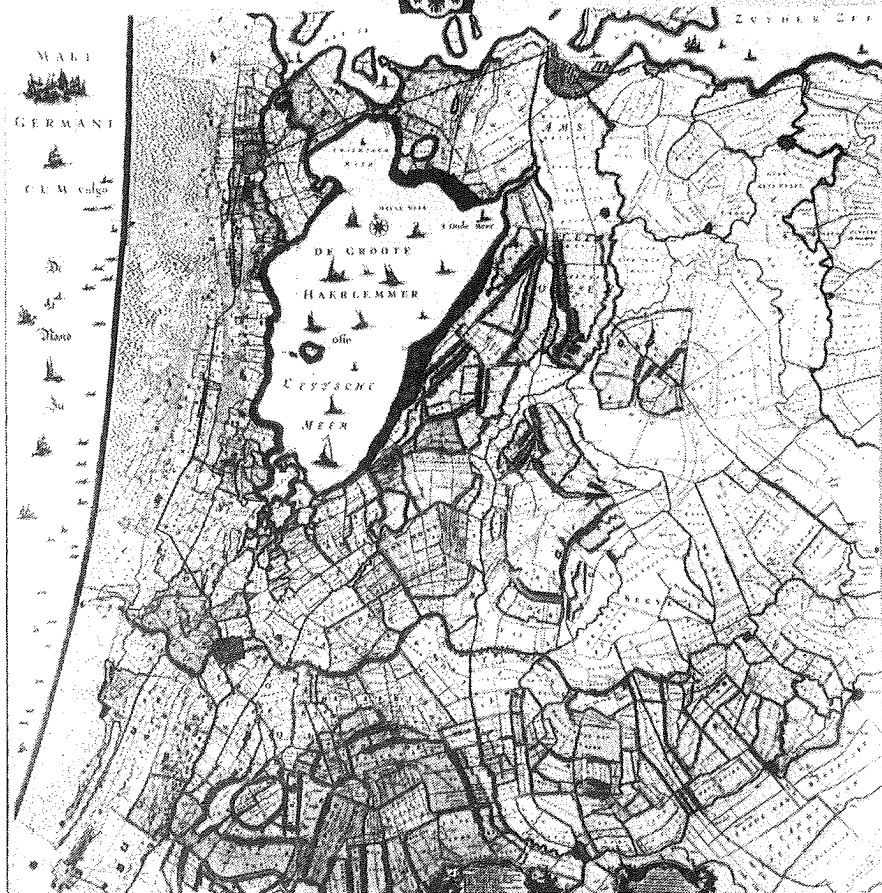
De handvesten van 1255 en 1286 met de daarin verwerkte bevestiging van de landsheerlijke invloed op het toezichhoudende bestuur over de waterstaatswerken moeten de graaf een welkome gelegenheid hebben geboden zijn hogere gezag te bevestigen tegenover de voorname ambachtsheren die zich al te onafhankelijk en eigenmachtig waren gaan gedragen. Daaraan moet hij belang hebben gehecht en daarin moet ook de reden van zijn toegevendheid jegens een van onderop gevormd bestuur worden gezocht. Immers in het geval van de Spaarndam(merdijk) wordt, zoals gezegd, gesproken van 'de' – blijkbaar dus voordien aanwezige – 'gemenelandsraadslieden, die heemraden worden genoemd', en van 'custodes' ofwel de onderhoudsplichtige grondeigenaren uit het gebied tegenover 'scrutatores' ofwel de door de graaf als landsheer in hun functie bevestigde toezieners (heemraden) op de instandhouding van de waterkeringen en andere waterstaatswerken. Het blijkt dus te gaan om een uit de ambachtsbesturen verbijzonderd orgaan, dat door de erkenning van de graaf een groter gewicht kreeg. Impliciet liet de graaf uitkomen dat dit orgaan zijn goedkeuring behoeft.

De graaf sloeg daarmee twee vliegen in één klap. Enerzijds won hij de ambachtsheren voor zich door de erkenning van een door de ambachten zelf ingesteld beheer, gaf daaraan een verderstrekkende taak en schonk het daartoe ruimere bevoegdheden, anderzijds dwong hij respect en erkenning van zijn oppertoezicht af. *(De autonomie van de huidige doelcorporatieve waterschappen met hun functionele bestuurssamenstelling ter ene zijde en het toezicht van de algemeen politiek bestuurde provincies onder oppertoezicht van de kroon ter andere zijde is daarvan de nog waarneembare echo. Zij zijn van onderaf ontstaan en geworteld in het volk, dat het land op de wildernissen veroverde, bevestigd als zij zijn in de Grondwet. Binnen afzienbare tijd zal de te lang uitgebleven Waterschapswet dat nader uitwerken.)*

De landheer zou een dergelijk fraai staaltje van bestuurskunde jegens de ambachtsheren herhalen toen hij de geleidelijk aan in de ambachten tot ontwikkeling gekomen steden eigen bestuursbevoegdheden verleende. Het uit het handvest van Floris V voortgekomen waterschapsbestuur voor het Rijnlands territorium heeft model gestaan voor de kort nadien door de graaf geïnstitutionaliseerde hoofdwaterschappen als Delfland, Schieland en Alblasserwaard. Hij was het ook die de aanzet gaf tot de aanleg van de Westfriese Zeedijk in Noord-Holland.

De heemraden (een naam die aantoonbaar in 1324 werd gebezigd) van de Spaarndammerdijk en gaandeweg die van Rijnland beriepen zich in latere jaren in

T' HOOGE HEEMRAEDSCHAP VAN RHYNLAND



Het beheersgebied van het hoogheemraadschap van Rijnland met zijn karakteristiek ontginningspatroon.

het bijzonder op de hun in het handvest van Floris V verleende bevoegdheden en rechtsmacht, onder invloed waarvan de naam is verlengd tot 'hoog'heemraden. In samenhang daarmee ontstond toen de aanduiding van het waterschap als 'hoogheemraadschap'; hoofdwaterschap tegenover de lokaalwaterschappen of ambachtswaterschappen. Zij zouden in de loop der tijd de graaf ook in andere zaken van bestuurlijke aard adviseren en vertegenwoordigen.

Deze verklaring van het begrip 'hoogheemraadschap' doet niets af aan het gebruik van later datum om dat begrip te verbinden met de kering tegen het hoge

water. Dat blijkt uit het slechts als zodanig benoemen van waterschappen welke belast zijn met het instandhouden van de waterkeringen langs de zee en langs de met de zee in open verbinding staande rivieren voor zover zij aan eb en vloed onderhevig zijn. Hoogheemraadschap wordt dan: schap = functie (denk bijvoorbeeld aan koningsschap), van de raad (raadsheer) die is belast met de bescherming van het heem (eigen land: denk aan heimwee) tegen het hoge water (van zee of rivier). Er zijn recente voorbeelden van in samenhang daarmee veranderde waterschapsbenamingen.

De polders en de droogmakerijen

De poldervorming valt in het algemeen gesproken uiteen in:

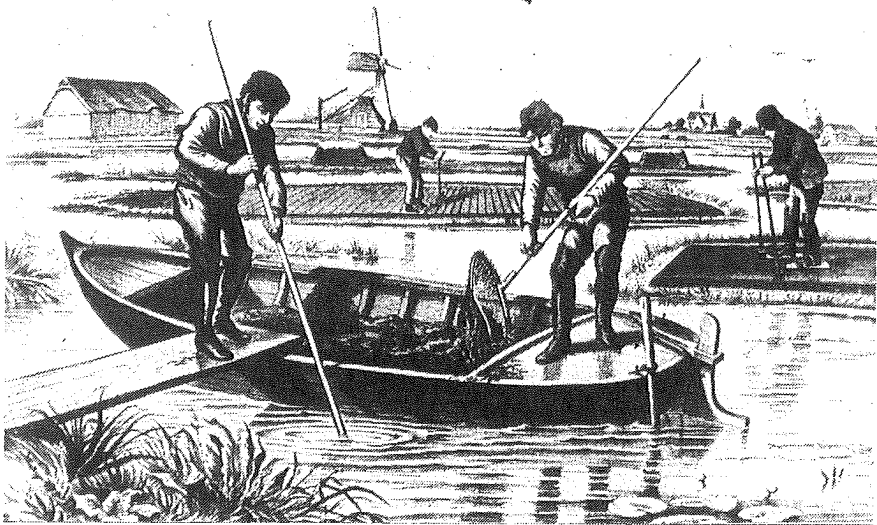
1. Het winnen van land of het terugveroveren van weggeslagen land langs de zee, een zeearm of een grote rivier. Meer in het bijzonder zijn dat indijkingen van kwelders en schorren, waarvan toepassingen zijn te vinden in Zeeuws-Vlaanderen, op de Zeeuwse eilanden en in Friesland onder de namen polre en koog.
2. Het geleidelijk aan verbeteren van de afwatering en het omkaden van ontgonnen, in cultuur gebrachte gronden. Het omkaden van ontgonnen en in cultuur gebrachte gronden, die door inklinking met wateroverlast te kampen kregen, voltrok zich geleidelijk aan, al naar gelang de behoefte daaraan zich voordeed. De omvang daarvan werd door een aaneensluiting van ontgonnen gebieden meer en meer bepaald door motieven van doelmatigheid en beperkte zich niet tot één buurtschap of ambacht.

De waterlossing geschiedde aanvankelijk uitsluitend door natuurlijke lozing op de rivier bij een lage rivierstand, waartoe de rivier zo nodig bovenstrooms werd afgedamd (Dorestad/Wijk bij Duurstede 1122, Svadeburg/Zwammerdam 1165). De poldervorming kwam in een stroomversnelling door de uitvinding van de windmolen, waarmee het polderwater kon worden opgevoerd en waardoor de waterlossing goeddeels onafhankelijk werd van de rivierstand. Reeds in de 13e eeuw wordt van dit fenomeen melding gemaakt.

De toestemming tot poldervorming werd aanvankelijk door de landsheer verleend aan een groep grondgerechtigden, al of niet door tussenkomst van een (achter)leenman, vaak de ambachtsheer. Na de totstandkoming van overkoepelende (hoofd- of hoog)heemraadschappen namen deze de regulerende en toezichhoudende taak van de landheer over.

Het droogmaken van door de turfwinning verloren gegane gronden en het droogmaken van natuurlijke meren; de droogmakerijen

Het in cultuur brengen van de woeste veengronden werd goeddeels voltooid in de 13e en 14e eeuw. De opkomst van de steden zorgde voor een grote behoefte aan brandstof. Dit resulteerde in het voor dat doel afgraven van veengronden, waarbij men de opgegraven grond liet drogen en daarna tot turf sneed. Deze

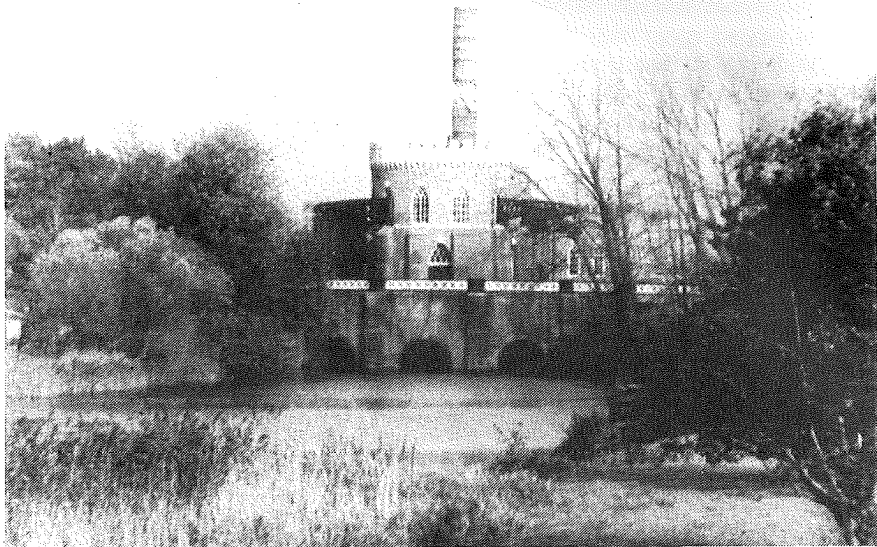


Het veenbaggeren: welvaart versus welzijn.

bezigheid staat bekend als 'veenbaggeren' en 'slagturven'. De veenlaag werd tot op de kleilaag weggebaggerd en later werd zelfs tot uitkleiing overgegaan, hetgeen ertoe leidde dat door deze ontgrondingen grote plassen water ontstonden die met de toen ter beschikking staande middelen niet konden worden drooggelegd. Reeds in de 15e eeuw werd het bezwaar en gevaar van deze landvernietiging onderkend en werden er bepalingen gemaakt om daaraan paal en perk te stellen en zelfs het baggeren geheel te verbieden.

Het Hollandse en Utrechtse landschap kent nog vele veenplassen. Om er slechts enkele te noemen: de Nieuwkoopse Plassen, de Reeuwijkse Plassen, de Loosdrechtse Plassen en de Westeinder Plas. Het weer droogmaken van door het slagturven ontstane veenplassen en in later jaren van natuurlijke meren (zoals het Zoetermeer, Stommeer en Hemmeer in Zuid-Holland en de Purmer, Wormer en Schermer in Noord-Holland) werd eerst mogelijk nadat de molens waren verbeterd en er een systeem was ontwikkeld waarbij zij elkaar het water in zogeheten molengangen konden toemalen en bij wijze van getrapte bemaling tot relatief grote hoogte konden opvoeren, waardoor diepe polders mogelijk werden. Fraaie voorbeelden daarvan zijn de nog steeds in tact zijnde molenviergang van de Drooggemaakte Polder aan de westzijde te Aarlanderveen en de molengang van de Driemanspolder onder Leidschendam.

Het Zoetermeer staat aan het begin van deze reeks droogmakerijen (1614); het Haarlemmermeer (1852), de Prins Alexanderpolder (1867) en uiteraard de IJsselmeerpolders (20e eeuw) aan het eind ervan.



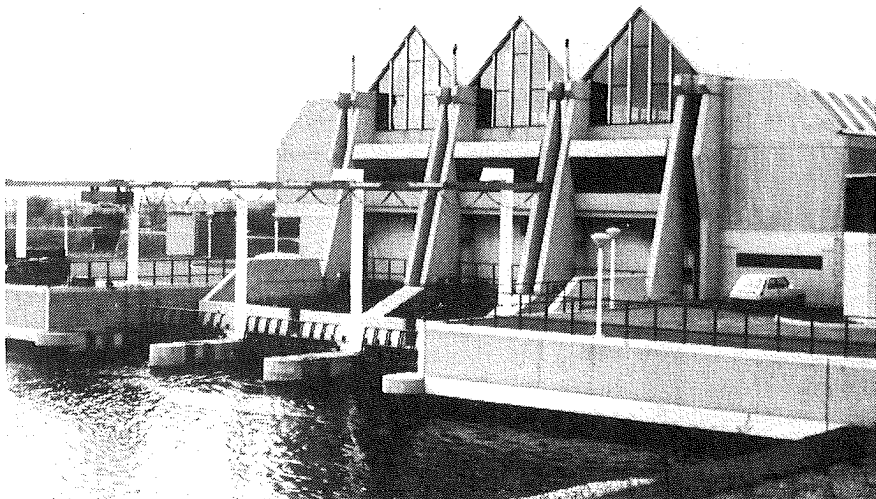
De Cruquius, voormalig gemaal voor de droogmaking van het Haarlemmermeer en de drooghouding van de Haarlemmermeerpolder.

Op talloze plaatsen in het landschap is de droogmakerij te ervaren aan het plotselinge niveauverschil, bijvoorbeeld op de weg tussen Hoogmade en Woubrugge bij Ofwegen, tussen Zoeterwoude en Benthuizen bij Gelderswoude en bij Ter Aar, waar de dorpskerk schijnbaar op een terp ligt maar in werkelijkheid op het oorspronkelijke, zij het ingeklonken land.

De bemaling

Naast bedijking is bemaling, indien natuurlijke lozing niet mogelijk of niet voldoende is, het sleutelwoord voor het bestaan van het land. Nog altijd speelt de windmolen daarbij een rol. Het is de milieuvriendelijkste motor die wij kennen. De intensivering in velerlei vorm van het landgebruik, een gevolg van de toegenomen bevolking en industrialisatie, noopte tot bemalingswerktuigen met een grotere capaciteit, opvoerhoogte en bedrijfszekerheid. Daarin voorzag de stoommachine: 1776 Rotterdam, 1780 Groenendaal/Heemstede, 1787 Blijdorp, 1794 Mijdsrechtse Droogmakerij, al waren dat nog experimenten met de vuurmachine en is eerst in de loop van de 19e eeuw sprake van geregelde stoombemaling.

De arbeidsintensieve stoommachine werd als aandrijfmechanisme opgevolgd door de meer voordelige zuiggas- en benzinemotoren, die spoedig werden opgevolgd door de dieselmotor (1904, Niedorperpolder Noord-Holland) en tenslotte door de elektromotor, nadat het platteland voor de toepassing van elektriciteit was ontsloten.



Boezemgemaal Halfweg van het hoogheemraadschap van Rijnland; een voorbeeld van moderne bemaling.

In het windmolentijdperk werden eerst schepraderen en later ook vijzels als opvoerwerktuig toegepast. De stoomgemalen werden in de meeste gevallen van schepraderen voorzien, in het midden van de 19e eeuw deed de centrifugaal-pomp haar intrede in het motorgemaal. Een dieselmemaal met – van het stoomgemaal overgebleven – schepraderen is nog als boezemgemaal van Rijnland in bedrijf in Spaarndam! De Prins Alexanderpolder komt de eer toe als eerste met behulp van centrifugaalpompen te zijn drooggemaakt.

Dank zij deze bemalingsinrichtingen is een veilig systeem van getrapte bemaling tot stand gekomen, waarbij in door ontginningen bepaalde regio's de polders hun overtollige water uitslaan in een tot boezem verenigd stelsel van watergangen, waarin het water tijdelijk wordt opgeslagen om vervolgens naar rivier of zee te worden afgevoerd. Dit systeem kent een welhaast oneindige onderscheiding in gemalen, van zeer klein voor de kleinste polders en onderbemalingsgebieden tot zeer groot voor de omvangrijke en kwetsbare boezems, zoals die van Rijnland, Delfland, de IJsselmeerpolders en Friesland. Dat het water daartoe goede doorstromingsmogelijkheden moet hebben, spreekt voor zich. Het waterschap heeft daartoe verstrekkende ver- en gebiedende bevoegdheden.

De waterkwaliteit

De boezems dienen niet in de laatste plaats mede als medium voor de aanvoer van water naar de polders in tijden van watergebrek door geringe neerslag. Ook dient het systeem ter doorspoeling voor de bestrijding van natuurlijke en kunst-

matige verzilting en verontreiniging van het water onder invloed van kwel, lozingen, landuitspoeling en dergelijke. Daarmee wordt het terrein van de waterkwaliteit betreden; de jongste, in onze tijd snel opgekomen tak van zorg van de waterschappen: de effectieve bestrijding van de organische en anorganische waterverontreiniging van velerlei aard.

Dat evenwel is een hoofdstuk apart, dat evenals de ontwikkeling van de bemaling een afzonderlijke bespreking verdient en daarom buiten het kader van deze historische schets valt.

Het bestuur

Dat geldt ook het bestuurlijke bestel, waarvan slechts de allereerste aanzet in de 13e eeuw werd vermeld, maar dat sedertdien een boeiende ontwikkeling onderging met de daarbij behorende optimale inspraak voor de direct belanghebbenden. Tenslotte blijven er dan de aan de waterschapszorg verbonden kosten en de omslag ervan over de belastingplichtigen. De trits belangbetaling-zeggenschap is een in waterschapskring hoog in het vaandel geschreven adagium.



Het 18e eeuwse Gemeenlandhuis van het hoogheemraadschap Rijnland.

Toch weer de bemaling

Terug dus naar het thema van dit artikel: de waterbeheersing. De snelle vlucht van de technologie heeft het dankzij moderne elektronica mogelijk gemaakt de bemaling te automatiseren en op afstand te bedienen. Nog is er een aantal, voor de bemalings- en daarmee voor de wordingsgeschiedenis van ons land karakteristieke gemalen aanwezig, deels reeds buiten, deels nog in bedrijf. Het is zaak daarvan een representatief aantal voorbeelden als cultuur-historisch erfgoed bij uitstek te bewaren. De molens hebben, zij het niet specifiek uit een oogpunt van bemaling, een uitstekende pleitbezorger in de vereniging De Hollandsche Molen en de daarbij aangesloten verenigingen en stichtingen.

De na de molens gekomen gemalen kregen die pleitbezorger in 1986 met de oprichting van De Nederlandse Gemalenstichting; een federatie van bestaande en van nog op te richten beheersstichtingen van oude gemalen, bemand door enthousiaste vrijwilligers. Het streven is gericht op een volledige inventarisatie en documentatie van alle bemalingsinrichtingen en op het regionaalsgewijze bewaren van een aantal specifieke voorbeelden van bemaling. Daaronder bevinden zich volledig in tact zijnde stoomgemalen (onder andere te Medemblik, Nijkerk, Halfweg, Winschoten, Genemuiden en Nieuwolda), vroege dieselmolen (onder andere te Alkmaar, Stompwijk, Voorschoten en 's-Hertogenbosch); uit de beginperiode stammende elektrische gemalen (onder andere te Haastrecht, Capelle aan den IJssel, Alphen aan den Rijn en Rheden), in poldermusea opgestelde gemalen (onder andere te Medemblik, Cruquius-Hoofddorp, Andijk en Puttershoek). Binnenkort verschijnt een brochure waarin een volledig overzicht wordt gegeven.

Inlichtingen verschaft De Nederlandse Gemalenstichting, Willem de Zwijgerlaan 11, 2351 RA Leiderdorp; telefoon 071-894997.

Het zijn stuk voor stuk gemalen die exemplarisch zijn voor het unieke beeld van Nederland, ontworsteld aan het water, zonder hetwelk het ook weer niet kan bestaan. Het water: *onze ervvijand en onze onberekenbare vriend. Ons een zorg waard!*

Literatuur

Er bestaat een schat aan literatuur op het gebied van de waterstaat. Voor dit artikel werd in het bijzonder gebruik gemaakt van:

- K. Groen en T. Schmeink, *Waterschappen in Nederland. Werken met water, een onberekenbare vriend*, 1981.
- S.J. Fockema Andreae, *Het hoogheemraadschap van Rijnland; zijn recht en zijn bestuur van den vroegsten tijd tot 1857*, 1934.
- H. van der Linden, *De Cope. Bijdrage tot de rechtsgeschiedenis van de openlegging van de Hollands-Utrechtse laagviakte*, 1956.
- *Verkaveld door de sloten. 10 jaar waterschap De Oude Veenen*, 1989 (met de daarin opgenomen verantwoording).

De Akropolis

Twintig eeuwen geschiedenis

H.-J. Sprokholt

archeoloog Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek

De oudheid

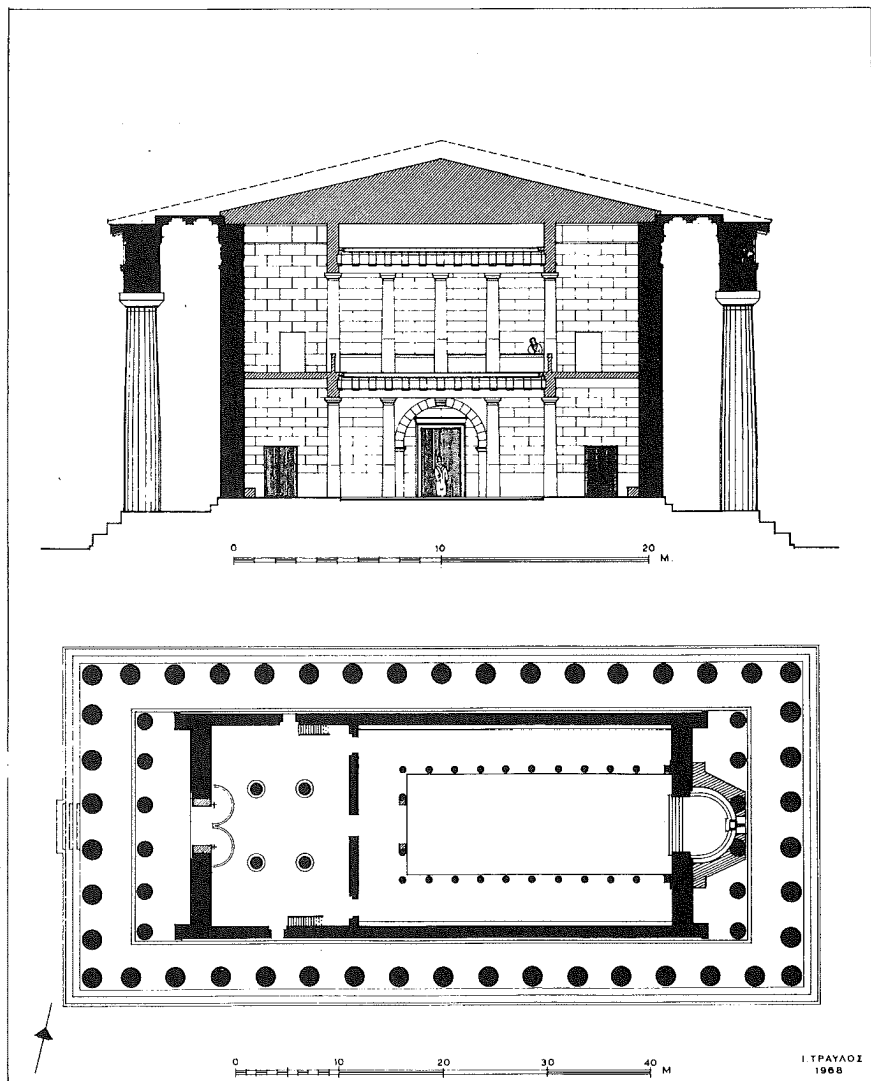
Al in de oudheid was de Akropolis een bezienswaardigheid die talloze bezoekers van heinde en verre trok. In de eeuwen volgend op de klassieke periode [1] werden de monumenten bezocht door pelgrims, kerkvaders, filosofen, koningen, veldheren, soldaten, kunstenaars, gelukzoekers, zelfmoordenaars, romantici, plundersaars en geleerden. Vandaag de dag kunnen we daar nog eens een dagelijkse stroom van meer dan 13.000 toeristen aan toevoegen.

Bij het overzien van de geschiedenis valt het op dat het de Akropolis vaak beter verging dan de stad zelf en dat het een regelrecht wonder is dat er nog zo veel van de monumenten rest. Steeds wanneer de stad vrijwel van de aardbodem verdween, kwamen de heiligdommen er betrekkelijk goed vanaf. Ruim 2000 jaar bleven ze zelfs vrijwel ongeschonden. Pas de afgelopen 300 jaar is door oorlogsgeweld en plundering, maar vooral door de als maar toenemende milieuverontreiniging in onze eeuw, de ruïne geschapen zoals wij die kennen. Aan de andere kant wordt de laatste 150 jaar vrijwel onafgebroken gewerkt aan het behoud en herstel er van.

In 146 v.C. bezetten de Romeinen Griekenland. Rome was toen nog lang niet de stad van marmeren paleizen en tempels zoals wij die uit de boekjes kennen en de steden die ze aantroffen, moeten op hen een geweldige indruk hebben gemaakt. Ondanks de onverholen bewondering die ze altijd voor de Griekse cultuur zijn blijven koesteren, zagen ze er niet tegenop hele steden, waaronder Korinthe te verwoesten, grote hoeveelheden kunstschaten te roven en zelfs complete tempels naar Rome te verslepen, maar de Akropolis lieten ze ongemoeid. Zelfs toen de Atheners een aantal malen van een gunstige politieke situatie gebruik dachten te kunnen maken en het tegen het machtige Rome opnamen, werd het monumentale stadsdeel gespaard. In 86 v.C. ontzag de veldheer Sulla de stad en Octavianus — de latere keizer Augustus — volgde een halve eeuw later tot tweemaal toe diens voorbeeld.

Hoewel Athene toen allang geen enkele politieke betekenis meer had, kon zij blijven rekenen op de gunsten van vooraanstaande Romeinen. Onder hen nam keizer Hadrianus (117-138) een prominente plaats in. Hij deed de stad in omvang verdubbelen en verrijkte haar met veel monumentale bouwwerken. De stad ge-

noot zelfs een zekere mate van autonomie. In de 3e eeuw nam de druk van Gotische stammen op de grenzen toe en keizer Valerianus liet in 260 de stad opnieuw ommuren. Desondanks werd de stad in 267 door de Heruliërs platgebrand. De Agora was het zwaarst getroffen en werd niet meer opgebouwd. Waarschijnlijk is ook het Parthenon bij die gelegenheid in vlammen opgegaan, maar zekerheid daaromtrent is er niet. In elk geval brandde de tempel een keer uit. Er zijn



Plattegrond en doorsnede van het Parthenon na verbouwing tot christelijke kerk.

aanwijzingen dat de tempel pas onder keizer Julianus (361-363) weer hersteld werd [2]. Dat is een van de hoofdoorzaken dat er van het oorspronkelijke interieur zo weinig met zekerheid bekend is. De stad zelf kwam de klap van de Herulische invasie niet meer te boven en zij werd ommuurd met het puin van haar verwoeste monumenten. Een belegering door Alarik in 395 liep met een sisser af.

Tempels worden kerken

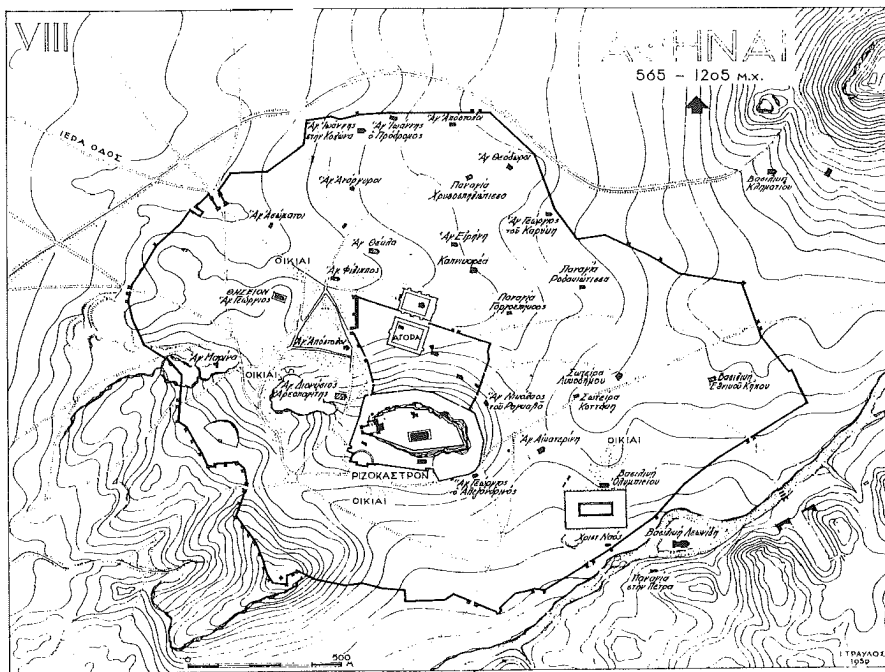
In 53 had de apostel Paulus in de stad gepredikt en in de loop van enkele eeuwen had zich een kleine christelijke gemeenschap gevormd. Maar ook in dit opzicht bleef Athene een buitenbeentje in de antieke wereld. Nog heel lang bleven de Romeinse keizers, ook de christelijke, gedogen dat de oude riten in gebruik bleven en dat niet-christenen aan de filosofenscholen doceerden. Geleidelijk nam het aantal christenen toe en werden de eerste kerken gesticht. Dankzij deze vreedzame coëxistentie van het oude en het nieuwe geloof bloeide het stedelijk leven in de 4e en het begin van de 5e eeuw voor de laatste keer in de oudheid nog wat op.

In 435 gelastte keizer Theodosius II, een fanatiek Christen, evenwel de sluiting van de oude tempels: de cultusbeelden werden verwijderd en de gebouwen werden ontdaan van al te heidense kenmerken, waardoor bijvoorbeeld het beeldhouwwerk van het Parthenon zwaar beschadigd werd. Bij die gelegenheid of later, in de 6e en 7e eeuw, werden veel heiligdommen, waaronder het Parthenon, het Erechtheion en de Propylaeën als christelijke kerk in gebruik genomen. De verbouwing in het Parthenon ging ten koste van grote delen van het interieur en het oostelijk deel van de cella. Wat ooit de entree was, werd na een heroriëntatie van 180° het koor van de kerk. Resten van vroeg-christelijke muurschilderingen van deze kerk die wederom aan een maagd, nu Maria [3], werd gewijd, waren een halve eeuw geleden nog zwak zichtbaar op de westelijke binnenwand van de cella, maar de vervuiling en zure regen hebben elk spoor er van inmiddels uitgewist.

In 529 had keizer Justinianus de filosofenscholen laten sluiten. Dat was de doodsteek voor de antieke stad en het inwoneraantal liep sterk terug. Als een onbetekenend stadje ging Athene de middeleeuwen in. Justinianus liet de verdedigingswerken nog repareren en versterkte ook de Akropolis, wat de stad in de roerige eeuwen daarna menig keer heeft beschermd tegen de invallen van Slaven en Avaren.

De middeleeuwen

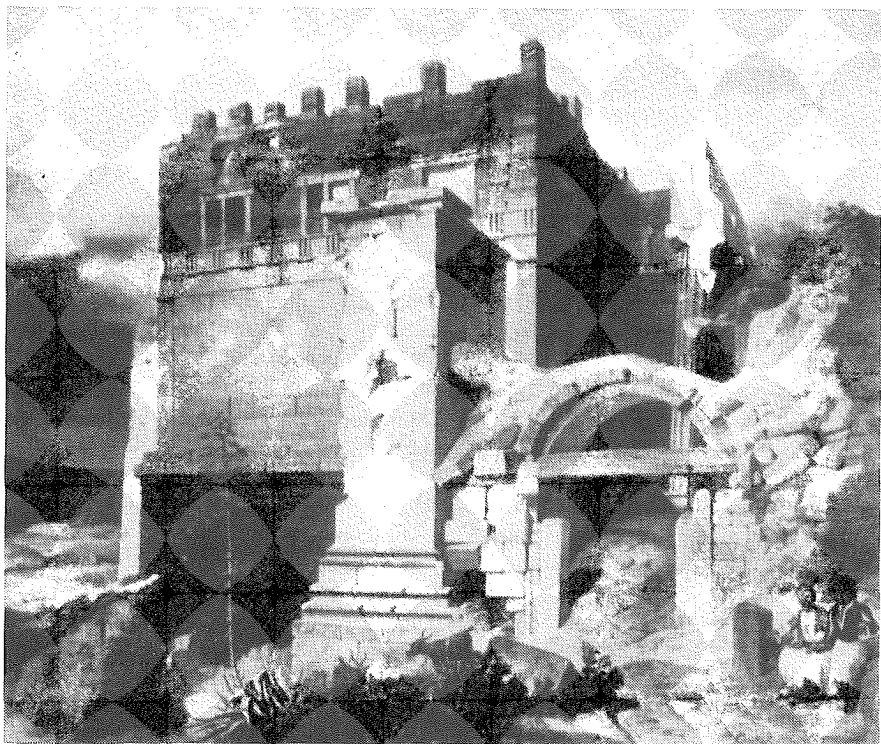
Een belangrijke informatiebron voor de Atheense geschiedenis in de middeleeuwen vormen de inscripties die geestelijke en wereldlijke leiders en andere bezoekers achterlieten op de zuilen en muren van de Akropolis-monumenten. In de 9e eeuw werd Athene aartsbisdom met het Parthenon als hoofdkerk. De kerk was inmiddels een bekend pelgrimsoord. Ook de militaire gouverneur van Hellas had zijn hoofdkwartier in de stad. De ommuurde Akropolis fungeerde als een mid-



Kerken in Athene in de Byzantijnse tijd (de tijd tussen de oudheid en de komst van de kruisvaarders.)

deleeuwse citadel en was waarschijnlijk bewoond. In de 11e eeuw werd met het materiaal van antieke theaters, stoa's en heiligdommen nog eens een extra verdedigingsmuur rond de voet van de Akropolisrots gebouwd. Ook in kerkjes uit die tijd zijn veel resten van antieke gebouwen verwerkt. In 1014 viel de nu christelijke Parthenonkerk nog de twijfelachtige eer te beurt dat keizer Basilios II er het feit herdacht dat hij 15.000 Bulgaarse krijgsgevangenen de ogen had laten uitsteken. Eén op de honderd mocht één oog houden om de anderen naar Ochrid te kunnen brengen, zodat Tsaar Samuil zijn nederlaag kon aanschouwen.

Na in de 12e eeuw weer eens te zijn verwoest, nu bij een Saraceense invasie, werd de stad in 1203 met man en macht verdedigd tegen een aanval van Nauplia. De citadel hield stand, maar het jaar er na namen kruisridders haar in bezit. De Grieken zijn deze ridders ongeacht hun nationaliteit 'Franken' blijven noemen; tot 1311 was de stad inderdaad een Frans hertogdom en vond enig herstel plaats. Daarop volgde een periode van geweld, verwoesting en oorlog onder de Katalanen, een bende huurlingen, maar vanaf 1387 beleefde het onder de Florentijnen en later onder de Venetianen een economische wederopbloei. De Akropolis was intussen verbouwd tot een regelrecht middeleeuws fort met bastions en torens. De Parthenonkerk, bekend als de 'Sainte Marie de Sathines' [4], werd waar nodig hersteld en van een toren voorzien. De Florentijnen verbouwden

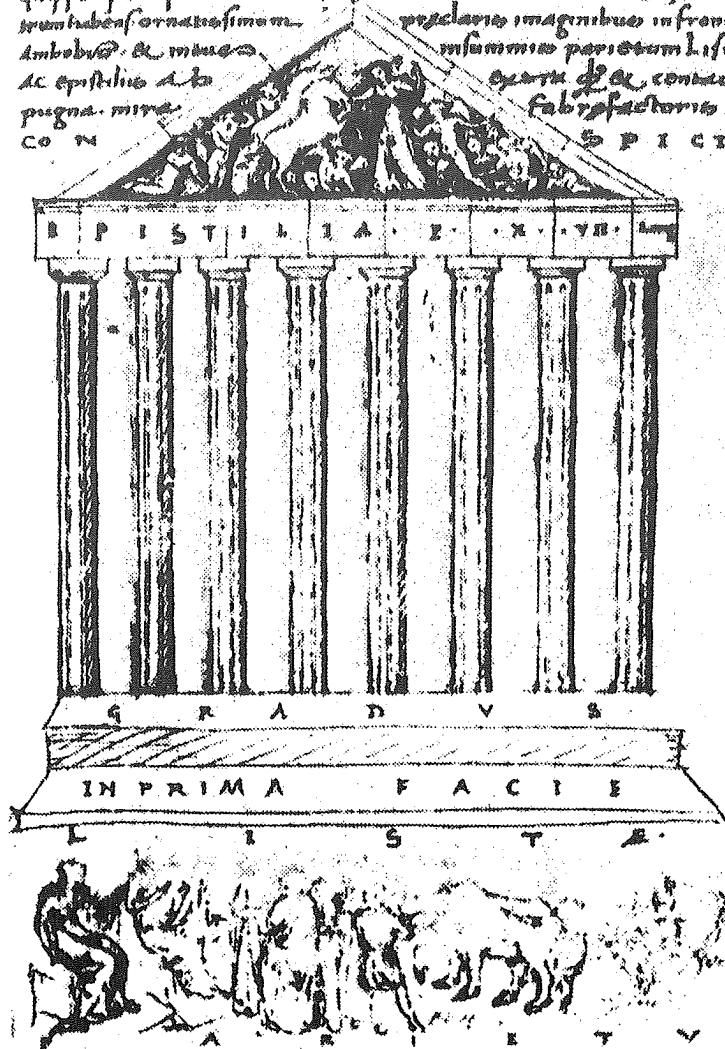


Olieverfschildering van de Propylaeën tijdens de sloop van latere resten. Op de Pinakothek is de verdieping van het Venetiaanse palazzo nog aanwezig.

de Pinakothek, de noordelijke vleugel van de Propylaeën, tot een palazzo dat van een ongekennde schoonheid moet zijn geweest. In de vorige eeuw werden de resten van het palazzo onnadenkend gesloopt.

Aan het eind van de 14e en in de loop van de 15e eeuw arriveerden de eerste westerse reizigers. De vroege humanist Cyriacus van Ancona bezocht Athene in 1436 en 1444 en beschreef veel. Van zijn hand is de oudst bekende tekening van het Parthenon. De ontluikende westerse belangstelling werd helaas echter in de kiem gesmoord door de Turkse invasie in 1456 en al snel wist men in de rest van Europa zo weinig meer van de stad dat Martin Kraus, professor in de klassieke letteren aan de Universiteit van Tübingen, bij Griekse collega's in Constantinopel informeerde of het waar was dat het Athene uit de oudheid nog bestond. Het zou nog lang duren voordat het Westen weer met Griekenland in contact kwam.

Ex quod mapl adnotum placuit Ex Tat in Summ^a cunctis Arce Ingenio
 & mirabile pallades duas marmoreum Templum & phidia. Quorum
 quippe opus quod. l. viii. superius columnis. Latitudinis. p. vii. diam.
 trunthabea fornatissimum. preclaris imaginibus in frons pectus
 ambobus. & mures. in summis parietum libris
 ac epistulis ab. quatuor & concurrent
 pugna. mira. fabricatoris arte
 CO N S P I C I T U R

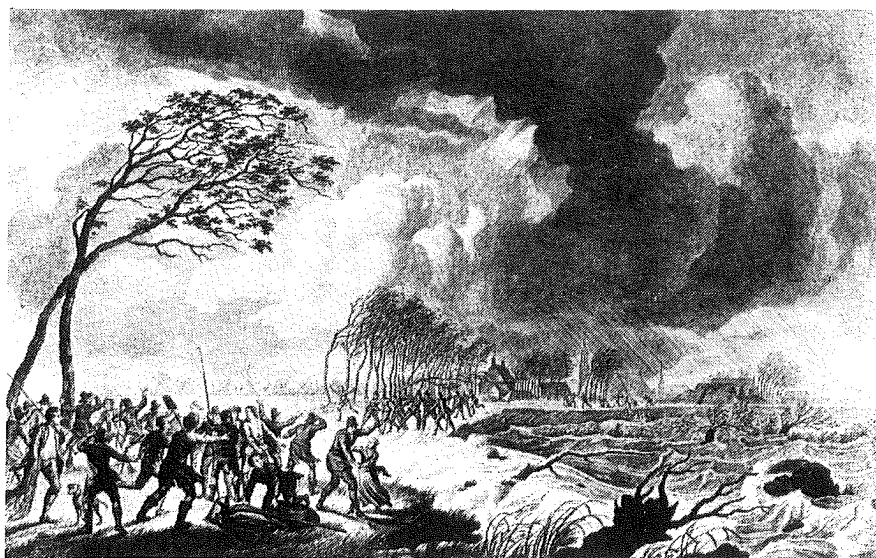


Oudst bekende tekening van het (nog intacte) Parthenon uit het midden van de 15e eeuw door (of naar een origineel van) Cyriacus van Ancona.

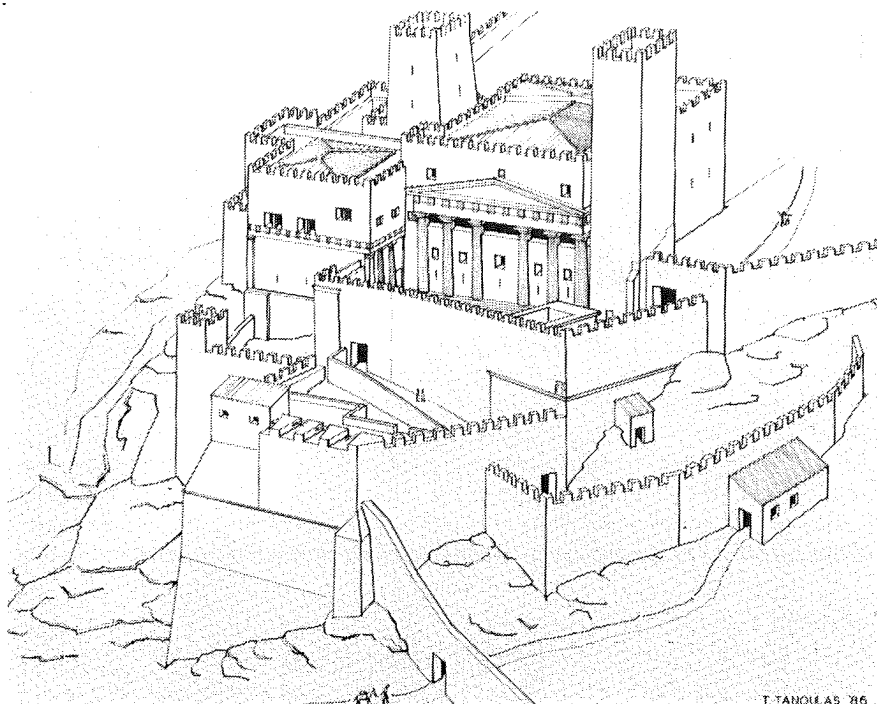
De Turkse tijd

In 1456 ging Athene zonder slag of stoot over in Turkse handen en twee jaar daarna werd de Akropolis bezocht door de Turkse sultan Mohammed II, bijgenaamd de Veroveraar. De man had veel belangstelling voor de stad omdat hij haar beschouwde als de geboortestad van de wijsheid. Het Erechtheion werd hem gepresenteerd als het 'gymnasium van Epicurus' en de Athena-Nikètempel als de 'muziekschool van Pythagoras'. Aan het enthousiasme van de sultan dankte Athene, net als tijdens de Romeinse overheersing, bijzondere gunsten, wat niet wegnam dat de Parthenonkerk al snel tot moskee werd verbouwd met een minaret in plaats van toren. In het Erechtheion werd de harem van de Turkse commandant gehuisvest, terwijl deze zelf het palazzo betrok. De Turkse militairen bewoonden met hun vrouwen en kinderen de rest van de Akropolis in een wirwar van huisjes en steegjes.

Dit huiselijk geluk zou door twee explosies echter ruw worden verstoord. Tijdens het nieuwjaarsfeest van 1640 ontplofte het kruitmagazijn dat de Turken in de Propylaeën hadden ingericht. Er zijn veel verhalen over de oorzaak in omloop, maar de leukste variant wil dat een wat klungelig gefabriceerde vuurpijl van Griekse makelij waarvoor de Turkse bezetter nota bene welwillend materiaal beschikbaar had gesteld, het kruitmagazijn trof. Aan vuurwerk en feestvreugde



Het Parthenon als moskee.



De Propylaeën verbouwd tot bastion in vogelvlucht (voor de explosie). Rechts de Frankische toren en links de tot palazzo verbouwde Pinakothek.

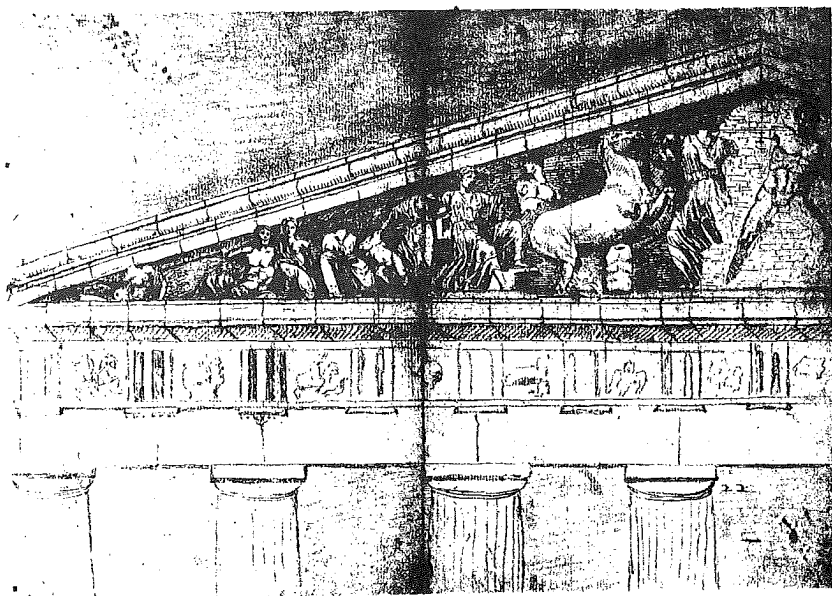
zal het de Grieken niet ontbroken hebben, maar voor de Propylaeën was de klap funest. Wat erger was: de commandant was genoodzaakt een nieuw kruitmagazijn in te richten en zijn keus viel op een ruimte in het Parthenon.

In 1684 brak de Turks-Venetiaanse oorlog uit. In allerijl werden versterkingen aangelegd en verbeterd. De ruïnes van de Propylaeën werden verbouwd tot een massief bolwerk, waarin ook het materiaal van het tot dan toe ongeschonden Nikètempeltje werd verwerkt. Ook andere monumenten liepen schade op of verdwenen totaal. De daarop volgende belegering werd het Parthenon fataal. De Venetiaanse graaf Morosini liet zijn veldheer Köningsmark vanuit de omliggende heuvels net zo lang de Akropolis beschieten tot deze het kruitmagazijn zou treffen. Toen dat uiteindelijk lukte, spatte het nog zo goed als intacte Parthenon uiteen: 300 Turken vonden de dood en 28 zuilen werden weggeblazen. De laatste hebben altijd meer aandacht gekregen dan de eersten. Toen de Venetianen de stad na vijf maanden alweer aan de Turken terug moesten geven, verlieten ook de Atheners de stad: net als in de oudheid zochten zij hun toevlucht tot de eilanden Aegina en Salamis. Pas in 1690 keerden ze terug.

Belangstelling uit het Westen

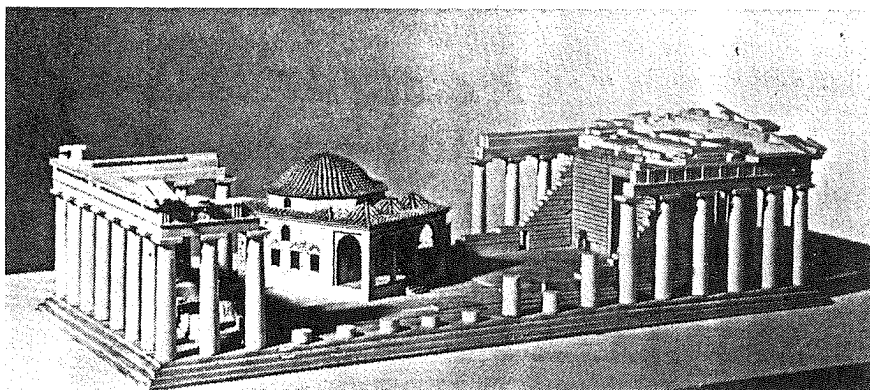
Inmiddels genoot Griekenland in de 17e eeuw hernieuwd de belangstelling van het Westen. Er arriveerden weer reizigers om kennis en informatie te verwerven, maar velen waren in werkelijkheid op rooftocht naar waardevolle objecten voor hun collecties. Van groot belang waren de bezoeken van Olier de Nointel vanwege zijn beschrijvingen en de tekeningen die hij in 1674 door Parrey liet vervaardigen: een paar jaar voor de fatale explosie in het Parthenon werd al het beeldhouwwerk nog vastgelegd.

Een voorbeeld van het tegendeel vormen de activiteiten van Morosini. Of zijn explosieve optreden al niet erg genoeg was, gaf hij ook nog eens opdracht de frontonsculptuur te verwijderen om het te verscheppen naar Venetië. Door ondeskundigheid viel echter vrijwel alles uit de takels en ging verloren. Nu de tempel eenmaal een ruïne was, zouden nog velen zijn voorbeeld volgen.



Tekening van een deel van de frontonsculptuur van de westgevel van het Parthenon door de Fransman Jacques Parrey rond 1675, vlak voor de explosie.

Over deze en latere perioden van de stad en haar monumenten zijn we veel beter geïnformeerd dankzij uitgebreide beschrijvingen en rijk geïllustreerde werken. Ondanks de explosies was er op de Akropolis weinig veranderd. Het was nog steeds het hoofdkwartier van de Turkse strijdmacht met de dizdar (garnizoenscommandant) in de Propylaeën en diens harem in het Erechtheion. Meer dan 200 huizen vulden de Akropolis en een nieuwe kleine moskee stond in het gat dat in



Maquette van de kleine moskee in de ruïne van het Parthenon.

het Parthenon was geslagen. In de 18e eeuw werd rond de rots nog een extra verdedigingsmuur aangelegd waarvoor weer veel antieke monumenten het materiaal mochten leveren.

In 1801 bezocht Lord Elgin de stad met het doel veel sculptuur van Griekse monumenten naar Engeland te verslepen voor zijn collectie. Het is het zoveelste treurige hoofdstuk in de geschiedenis van de monumenten, maar ook de Lord zelf heeft er weinig plezier aan beleefd. Hij sloopte onderdelen van onder andere het Erechtheion, de Athena Nikètempel en het Parthenon en bracht daarbij veel bouwkundige schade toe aan de diverse ruïnes. Na veel wederwaardigheden kwamen de spullen eindelijk in Engeland aan, waar ze niet eens gunstig ontvangen werden. Al gauw zag hij in dat hij ze maar beter van de hand kon doen, maar de prijs die hij ervoor maakte, dekte zelfs niet de door hem gemaakte kosten.

Nog meer schade liepen de bouwwerken op in de Vrijheidsoorlog. Van juni 1826 tot mei 1827 werd de Akropolis vrijwel continu belegerd en beschoten. In januari werd het Erechtheion zwaar getroffen en de noordportico stortte in. De Atheners die de vesting lange tijd in bezit hadden weten te houden, gaven zich uiteindelijk over en vluchtten weer naar Aegina en Salamis. Bij hun terugkeer in 1833 vonden zij hun vaderstad in een ruïne herschape. Alles wat het westen slechts 150 jaar ervoor had herontdekt en wat van zo'n grote invloed was geweest op bijvoorbeeld het neoclassicisme van de 18e eeuw, was nu verdwenen of kapotgeschoten.

In 1834 werden de resten van wat ooit Athene geweest was tot hoofdstad van het kersverse koninkrijk Griekenland gebombardeerd. Onder koning Otto van Beieren werd de Akropolis in allerijl schoongemaakt, alweer een gunstige gelegenheid voor souvenirjagers en plunders. Aan de architect Leo von Klenze is het uiteindelijk te danken dat koning Otto zijn megalomane plannen tot verbouwing van de Akropolis tot vesting en residentie definitief liet varen, anders had er nu een gigantisch paleis in Biedermeier stijl gestaan. Sedertdien is vrijwel continu gewerkt aan het herstel van de ruïnes.

De eerste herstelperiode: grote schoonmaak

In 1833 was al een begin gemaakt met het verzamelen van de overal verspreid liggende brokstukken en een jaar later ging men kritiekloos over tot sloop van alles wat niet antiek was. De waardevolle resten van twintig eeuwen bouwkunst, waaronder resten van vroeg-christelijke kerken, verdedigingswerken en het palazzo gingen ongedocumenteerd verloren. In 1844 sneuvelde de kleine moskee in het Parthenon en in 1874 werd op kosten van Heinrich Schliemann, de man die Mycene opgroef en Troje herontdekte, de Frankische toren in de Propylaeën gesloopt. Zelfs in 1953 konden alleen felle protesten de nog in het Parthenon aanwezige resten van een vroeg-christelijke wenteltrap van de sloop redden.

In 1835 werd tijdens de sloop van een bastion onverwacht veel materiaal van de Nikètempel teruggevonden en een jaar later was de tempel weer grotendeels hersteld. Ook werd enig herstelwerk verricht aan het Parthenon, maar daarbij werd toen nog nauwelijks gelet op de oorspronkelijke positie van het materiaal.

De tweede herstelperiode: reconstructie

Na een aardbeving in 1894 brak een tweede lange periode van herstelwerkzaamheden aan. Ondanks strikte richtlijnen had men ook toen weinig respect voor de oorspronkelijke brokstukken en men deinsde er zelfs niet voor terug het materiaal bij te hakken om het te laten passen op een plaats waar het niet thuis hoorde. Nog meer dan in de vorige campagne werd overvloedig gebruik gemaakt van ijzer en gewapend beton. De vorderingen waren daardoor enorm en het huidige uiter-



De noordzijde van het Parthenon tijdens en na de reconstructiewerkzaamheden.

lijk van de monumenten is zo ongeveer het resultaat van de tweede restauratie-campagne. De bres in de noordzijde van het Parthenon kon worden gedicht, zij het gedeeltelijk met materiaal dat eigenlijk in de zuidzijde thuishoort.

In 1939 kwam er een nieuwe restauratie-architect die veel nauwgezetter werkte en die talloze correcties uitvoerde. Al in de jaren 40 bleek hoe rampzalig het overvloedig gebruik van ijzer was. Bij oxydatie zet het uit waardoor het nog on-aangetaste marmer barst. De conditie van de monumenten is hierdoor en door de toenemende luchtvervuiling in versneld tempo achteruitgegaan. De schade ten gevolge van dertig jaar atmosferische vervuiling is groter dan de schade die is veroorzaakt door ruim 2000 jaar geschiedenis.

Geraadpleegde en/of aanbevolen literatuur

- *Athens from the end of the ancient era to Greek independence* (tentoonstellingscatalogus), 1985.
- H. Scholte, *Scholte's Griekenland*, 1987 (herziene uitgave).
- *The Acropolis at Athens. Conservation, restoration and research 1975-1983* (tentoonstellingscatalogus), 1985.
- T. Tanoulas, 'The Propylaea of the Acropolis at Athens since the seventeenth century. Their decay and restoration' in: *Jahrbuch des Deutschen Instituts in Athen*, 1987, p. 413-83.

Het boek van Scholte is een reisgids die zich ook gewoon laat lezen, met veel en betrouwbare informatie (en anecdotes) over het Griekenland van vandaag en gisteren. De ideale introductie voor niet-gymnasiasten, al is het soms wat bele-rend.

Noten

1. Over het algemeen laat men die periode lopen van ca. 500 tot 336 v.C. De drie eeuwen ervoor duidt men aan als de Archaïsche periode die weer volgde op de Dark Ages. De periode na de klassieke oudheid is de tijd van het helle-nisme. Die duurt tot 146 v.C. wanneer de Romeinen Griekenland bezetten.
2. De meningen over de datum van de brand lopen uiteen van de 2e eeuw vóór tot de 2e eeuw ná Christus. Herstel onder Julianus Apostata ('de Afvallige', dat wil zeggen afvallig van het Christelijke geloof) is niet onwaarschijnlijk. Er was Julianus veel aan gelegen de vergane glorie van de klassieke oudheid te herstellen, inclusief de oude zeden en religieuze gewoonten.
3. De gelijkenis tussen de maagd Athena en de maagd Maria is geen toeval. Religieuze continuïteit is op zeer veel plaatsen waarneembaar. Genezings-heiligdommen van bijvoorbeeld Asklepios werden later gewijd aan heiligen van de geneeskunst.
4. Sáthines of eis Athinas betekent 'te Athene'.