

ministerie van verkeer en waterstaat

rijkswaterstaat

(*) AANMERKINGEN OMTRENT HET AMSTERDAMSCH PEIL.

Het *Amsterdamsche Peil*, in deze tafelen door de letters AP voorgesteld, heeft tot vergelijkings-punt gedient van alle de rivieren en Wateren in Holland, de Peilschalen en gestelde of gekozen Verh. worden tot een denkbeeldig horizontaal, het welk *Stads-peil* genoemd, het onbewegelijk maakt in

Heere Maas-
polder



verzoek, tot betere verzekering van dit vaste ingemetseld, de eerste in den muur van den oude *Amstelsluis* nevens de Peilschaal; de tweede in het agterfront der *Beurs*, dat is, de *kin*; de derde in den *Schrijvers Toren* aan de *Kade*; en de vierde in de hoofdmuur van den den *Dijk-peilsteen*, op welke vier steekpunte groef is aangewezen, waaronder de verbaal voornoemd. Het Amsterdamsche onderscheiden te worden van het Amsterdamsche *empeil* van *Amsteland*, zijnde 5 tot 6 voet, en aldus genaamd, om dat de bovenste hoogere opmaling van den boezem er door het waterpeil, te

rijkswaterstaat
hoofddirectie van de waterstaat
DIRECTEUR-GENERAAL
postbus 20906
2500 EX 's-gravenhage

*Aan
de Buismeester van Amsterdam*

drie eeuwen normaal amsterdams peil

hoofddirectie van de waterstaat

REJ

8

87-1

Technische Universiteit Delft
Bibliotheek Technisch Zeehuis
(Postbus 3048, Minweg 1)
3000 GA DELFT

drie eeuwen normaal amsterdams peil

onder redactie van ir. A. Waalewijn

GO
DB
Drie

RB J

07-01



Inhoud

Voorwoord	3
Inleiding (ir. J. van Malde)	5
1. Over hoogtemeting en waterpassing (ir. A. Waalewijn)	7
2. Het Amsterdamse Peil (ir. A. Waalewijn)	13
3. De Eerste nauwkeurigheidswaterpassing en de invoering van de benaming NAP (ir. A. Waalewijn)	19
4. De Tweede en Derde nauwkeurigheidswaterpassing (ir. A. Waalewijn)	23
5. Hydrostatische waterpassing; de Vierde nauwkeurigheidswaterpassing (ir. A. Waalewijn)	27
6. Bijhouding en publikatie van NAP-gegevens (ing. W.A. van Beusekom)	31
7. Waterstanden en het NAP (ir. J. van Malde)	35
8. De internationale betekenis van het NAP (ir. A. Waalewijn)	41
9. De toekomst van het NAP (Prof. Dr.-Ing. R. Rummel)	45
10. Het NAP bezegeld (Louis van Gasteren)	47
Noten	51
Literatuuroverzicht	53
Beeldverantwoording	56

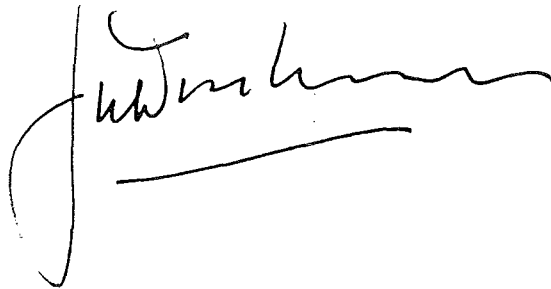
Voorwoord

Het enig werkelijk-vaste punt, het eigenlijke „houvast” van Nederland, is iets wat slechts weinigen echt kennen maar wel iets dat bij velen vaag bekend is nl: het NAP oftewel het Normaal Amsterdams Peil. Voor alles wat hier in Nederland wordt gebouwd of aangelegd vormt dit NAP de grondslag.

Dit peil is 300 jaar geleden onder de naam van Amsterdams Peil als eenduidig referentievlak vastgelegd, gerelateerd aan het zeeniveau en vanuit Amsterdam heeft dit peil zich wijd en zijd over geheel West-Europa als referentievlak verspreid.

Het belang van dit vaste peil voor Nederland blijkt o.m. uit het gegeven dat bijna de helft van ons land, waar zo'n 60% van de bevolking woont, onder het zeeniveau ligt. Voor de conditionering, dat wil zeggen het veilig en leefbaar houden van ons land is het dus van immens belang overal over dit NAP te beschikken!

Het 300-jarig bestaan van het NAP wordt door de PTT gememoreerd door de uitgifte van een speciale postzegel. De Rijkswaterstaat, verantwoordelijk voor de juiste vaststelling en verspreiding van dit NAP viert dit jubileum met deze speciale uitgave, geheel gewijd aan het NAP.



Ir. J. van Dixhoorn
Directeur-Generaal van de Rijkswaterstaat

Inleiding

ir. J. van Malde

Vestiging langs en in de omgeving van een water is van oudsher voor de mens aantrekkelijk en dat niet alleen vanwege de onmisbaarheid van zoet water, de mogelijke visvangst en de jacht op waterwild. Reeds lang geleden onderkende de mens namelijk nog andere voordelen: het naar verhouding eenvoudige verkeer te water met in zijn verlengde ontplooiing van de handel, de vruchtbaarheid van oeverlanden, de mogelijkheid omliggend land te bevoeien. Het behoeft dan ook niet te verbazen dat de eerste grote beschavingen, die der Sumeriërs en der Egyptenaren (nog vóór 3000 jaar voor Christus ontstaan) zich rond grote rivieren ontwikkelden, echter - opmerkelijk genoeg! - in semi-droge en zelfs droge gebieden. Indrukwekkende bevoeiingsstelsels vormden dan ook de ruggraat van deze beschavingen. Elders (China, India) vonden later soortgelijke ontwikkelingen plaats.

De Lage Landen vormen na de aftocht der Noormannen eveneens een voorbeeld hoe de mens zich de natuurlijke wateren ten nutte maakte. Dat graaf Dirk III in of kort na 1015 een watertol bij Vlaardingen stichtte wijst er op dat er daar toen al een aanmerkelijke handelsstroom te water was. Vele der oude Belgische en Nederlandse steden liggen of lagen aan rivieren, zeearmen of aan de Zuiderzee en waren eertijds merendeels belangrijke handelscentra, trefpunten van cultuur en niet zelden brandpunten van politieke macht. Een aantal ervan gaat trouwens terug op een nederzetting van de Romeinen. Het was alsof ondanks veelvuldig teloorgaan door oorlog en watersnood de welvaart onstuitbaar over het water naar dit deel van Noordwest-Europa kwam.

Doorbraak van de Lingedijk in 1809.



Nederland zonder waterstaatkundige infrastructuur. Zwart, land overstroomd door zeewater; grijs, door het water der grote rivieren. De invloed van de andere rivieren is weggelaten.



In de Tachtigjarige Oorlog spelen de militaire aspecten van het water een grote rol: vaarweg voor de Geuzen, doeltreffend aanvalswapen tegen of onoverkomelijke hindernis voor de Spaanse keurtroepen, na 1585 ook middel voor verrassend snelle Staatse troepenverplaatsingen. Een nieuwe staat wordt in het Noorden geboren en die waterrijke, op zee gerichte Republiek der Zeven Verenigde Nederlanden komt tot grootse opbloei en ontplooiing. Dáár herleeft de welvaart in vele der ongemeen talrijke steden.

Heel wat van die steden lagen in de nabijheid van een polder of droogmakerij - op water veroverd land, gestempeld door een niet aflatende strijd tegen het water, voorzien van een vernuftig afwateringssysteem met watermolens en/of uitwateringssluizen en bewoond door een naar toenmalige Europese maatstaven welvarende boerenstand.

De waterstaatkundige toestanden waren echter zeker niet volmaakt: 's winters stonden als regel grote oppervlakten langdurig blank elders moesten bij hoge rivierafvoeren via overlaten omvangrijke gebieden worden geïnundeerd. Ernstiger vanwege alle eraan verbonden ellende, leed en soms enorme schade waren de bepaald niet zeldzame grote overstromingen, gevolg van zware stormvloed, hoge rivierafvoeren of door ijsdammes opgestuwde rivieren. Daarbij ver tenachter bleef de toch ernstige economische schade o.a. langs de IJssel, teweeggebracht door de geleidelijke natuurlijke wijzigingen in de verdeling van de Bovenrijnafvoer over de Rijn takken.

Dit was in zeer grove lijnen de waterstaatkundige gesteldheid der roemruchte Republiek, welke geringe inwendige staatkundige samenhang ook op dit gebied geen krachtig centraal gezag, hoe dringend gewenst ook, toeliet. En desondanks gelukte het, eerst omstreeks 1705, daarna in de jaren 1774-1775, de meest nijpende knelpunten op de Rijn aan te pakken door de uitvoering van grote werken bij de splitsingspunten, die tesamen de verdeling van de Bovenrijnafvoer aanzienlijk verbeterden ¹⁾. Het zou echter nog een tweehonderd jaar duren eer de grote waterstaatkundige problemen in dit land afdoend en voorgoed opgelost zouden zijn.

Om het water te kunnen beheersen zijn regelmatige metingen van waterstanden noodzakelijk. Alleen al uit onmiddellijk eigenbelang moest de mens al in de vroegste tijden aandacht besteden aan de waterstandsschommelingen in zijn omgeving: langs de kusten en in zeearmen, of op rivieren en meren. Met het oog op zijn veiligheid bleken hem alras de bijzonder hoge waterstanden van uitermate groot belang - lettend op de hem bekende hoogste stand stelde hij in onze streken zo goed mogelijk de hoogte van de eigen terp, later: van de eigen polderdijk vast. Maar ook vele eeuwen geleden al waren lagere waterstanden eveneens van belang, bijvoorbeeld voor scheepvaart en visserij, voor het uitslaan van polderwater en voor steenovens en de griendcultuur in en de beweiding van uiterwaarden.

Het ligt in de rede dat al vroeg de behoefte bestond op de een of andere wijze de zo gewichtige zeer hoge waterstanden voor zichzelf en voor het nageslacht vast te leggen.



Vloedmerken te Willemstad.

In ons land boden door het ontbreken van natuurlijke gesteenten alleen stenen muren en (nog in de Middeleeuwen schaarse) stenen gebouwen een mogelijkheid voor het langdurig markeren van zo'n stand en wel door het aanbrengen van een bout of een merksteen. Wanneer men begonnen is dergelijke bouwwerken daarvoor te gebruiken weet niemand. Wel is van na de Middeleeuwen het aanbrengen van zulke hoogwatermerken bekend, b.v. te Hattem (1552), in Amsterdam, Dordrecht en Harderwijk na de beruchte Alsterheiligenvloed (1570) en in Venlo (en Luik) in 1571. Nog heden treft men in ons land op menige plaats dergelijke (zij het jongere) hoogwatermerken aan.

Intussen bestonden er reeds voor 1200 in deze contreien waterschappen, belast met de zorg voor hoogwaterkeringen en met het aflaten van overtollig water, terwijl watermolens zeker al in 1282 (en vermoedelijk reeds ruim daarvoor) in Holland aanwezig waren. Hun functionering is zonder het op enigerlei wijze aflezen van waterstanden moeilijk denkbaar. Het lijkt dan ook aannemelijk dat de eerste georganiseerde waterstandsaflezingen in ons land op last van waterschappen en eerst later ook van steden en burgerlijke of militaire gezaghebbers zijn verricht. Hoe dit ook zij, in de 16e eeuw bezigt men her en der in het tijgebed een begrip „gewoon vloedpeil”.

Het zal blijken dat hier de oorsprong ligt van het Amsterdams Peil. Alvorens daarop in te gaan (hoofdstuk 2) is eerst een verklaring van het begrip „peil” nodig.

ir. A. Waalewijn

Bij een beschouwing over het Normaal Amsterdams Peil (NAP) is een nadere verklaring van de twee begrippen hoogtemeting en waterpassing onontbeerlijk.

Om te beginnen het begrip hoogtemeting.

Wat is hoogte? Een ogenschijnlijk overbodige vraag, want iedereen zal het erover eens zijn dat een persoon op de tiende verdieping van een flatgebouw *hoger* zit dan iemand op de begane grond. De persoon op de tiende verdieping bevindt zich *boven* degene op de begane grond; de laatste zit *beneden*.

Een voorwerp losgelaten uit het raam op de tiende verdieping valt *omlaag*, naar de begane grond.

Hieruit blijkt dat men bij het begrip hoogte een verband moet zoeken met de aantrekkingskracht die de aarde uitoefent op alles wat zich in de nabijheid bevindt. Deze aantrekking manifesteert zich als de zwaartekracht, een kracht die gericht is naar het middelpunt van de aarde ²⁾. De richting van de zwaartekracht noemt men de *verticaal*; deze richting is van fundamentele betekenis in de landmeetkunde. Het is zeer gemakkelijk om de verticaal in een bepaald punt op aarde zichtbaar te maken, namelijk door het ophangen van een gewicht aan een touwtje. De verfijnde uitvoering van dit eenvoudige instrument heet *schietlood*.

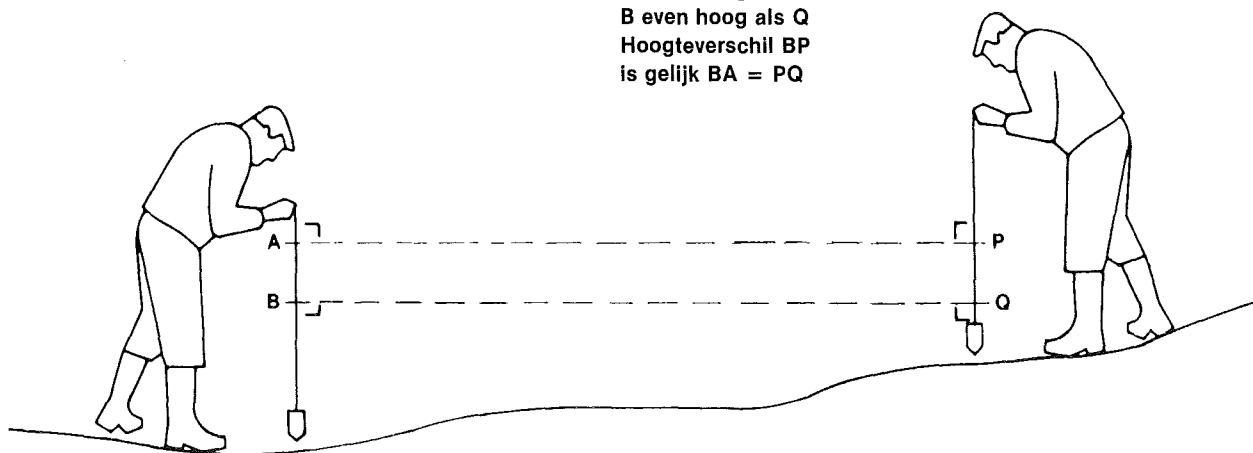
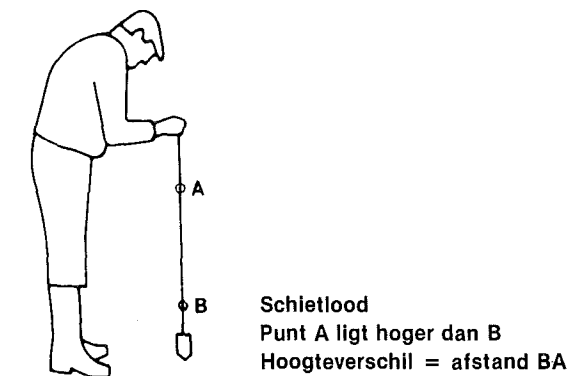
Hoogtemeting is nu gedefinieerd als het meten van afstanden langs de verticaal, positief gerekend naar boven toe, dus van de aarde af. Met behulp van deze definitie kan men de hoogte van de tiende verdieping ten opzichte van de begane grond bepalen, namelijk door een schietlood neer te laten en vervolgens de lengte van het touw te meten. Maar dat blijft wel beperkt tot een relatieve meting, men heeft slechts een *hoogteverschil* bepaald. Om te kunnen spreken over de *hoogte* moet er op de verticaal waarlangs wordt gemeten een nulpunt worden vastgesteld. Men zou op de gedachte kunnen komen om dit nulpunt in het middelpunt van de aarde te kiezen; dat is vooralsnog echter niet erg praktisch. Daarom wordt er een willekeurig punt, het zogenaamde *referentiepunt*, als nulpunt gekozen.

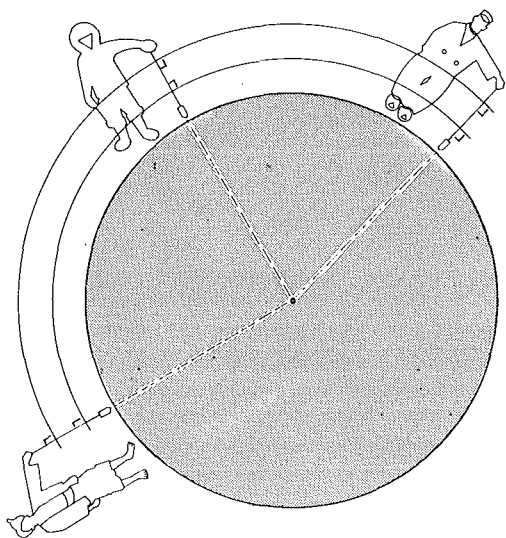
Al met al kan men met de bovenstaande definitie van hoogtemeting in de landmeetkunde maar weinig beginnen, omdat twee punten van het aardoppervlak slechts zelden in dezelfde verticaal liggen. Alleen bij steile rotswanden en bij door de mens gemaakte bouwwerken is aan deze voorwaarde voldaan.

Toch gelden de begrippen „boven” en „beneden” ook voor punten die niet in dezelfde verticaal liggen. Immers, onder invloed van de zwaartekracht bereikt een wielrenner in de afdaling een grote snelheid, ook zonder dat hij zich tot één enkele verticaal beperkt en een ieder weet dat de Rijn van Zwitserland naar ons land stroomt omdat Zwitserland „hoger” ligt dan Nederland. Er bestaat dus behoefte aan een methode om de hoogte te vergelijken van twee punten die *niet* in dezelfde verticaal liggen. Dit probleem kan worden vertaald in de vraag: wanneer zijn twee punten „even hoog”? Daartoe kiest men een vlak dat loodrecht staat op de verticaal. Een dergelijk vlak heet in het normale spraakgebruik een horizontaal vlak of waterpasvlak, in de landmeetkunde echter niveauvlak of equipotentiaalvlak.

Niveauvlakken loodrecht op de verticaal

A even hoog als P
B even hoog als Q
Hoogteverschil BP
is gelijk BA = PQ





Niveaувlakken zijn gebogen oppervlakken.

Per definitie noemt men nu alle punten in zo'n niveaувlak even hoog; zij hebben hetzelfde „niveau". Aangezien er een oneindig aantal vlakken loodrecht op de verticaal bestaan zijn er oneindig veel niveaувlakken.

Zo'n niveaувlak (horizontaal vlak) is in de natuur gemakkelijk te vinden, namelijk het oppervlak van stilstaand water in een theekopje of, op wat grotere schaal, in een vijver. Hangt men aan beide oevers van een vijver schietloden op dan zal blijken dat het wateroppervlak overal loodrecht staat op de verticaal.

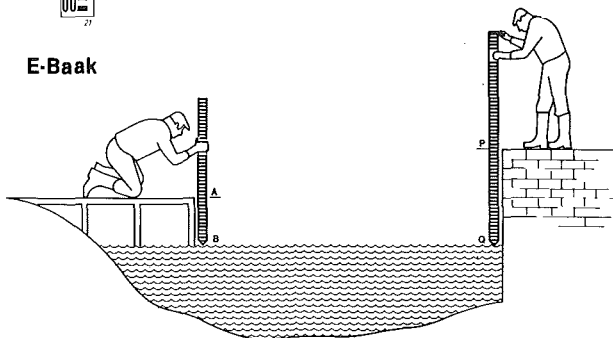
Een nauwkeuriger definitie van een niveaувlak stelt daarom dat een niveaувlak een vlak is dat in elk van zijn punten loodrecht staat op de verticaal.

Uit het voorgaande (het voorbeeld van de vijver) is misschien de indruk ontstaan dat een niveaувlak een plat vlak zou zijn; op het eerste gezicht lijkt het immers of alle verticalen (schietloden) evenwijdig zijn. Dat is echter geenszins het geval, want aangezien alle verticalen door het middelpunt van de aarde gaan moet men ze als snijdende lijnen beschouwen³⁾. In werkelijkheid zijn de niveaувlakken dus geen platte vlakken doch gesloten gekromde oppervlakken die de aarde omspannen. Eén van deze niveaувlakken noemt men de *geoïde*; deze wordt gedefinieerd als het niveaувlak dat samenvalt met het gemiddeld zeeniveau, het oppervlak dat de oceanen zouden aannemen indien er geen getijden, zeestromingen, windstuwing of golven zouden optreden. De geoïde wordt beschouwd als de geïdealiseerde vorm van de aarde en de bepaling van de juiste vorm ervan behoort tot het vakgebied der *geodesie*. Bij benadering is de geoïde een *omwentelingsellipsoïde*, een oppervlak dat in tegenstelling tot de geoïde met een eenvoudige wiskundige formule kan worden beschreven (zie hoofdstuk 9).

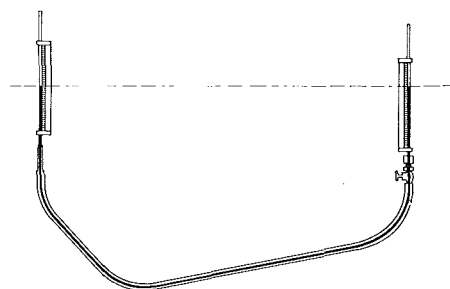
De afwijking van de gekromde niveaувlakken ten opzichte van het platte vlak is aanzienlijk; zij bedraagt ongeveer 78 mm bij een afstand van één kilometer, maar neemt toe met het kwadraat van de afstand. Dit houdt in dat de afwijking na 10 km al $100 \times 78 \text{ mm} = 7,8 \text{ m}$ bedraagt en voor de afstand Amsterdam-Maastricht (ongeveer 175 km) is zij bijna 2400 m.



E-Baak



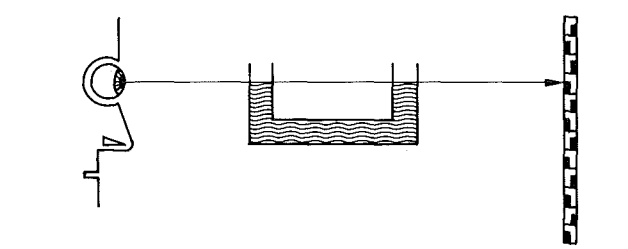
Principe van waterpassen
B even hoog als Q
P ligt $(QP - BA)$ hoger dan A



Hydrostatische waterpassing (flesjeswaterpas)

De meest voor de hand liggende methode is de *hydrostatische waterpassing*. Het waterpasinstrument bestaat in dit geval uit een geheel met water gevulde slang, aan elk van de uiteinden voorzien van een glazen buis, het *peilglas*. Volgens de wet van de communicerende vaten liggen de waterspiegels in de beide peilglazen in hetzelfde niveaувlak. Zo'n waterpassslang is in het algemeen wegens de transportproblemen slechts geschikt voor het meten bij korte afstanden, bijvoorbeeld op bouwwerken. In hoofdstuk 5 zal blijken dat de methode onder speciale omstandigheden echter juist voor metingen over zeer grote afstanden kan worden gebruikt.

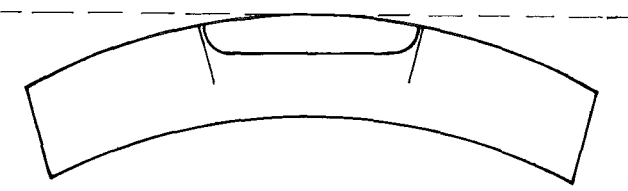
In de dagelijkse praktijk echter heeft men een handzamer waterpasinstrument nodig, waarbij het niveauvlak wordt benaderd door een horizontale „lichtstraal”. Dit heet de *optische methode*. In zijn eenvoudigste vorm kan men zich een dergelijk waterpasinstrument denken als een met water gevulde U-vormige buis, opgesteld op een driepoot (*statief*).



Principe waterpasinstrument en baak

De waarnemer kijkt langs de beide waterspiegels, dus volgens een niveauvlak. Hij noteert dan welke aflezing op de baak van het eerste punt (de zogenaamde achterbaak) met dit niveauvlak samenvalt, en herhaalt deze handeling met de baak op het tweede punt (de zogenaamde voorbaak). Het verschil van beide aflezingen is het gevraagde hoogteverschil.

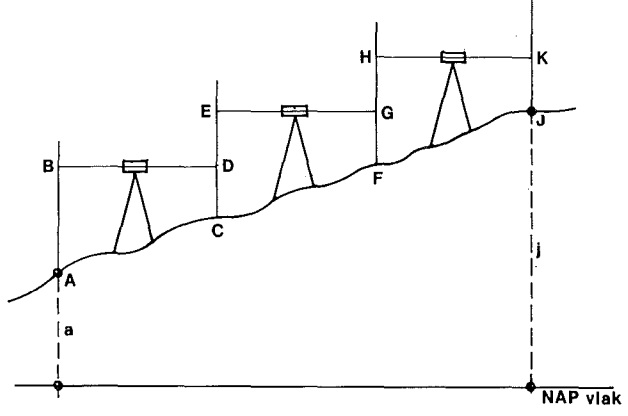
Dit principe is nader uitgewerkt in het gebruikelijke waterpasinstrument. Zo'n instrument bestaat uit een horizontale *richtkijker* die met behulp van een daarop aangebracht *niveau* („waterpas”) zuiver horizontaal kan worden gesteld. De richtkijker is voorzien van een stel *kruisdraden* die de horizontale „lichtstraal”, de *vizierlijn*, realiseren en waarmee men op de afbeelding van de baak in de kijker een aflezing kan doen. Het op de kijker aangebrachte niveau is een gedeeltelijk met vloeistof gevulde gebogen buis; de luchtbel in deze buis zal zich onder invloed van de zwaartekracht naar het hoogste punt van de kromming begeven. De raakklijn aan de gebogen buis in het midden van de bel is dan zuiver horizontaal.



Niveau (waterpas)

Sedert ongeveer 1950 zijn er ook zogenaamde automatische waterpasinstrumenten ontwikkeld waarbij door een in de kijker opgehangen prismasysteem onder invloed van de zwaartekracht automatisch een horizontale vizierlijn ontstaat.

Ondanks het feit dat voor de aflezing op de baak een kijker wordt gebruikt is de afstand van instrument tot baak, afhankelijk van de na te streven nauwkeurigheid, beperkt tot ongeveer 50 à 100 m. Dit betekent dat de maximale afstand van twee punten waarvan men het hoogteverschil wil meten slechts ongeveer 100 à 200 m is. Voor het overbruggen van grotere afstanden wordt daarom het traject door middel van tussenpunten verdeeld in een aantal stukken van 100 à 200 m. In elk van deze stukken (*slag* genaamd) meet men het hoogteverschil; de som van alle hoogteverschillen levert vervolgens het gevraagde hoogteverschil van de eindpunten. Deze meetmethode heet *doorgaande waterpassing*.



Principe hoogteoverbrenging door middel van doorgaande waterpassing.

Gemeten : Hoogte A = NAP + a.

: AB – DC = h₁

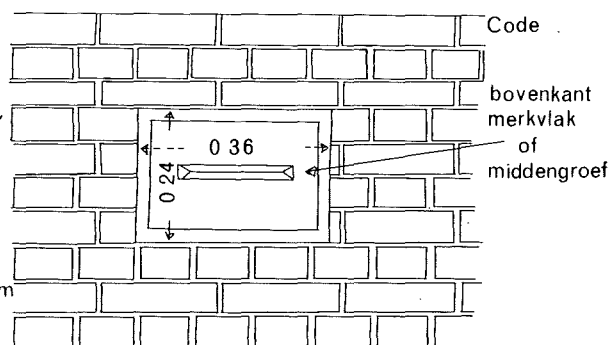
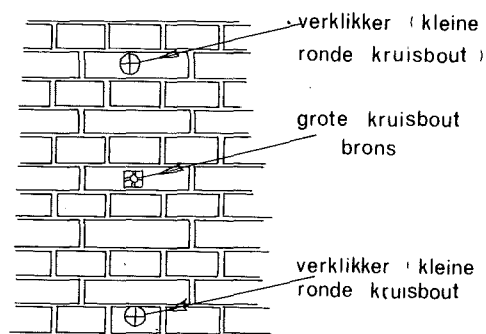
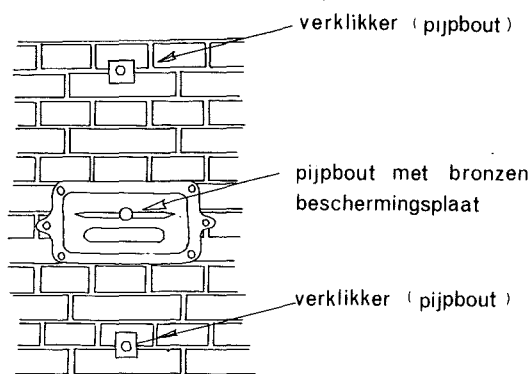
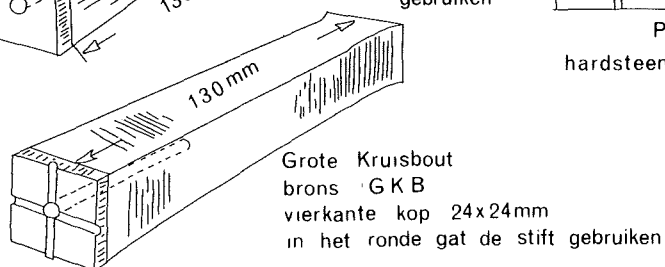
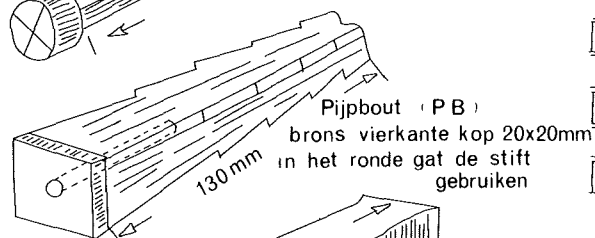
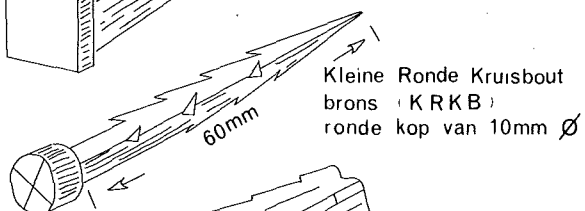
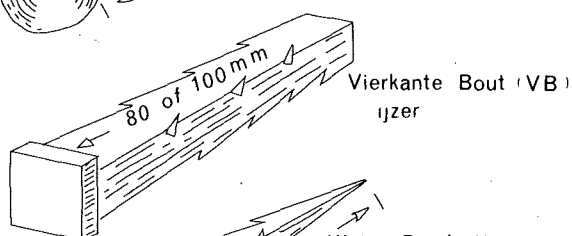
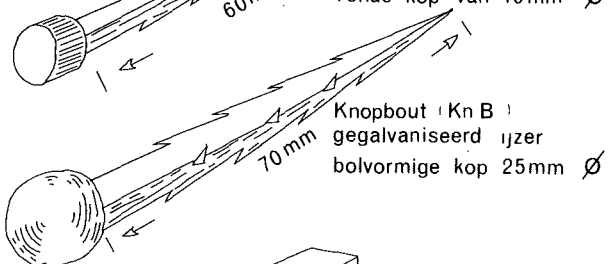
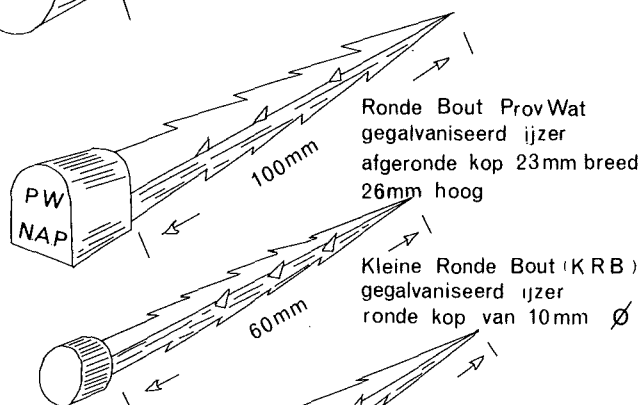
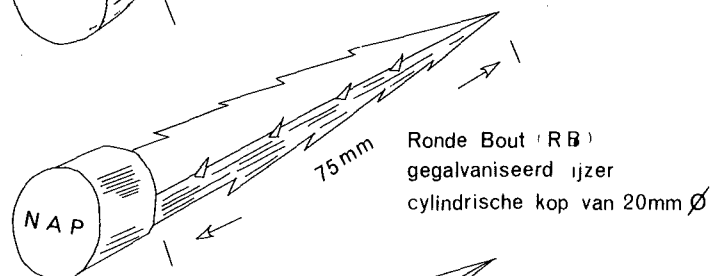
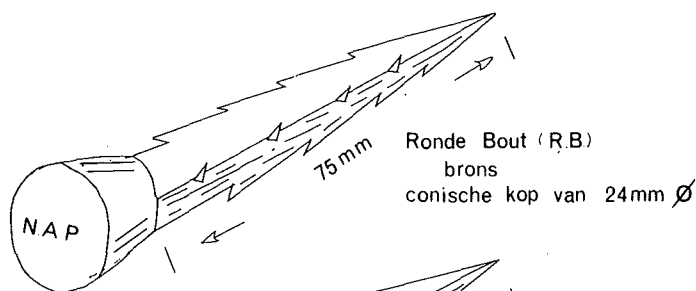
: CD – GF = h₂

: FH – KJ = h₃

Berekend: Hoogte J = NAP + a + h₁ + h₂ + h₃ = NAP + j

A BESCHOUWING VAN HOLLANDS WATERSTAAT		
RENVOL DER LETTERS		
Boven het Amsterdamse Peilj	B	A Hoge Rivier in Maart 1744
	C	B Idem in December 1740
	D	C Idem bij ijskropping 1726
	E	D Idem gedenksteen 1598
	K	E Klok slag
Boven het Amsterdamse Peilj	F	K Ordenair zomer water
	M	F Extra vlooden
	W	M Orden. vlooden
		W Orden. ebben
Boven het Amsterdamse Peilj	G	G Extra vlooden
	O	O Orden. vlooden
	b	b Orden. ebben
	d	d Met Ooste winden
Boven het Amsterdamse Peilj	I	I Extra vlooden
	Q	Q Orden. vlooden
	V	V Orden. ebben
	S	S Met Ooste winden
Peilj	H	H Sparendamse dijk
	L	L Slaper dijk
	N	N Hogen Rijn dijk, en droog Makerijs dijen, ten Noorden de Rijn
	P	P Wierikkerkade
	R	R Polder kadens
	T	T Winter boezem water
	X	X Stempelen, en onstempelen, der sluijen op Halfweegen
	Z	Z Middelbare bepolderde landen
	a	a Zomer boezem water
	e	e droog Makerijen en Uijtgeveende Plassen
Onder het Amsterdamse Peilj	R	R Polder kadens
	S	S Moolen Peilj
	c	c Middelbare bepolderde Landen
	e	e droog Makerijen en Veen Plassen
Onder het Amsterdamse Peilj	R	R Polder kadens
	y	y Middelbare bepolderde Landen
	e	e droog Makerijen en Veen Plassen

Tabel van de peilen in Holland naar Melchior Bolstra, 1744.



PEILMERK STEEN (PMS)
hardsteen met ingehakt hoogte cijfer

Verschillende typen peilmerken.

Bij de waterpassing volgens de optische methode ontstaat nog een klein probleem. Het licht plant zich namelijk rechtlijnig voort en de „lichtstraal” van het waterpasinstrument zal dus niet het gebogen niveauvlak volgen doch daarvan een raaklijn zijn. Daarom wordt in elke slag het instrument zodanig opgesteld dat de afstanden tot de beide baken even groot zijn. Dit zogenaamde „waterpassen uit het midden” heeft tot gevolg dat de (kleine) afwijking van de „lichtstraal” bij beide baken gelijk is, zodat deze in het verschil wegvalt. De kromming van de niveauvlakken vormt dank zij deze meetmethode geen bezwaar bij de optische waterpassing ⁵⁾. Het waterpassen uit het midden heeft nog een aantal andere theoretische voordelen, waar hier echter niet op zal worden ingegaan.

Bij alle tot nu toe besproken methoden van waterpassing zijn slechts hoogteverschillen verkregen. Om van de *hoogte* van een punt te kunnen spreken dient men een afspraak te maken over een nulpunt, in dit geval een nulvlak of *referentievlak*.

Door het kiezen van een referentiepunt wordt één van de niveauvlakken aangewezen als *referentieniveau* voor de hoogtemeting in een bepaald gebied. Zo'n referentieniveau wordt meestal aangeduid als het *peil*. Een peil had oorspronkelijk meestal zeer plaatselijke betekenis, bijvoorbeeld alleen in een polder. Later, toen er uitgebreidere waterstaatkundige werken moesten worden ontworpen nam men over grotere gebieden één peil aan. Uiteindelijk leidde dit tot de keuze van één nationaal peil. Oorspronkelijk waren er in Nederland een groot aantal lokale peilen bekend, bijvoorbeeld het Amsterdams Peil, het Delflands Peil, het Rotte Peil, het Winschoter Peil en vele andere. Het bijzondere van het Amsterdams Peil (de naamswijziging NAP = Normaal Amsterdams Peil zal verderop worden besproken) is het feit dat dit peil in 1818 tot algemeen gel-

dig referentieniveau voor geheel Nederland werd aangewezen.

Hoe bepaalt men nu de hoogte van een willekeurig punt in Nederland ten opzichte van het NAP? In principe zou dit moeten gebeuren door het hoogteverschil met het referentiepunt te meten, dus door het uitvoeren van een doorgaande waterpassing naar Amsterdam. In de praktijk gaat dat echter anders. Per land is er een centrale instantie die een netwerk van waterpassingen uitvoert, aangesloten aan het referentiepunt. In zo'n netwerk wordt de hoogte van een groot aantal vaste punten, *peilmerken* ⁶⁾ genaamd, gemeten, berekend en gepubliceerd. Dergelijke peilmerken zijn over het gehele land verspreid, vandaar dat deze activiteit bekend staat als „de verspreiding van het NAP”. Door middel van waterpassing vanuit een nabijgelegen peilmerk van het NAP kan door iedereen van elk willekeurig punt in Nederland de hoogte ten opzichte van NAP worden bepaald.

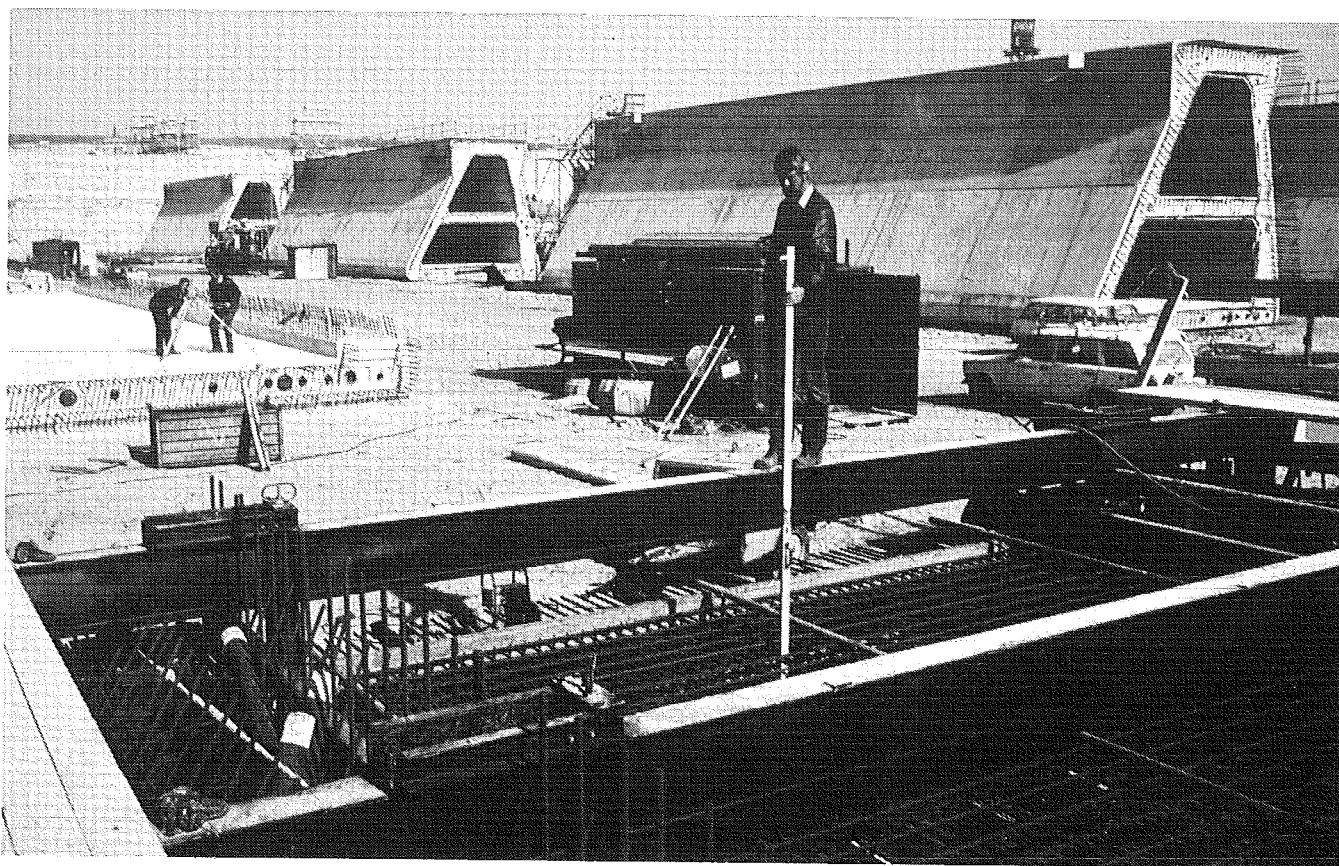
Het meten en berekenen van een nationaal waterpasnet is een tijdrovende operatie die met de grootst mogelijke zorgvuldigheid wordt uitgevoerd. Zo'n *nauwkeurigheidswaterpassing* moet vanwege het verloren gaan van peilmerken en vooral wegens het optreden van bodemdaling en inklinking met tussenpozen van 25 à 40 jaar worden herhaald, anders zijn de voor de peilmerken gepubliceerde hoogten niet meer betrouwbaar. Naast deze zogenaamde primaire waterpassingen kent men secundaire waterpassingen ter verdichting van het net. In Nederland is voor de verspreiding van het NAP de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat verantwoordelijk (zie hoofdstuk 6). Deze dienst publiceert van alle peilmerken de gegevens over de locatie en de hoogte, zodat de gebruikers overal in Nederland van deze peilmerken kunnen uitgaan bij hun waterpassingen.



NAP-bout n° 30G – 150 te Leidschendam



Souvenirtrommeltje „Drielandenpunt. Hoogste punt van Nederland”.



Waterpassing bouwput „Neeltje Jans”. Tijdelijk laagste punt van Nederland.

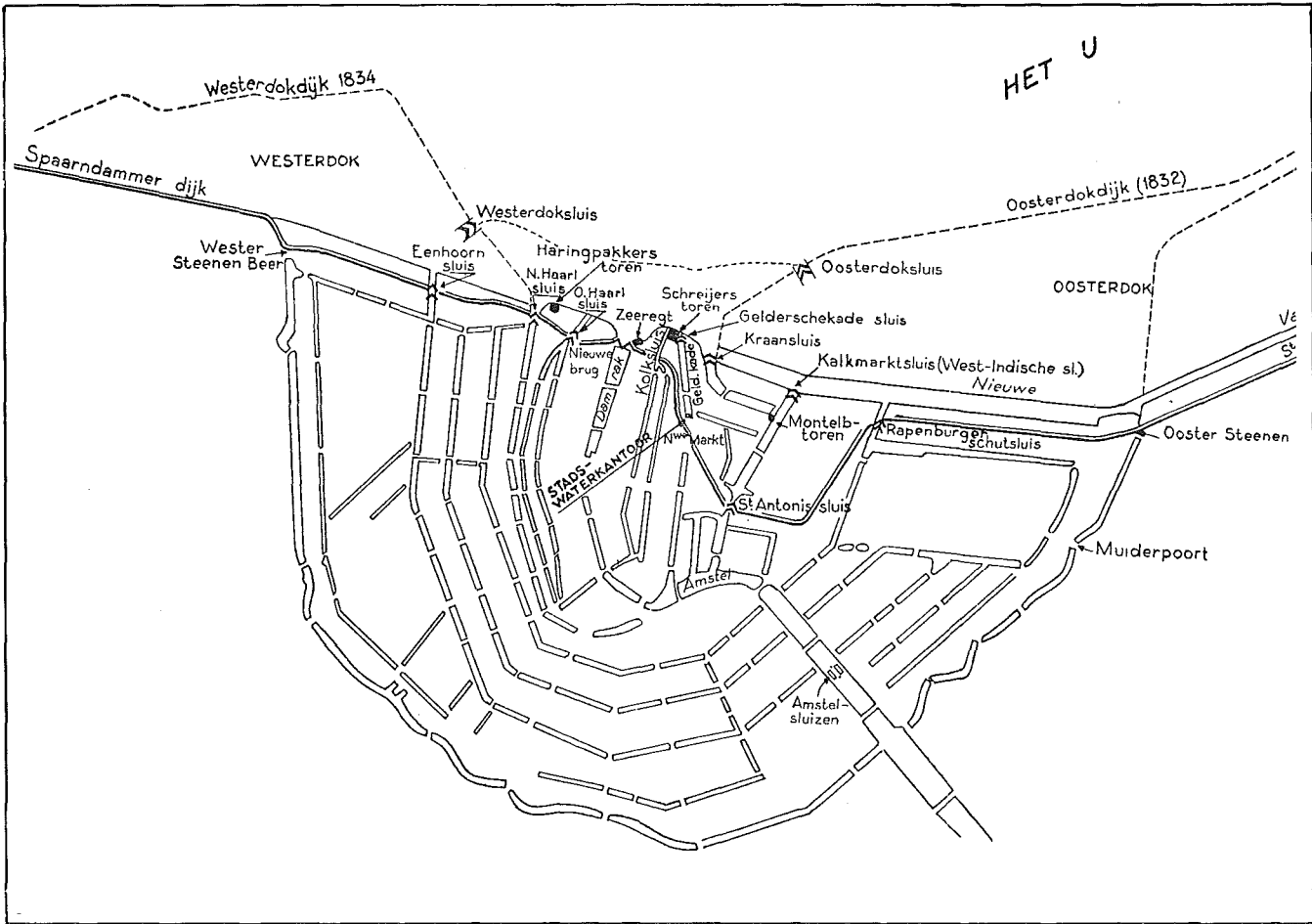
ir. A. Waalewijn

Ondanks verschillende, vaak uitgebreide, studies sedert het begin van de 19e eeuw is het niet gelukt om precies de oorsprong van het Amsterdamse Peil (AP, thans NAP geheten) vast te stellen. De meest recente studie is van P.I. van der Weele (1971). Hoewel er ook vóór de 17e eeuw enige vage aanwijzingen bestaan is er in een geschrift van 1662 voor het eerst sprake van „... het peyl, daerop het IJewater ingelaten word in de Grachten ...”. Wat later, in 1673 komt de naam „Stadspeil” voor het eerst voor en in 1674 wordt melding gemaakt van een „Stadts Peylsteen” in de muur van de Nieuwe Haarlemmersluis, gemerkt „S.P.”.

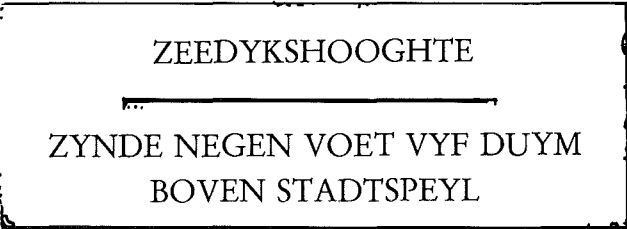
Nadat ten gevolge van de stormvloed op 4 en 5 november 1675 delen van de stad Amsterdam onder water waren geraakt besloot het

stadsbestuur de waterkering te verbeteren. De nieuwe waterkering kwam in april 1682 gereed en vervolgens werden van 1 september 1683 tot 1 september 1684 de hoogten van de eb en vloed ten opzichte van het Stadspeil in het IJ aan de Haarlemmersluis „alle Nagten” waargenomen, met uitzondering van de maanden januari en februari, „welke zijn overgeslagen om het toewater” 7). Uit deze waarnemingen kan men afleiden dat de gemiddelde vloed op het IJ te Amsterdam 1,8 mm beneden het Stadspeil bleef. Het Stadspeil was dus ongetwijfeld als de gemiddelde vloedhoogte bedoeld, hetgeen wordt bevestigd door Wagenaar die, sprekend over „een gemeene vloed in 't IJ” stelt: „Wanneer de vloed tot deze hoogte ... geklommen is, wordt het water gezeid te staan op Stads- of Amsterdamsch peil”.

De waterkeringen van Amsterdam in de 18e eeuw.



In de waterkering van Amsterdam bevonden zich behalve de reeds genoemde Haarlemmersluis nog een aantal andere sluizen. In acht van deze sluizen liet de toenmalige burgemeester Johannes Hudde peilmerken aanbrengen in de vorm van witte marmeren stenen waarin een horizontale groef was uitgehakt. Deze stenen droegen het opschrift



en worden dijkpeilstenen genoemd.

De dijkpeilstenen bevonden zich in de volgende sluizen, in volgorde van west naar oost: Eenhoornsluis, Nieuwe Haarlemmersluis, Oude Haarlemmersluis, Nieuwe Brugsluis, Kolksluis, Kraansluis, West-Indische sluis en Scharrebiërsluis.



Een van de dijkpeilstenen die burgemeester Hudde liet aanbrengen.

In bijgaande tabel is aangegeven tot wanneer deze stenen zijn gebruikt:

	1851	1876	1928	1952
Eenhoornsluis	x			
Nieuwe Haarlemmersluis	x			
Oude "	x	x		
Nieuwe Brugsluis	x	x	x	x
Kolksluis	x	x		
Kraansluis	x	x		
West-Indische sluis	x	x	x	
Scharrebiërsluis	x			

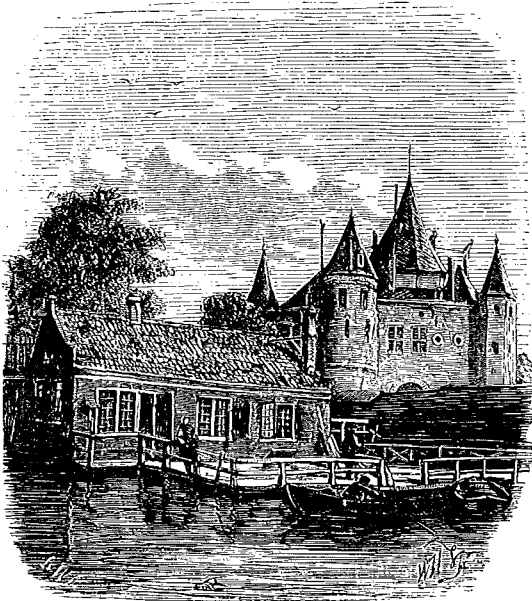
Het is niet bekend of deze stenen al in 1682, bij de verbetering van de waterkering, of pas na september 1684 (dus na de waterstands-waarnemingen) zijn geplaatst.

In ieder geval staat vast dat omstreeks die tijd, nu drie eeuwen geleden, het Amsterdamse Peil op voortreffelijke wijze werd vastgelegd.

Er zijn bij deze vastlegging een aantal opmerkingen te maken. In hoofdstuk 1 werd gesuggereerd dat een referentievlak (hier dus het AP) zou zijn vastgelegd door de keuze van één punt van dat vlak, het referentiepunt. Hier blijkt echter dat er te Amsterdam werd gekozen voor een achttal punten, die bovendien niet in het AP-vlak zelf lagen doch 9 voet 5 duim (= 2.6789 m) daar boven. Met andere woorden, de stenen van Zeedijkshoogte zijn in feite peilmerken, die slechts in combinatie met het hoogtegetal (2.6789 m) de ligging van het AP kunnen markeren. Dat er niet minder dan acht van dergelijke peilmerken zijn aangebracht heeft zowel voor- als nadelen. Eén van de voordelen is ongetwijfeld dat er een ruime reserve aanwezig was indien in de loop van de tijd peilmerken verloren gingen; dit voordeel zal verderop blijken. Bovendien is er een goede controlemogelijkheid aanwezig indien één van de peilmerken gestoord zou zijn, bijvoorbeeld door verzakking. Een nadeel van dit grote aantal is het probleem van de eenduidigheid dat optreedt indien de groeven aanvankelijk niet in één niveauvlak zouden hebben gelegen. In het volgende zal echter blijken dat de stenen met grote zorgvuldigheid zijn aangebracht.

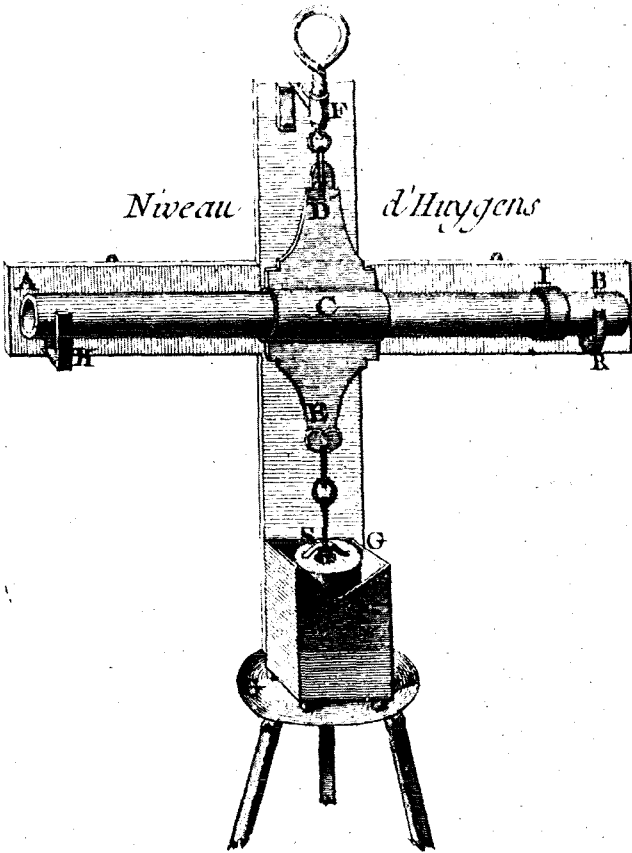
Van oorsprong was het AP blijkens het bovenstaande een peil dat was afgeleid uit het zeeniveau, en wel de gemiddelde hoogte van een normale vloed te Amsterdam ⁸⁾. Uit de waterstandswaarnemingen van 1683-1684 blijkt dat het tijverschil (het verschil tussen hoog- en laagwater) te Amsterdam $13\frac{23}{306}$ duim = 0.3365 m bedroeg zodat het AP in die tijd $\frac{0.3365}{2} + 0.0018 = 0.17$ m lag

boven het gemiddeld zeeniveau, beter gezegd de halftijstand (het gemiddelde van hoog- en laagwater) te Amsterdam. De relatie van het AP met het zeeniveau werd ook naderhand zorgvuldig waargenomen, namelijk door dagelijkse waterstandsmetingen in het Stadswaterkantoor aan de Nieuwe Markt. Overdag werd om het uur, des nachts om het half uur de waterstand ten opzichte van AP afgelezen en genoteerd. De waarnemingen vanaf 1 januari 1700 tot het tijdstip van afbraak van het Stadswaterkantoor in 1861 zijn bewaard gebleven; zij vormen ongetwijfeld de oudste reeks waarnemingen van het zeeniveau die waar ook ter wereld beschikbaar is.



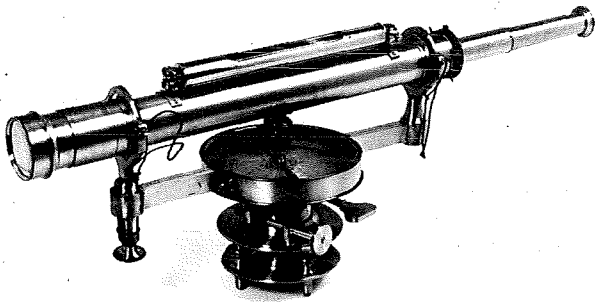
Het Stadswaterkantoor voor zijn afbraak in 1861.

In de loop van de 18e eeuw werd het AP door middel van eenvoudige waterpassingen verspreid in de omliggende gebieden. Op 16 november 1707 werd op last van „Rijnland” aan het Verlaet in de Drecht bij de Bilderdam „een peylplanck geslagen met den bovenkant overeenkomend met de stadspeyl van Amsterdam”. Ongeveer 30 jaar later, in 1737 werd ook aan „de Leidschen dam” de waterstand voor het eerst gemeten ten opzichte van AP, terwijl op een kaart van de Beneden Maas en de Merwede ($\pm$ 1740) van M. Bolstra opgaven van hoogten ten opzichte van AP voorkomen. Ook bij Vreeswijk was het AP reeds in 1737 bekend, terwijl het in 1747 te Woerden en in 1748 te Muiden werd aangegeven. Bij al deze overbrengingen benutte men bij gunstige weersomstandigheden de stilstaande waterspiegels in de boezem- of andere wateren; slechts voor de verbinding tussen twee gescheiden wateren was een waterpasinstrument nodig. Hiervoor was een flesjeswaterpas of een speciaal instrument, ontworpen door Huygens, het meest gebruikte hulpmiddel.



Het waterpasinstrument van Christiaan Huygens (1629-1695).

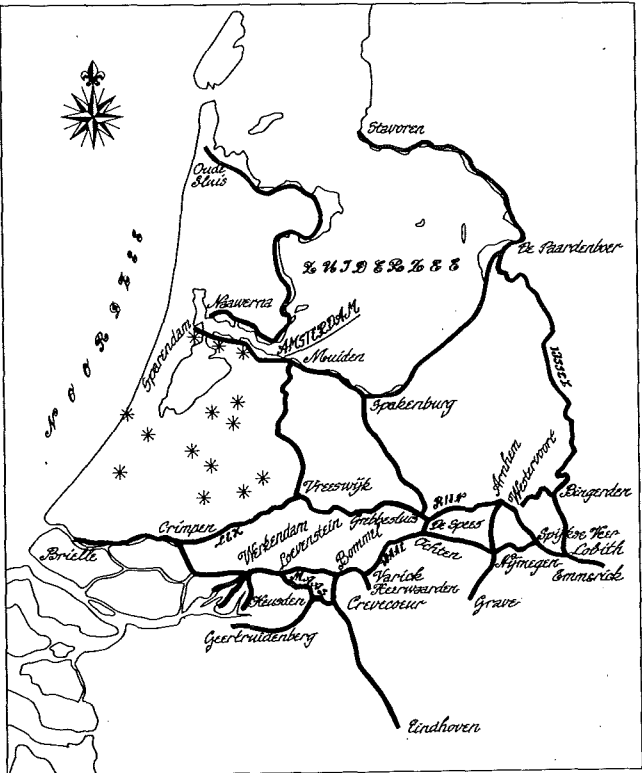
Al deze overbrengingen vonden echter slechts incidenteel en zonder veel coördinatie plaats. Eerst tijdens de Bataafse en Franse tijd werd een systematische verspreiding van het AP ter hand genomen. De Adjunct-Inspecteur-Generaal der Rivieren, de latere generaal C.R.T. Krayenhoff voerde van 1797 tot 1812 met de aan hem toegevoegde geografische ingenieurs (militairen) doorgaande waterpassingen uit vanuit Amsterdam naar de grote rivieren. Dit net werd aan het einde van de operatie nog uitgebreid met enige waterpassingen langs de kust van de Zuiderzee, die door de Waterstaat werden gemeten. Krayenhoff maakte bij deze waterpassingen gebruik van het waterpasinstrument van Ramsden, bestaande uit een horizontale richtkijker met daarop gemonteerd



Het waterpasinstrument van Krayenhoff.

een niveau. Toch hield hij ook de oude methode in ere, onder andere toen hij op 5, 6 en 7 januari 1813 door middel van de waterspiegels in de met ijs bedekte wateren van het Hollandse polderland het AP overbracht naar peilschalen en peilmerken tot aan Katwijk, Leidschendam en Oudewater toe.

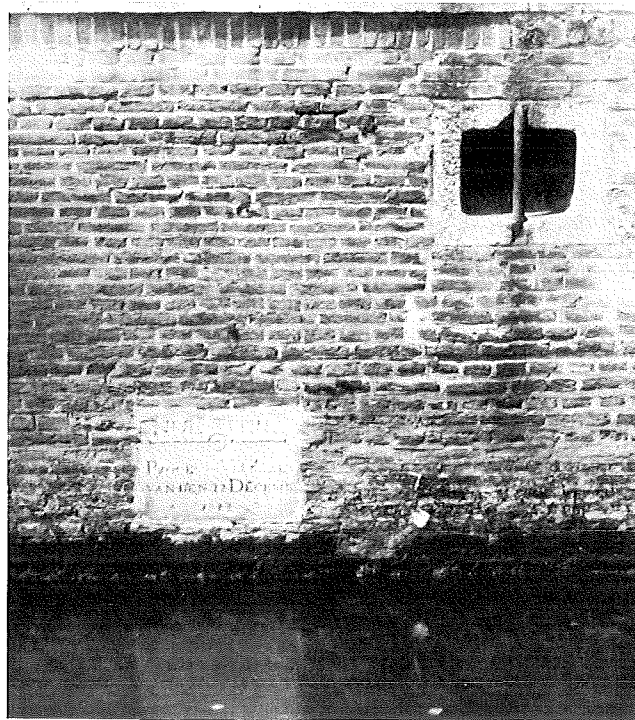
Krayenhoff had het AP tot vergelijkingsvlak gekozen, „daar het Amsterdamsche Peil overal zoo zeer bekend is en aan verscheidene waterschappen tot rigtsnoer verstrekt”. Oorspronkelijk was hij daarbij uitgegaan van het nulpunt van de peilschaal aan de Amstelsluis. Dit nulpunt liet Krayenhoff op 22 december 1812 op plechtige wijze door een commissie onder zijn leiding vergelijken met het nulpunt van de schaal in het Stadswaterkantoor en met de hoogte van de dijkpeilsteen in de Kolksluis. De heren begaven zich daartoe op het ijs en, nadat de waterkeringen van de binnenstad waren gesloten, gebruikten zij de waterspiegel in de stad als waterpasvlak. Blijkens het opgemaakte Proces-Verbaal constateerde de commissie dat de hoogte van alle onderzochte punten „juist was



Reconstructie van het net van de waterpassing van Krayenhoff (ijswaarnemingen schematisch aangegeven met *).

zooals dezelve behooren te zijn" ⁹⁾; een constatering die menige landmeter thans met jaloezie zal vervullen. Op grond van deze metingen op 22 december 1812 werden vier stenen op verschillende plaatsen (onder andere in de Amstelsluis) ingemetseld, „ten einde de ingehakte groeven in deze vier steenen te mogen doen dienen niet alleen tot standvaste verzekering van den stand des nulpunts der Amsterdamsche peilschaal maar ook tot duurzame bewaring van het denkbeeldig waterpasvlak, waartoe de geconcateneerde waterpassing ¹⁰⁾ der rivieren en wateren van de Hollandsche departementen is herleid geworden". Deze extra stenen zijn blijkens het Proces-Verbaal pas na de metingen van 22 december 1812 aangebracht. Naderhand, in 1851, gaven afwijkingen in de hoogteligging van deze stenen aanleiding tot enige verwarring omtrent de juiste ligging van het AP. Deze verwarring werd nog vergroot toen door Stamkart in 1861 een fout van 8 cm in het nulpunt van de peilschaal van het Stadswaterkantoor werd gevonden. Dit probleem is echter te specialistisch om hier verder op in te gaan. Het is overigens merkwaardig dat Krayenhoff van de oorspronkelijke dijkpeilstenen alleen die in de Kolksluis heeft benut. Alle acht moeten toen nog aanwezig zijn geweest, want dat was volgens Van der Sterr (1934) nog in 1851 het geval.

Krayenhoff publiceerde de gegevens omtrent ligging en hoogte van de door hem bepaalde peilmerken (destijds verkenmerken genoemd) in 1813 in de „Verzameling van hydrographische en topographische waarnemingen in Holland". Het is de oudst bekende publikatie van deze aard (zie ook hoofdstuk 6).



De steen met het nulpeil in de Amstelsluis.



Krayenhoff

C.R.T. Krayenhoff (1758-1840).

XL. AFD.

HAKKELROUTEN EN ANDERE VASTE VERKENMERKEN LANGS DEN VAARTSCHE RIJN,
DE RIVIER DE VECHT EN DE MUIDER TREKVAART.

No.	P L A A T S E N D E R V E R K E N M E R K E N.	Derzelver betrekking tot AP.		AANMERKINGEN.	AANMERKINGEN OMTRENT HET AMSTERDAMSCH PEIL.
		V. D. L.	Meters.		
24.	AMSTERDAM, in den westelijken vleugel van den oostelijken opgang der groote <i>Amstel</i> -brug, of zoogenaamde <i>Hooge Sluis</i> aan den <i>Binnen-Amstel</i> .	2. 9. 1.	0,865.	Deze bout is op den kop één duim vierkant en voert het jaarmerk 1808.	en elders, zijn ingemetseld. — Op den 22 December 1812 is door mij en eene Commissie, van wege den Heere Maire der Stad daartoe benoemd, de stand van dit <i>Stads-peil</i> , met betrekking tot de groef in den steen aan de <i>Kolks-waterkeering</i> , met alle oplettenheid onderzocht en bij uitslek naauwkeurig bevonden; het Proces-verbaal van dit onderzoek is gequoteerd N°. 5. en op den 8 Januarij 1813 geregistreerd op het 1 ^e Bureau der 1 ^e Divisie van de Mairie, in het <i>archif der fabricage</i> , en heeft ten gevolge gehad, dat, op last van welgemelden Heere Maire en op ons verzoek, tot betere verzekering van dit vaste punt, vier steenen zijn ingemetseld, de eerste in den muur van den westelijken koker der groote <i>Amstelsluis</i> nevens de Peilschaal; de tweede in het oostelijk contrefort van het agterfront der <i>Beurs</i> ; dat is, aan de zijde van het <i>Rockin</i> ; de derde in den <i>Schrijvers Toren</i> aan het einde van de <i>Gelderse Kaai</i> ; en de vierde in de hoofdmuur van de <i>Kolks-waterkeering</i> , beneden den <i>Dijk-peilsteen</i> , op welke vier steenen het AP door eene ingehakte groef is aangewezen, waaronder de dagteekening van het Proees-verbaal voornemd. Het Amsterdamsche <i>Stads-peil</i> behoort vooral onderscheiden te worden van het Amsterdamsche <i>Lijdelijk Peil</i> of <i>Borze-peil</i> van <i>Amsteland</i> , zijnde 5 tot 6 duimen lager dan het <i>Stads-peil</i> , en aldus genaamd, om dat de bodems der kelders in de stad geene hoogere opmaling van den boezem lijdende of verdragen kunnen, zonder dat het water gehinderd te worden. Het Amsterdamsche <i>Stads-peil</i> , te weten ons AP, is bij de voornaamste Waterschappen in de Departementen van de <i>Zuiderzee</i> en de <i>Mond-en van de Maas</i> op onderscheidene plaatsen overgebracht, en tot rigtsnoer aangenomen: ten einde de naauwkeurigheid der bepaling van deze Peil-merken te beproeven, zijn, op ons verzoek, gedurende den 5, 6 en 7 Januarij 1813, alle de uitwaterende Sluizen dezer Waterschappen gesloten gebleven, terwijl het ijs de oppervlakte van het water bedekte, en is voorts op gelijke uren 8, 12 en 4, gedurende deze drie dagen, de stand van het water in betrekking tot AP met alle naauwkeurigheid opgenomen; gedurende den 6 Januarij hebben in <i>Rhinland</i> , <i>Delfland</i> en <i>Schieland</i> de Watermolens volkomen stil gestaan, en slechts in den nacht gemaal, de beide overige dagen gaven dezelve eenig water, doch daar de sluizen steeds gesloten bleven, stelde zich het aangevoerde water zeer spoedig tot den horizontalen natuurlijke stand, en de hier door veroorzaakte klimming was op alle plaatsen der waarnemingen genoegzaam even groot. De hierna volgende Tafel is, naar die waarnemingen, opgemaakt en kan doen zien, welk het verschil is in den stand van deze Peilmerken met het ware <i>Amsterdamsche Stads-peil</i> .
25.	In den voor-gevel tusschen en beneden de beide vensters van het Sluis-wagters huisje aan de groote <i>Amstel-Sluis</i> .	6. 5. 9.	2,034.	Nabij deze bout is de peilschaal aangeplaatst tegen de hoofd-muur aan de westzijde van den eersten of westelijken koker der sluis. (*)	

(*) AANMERKINGEN OMTRENT HET AMSTERDAMSCH PEIL.

Het *Amsterdamsche Peil*, in deze tafelen door de letters AP voorgesteld, heeft tot vergelijkings-punt gedient van alle de waterpaslijnen der Rivieren en Wateren in Holland, de daarbij opgenomene Peilschalen en gestelde of gekozen *Verkenmerken* zijn allen herleid geworden tot een denkbeeldig horizontaal vlak, door dit punt gaande, het welk *Stads-peil* genoemd wordt, en zedert meer dan 60 jaren onbewegelijk gebleven is. Men vindt van dit Peil gewag gemaakt in de *Geschiedenis der Stad Amsterdam*, door WAGENAAR beschreven (gedrukt in folio 1765) Tweede Stuks of 3^e Deels re Bock, blad. 61. alwaar deszelfs stand wordt opgegeven en bepaald op 9 voeten en 5 duimen *Amsterdamsche maat*, = 8'. 6". 3½" *Rhinlandfche*, = 2,676 *Meters* beneden de groef in de dijk-peilsteen, die in de muur van de *Kolks-waterkeering*, in die onder de *nieuwe brug*,

Bladzijden uit Krayenhoff's „Verzameling van hydrografische en topografische Waarnemingen in Holland”.

Dank zij het werk van Krayenhoff was het AP in betrekkelijk korte tijd over een groot gedeelte van Nederland verspreid. De verbetering van de rivieren (ongetwijfeld mede aanleiding tot de waterpassing) vergde een eenduidig referentievlak over grote afstanden en ook voor de bouw van verschillende kanalen was dit ten eerste gewenst. Naar aanleiding van een memorie van de Waterstaat (door de Inspecteur-Generaal A.F. Goudriaan) werd bij KB van 18 februari 1818 nr. 60 het AP als algemeen vergelijkingsvlak voorgeschreven. Tijdens de regering van koning Willem I werd in verband met de kanalen- en wegenbouw het AP verder over Nederland (en gedeeltelijk over België) verspreid. De aanleg van spoorwegen sedert 1839 droeg daar naderhand in niet geringe mate toe bij. Zelfs tot ver over de grenzen diende het AP als vergelijkingsvlak bij de

spoorwegbouw. In Duitsland bijvoorbeeld werd in 1860 een tabel gepubliceerd van de hoogten van ± 550 stations der Pruisische Spoorwegen aangegeven als „Höhe über dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels”¹¹⁾. Echter, alleen de gegevens voor Rheinland en Westfalen waren in directe verbinding met het AP tot stand gekomen; voor de oostelijke gebieden tot Königsberg (= Kaliningrad), en Breslau (= Wrocław) toe, had men de hoogten, gemeten ten opzichte van de peilschaal van Swinemünde (= Swinoujscie) tot hoogten ten opzichte van AP gereduceerd. Het AP was volgens Jordan vóór 1880 in Pruisen één van de meest gebruikte peilen en ook Von Morozowicz vermeldt dat in Pruisen westelijk van Hannover en Kurhessen (= Kassel) het AP algemeen werd gebruikt.



Demonstratie nauwkeurigheidswaterpassing $\pm$ 1880

De Eerste nauwkeurigheidswaterpassing en de invoering van de benaming NAP

ir. A. Waalewijn

In tegenstelling tot de situatie in Nederland was er in de eerste helft van de 19e eeuw in Duitsland geen over het gehele land uitgevoerde systematische waterpassing aanwezig. De verschillende incidentele waterpassingen, vaak zonder systeem aan elkaar aangesloten, leidden voortdurend tot onoplosbare tegenspraken. Dit probleem kwam ter sprake op de eerste conferentie van de „Mittel-europäische Gradmessung“, die van 15 tot 22 oktober 1864 te Berlijn werd gehouden onder voorzitterschap van generaal J.J. Baeyer, directeur van het Preussische Geodätische Institut te

Potsdam. Ter verduidelijking: een „graadmeting“ is bedoeld om de vorm van de aardellipsoïde te bepalen met behulp van drie-hoeksmetingen en astronomische metingen. Het probleem van de hoogtemeting is daarbij slechts van secundair belang; niettemin nam deze conferentie een resolutie aan, waarin erop werd aangedrongen dat elk land een primair waterpasnet zou meten. En niet alleen dat, er werd ook aanbevolen deze netten aan de landsgrenzen met elkaar te verbinden, zodat de referentievlakken konden worden vergeleken.



Overzicht van het net van de Eerste nauwkeurigheidswaterpassing.

„Onze Regeering deed meer en beter dan dit” stelt Cohen Stuart in 1877 in zijn voordracht voor het Koninklijk Instituut van Ingenieurs; in plaats van de gevraagde vergunning te verlenen bood zij aan de desbetreffende verbinding zelf te doen waterpassen en voorts om een net van waterpassingen over geheel Nederland te zullen meten. Dat besluit was met ongebruikelijke spoed genomen, omdat anders (maar dat zei Cohen Stuart er niet bij) „... de Regeering, zonder aanstoot te geven, niet zou kunnen verhoeden dat Pruisische officieren of ambtenaren in ons land de waterpassingen kwamen verrichten”¹²).

A detailed black and white photograph of a mechanical mangle, likely a rubber mangle, featuring two large horizontal rollers, a hand crank on the left, and a sturdy metal frame. The machine is positioned on a flat surface, with a small cylindrical container visible to the right.

Het waterpasnet en de meetmethoden werden ontworpen door dr. L. Cohen Stuart, directeur van de Polytechnische School ¹³⁾ te Delft, die met de leiding van de metingen was belast. De benodigde waterpasinstrumenten werden speciaal vervaardigd door de gebroeders Caminada te Rotterdam. Cohen Stuart ontwierp een speciale methode om de baakaflezing zo nauwkeurig mogelijk te verrichten; een procédé dat naderhand ook bij Duitse waterpassingen werd ingevoerd onder de benaming „Holländisches Nivellierverfahren". Na de plotselinge dood van Cohen Stuart in 1878 ging de leiding van de „Rijkswaterpassing" over naar de in 1879 opgerichte Rijksc commissie voor Graadmeting en Waterpassing ¹⁴⁾. De metingen werden verricht door twee à drie meetploegen van acht personen, elke ploeg onder leiding van een jonge civiel-ingenieur. Aangezien in elke meetploeg een tweetal oudste-jaars studenten was opgenomen bleef het meetseizoen beperkt tot de zomervakanties van de Polytechnische School (half juli tot begin oktober).

N^o. 101.

Baarn, 21 Juni 1807.

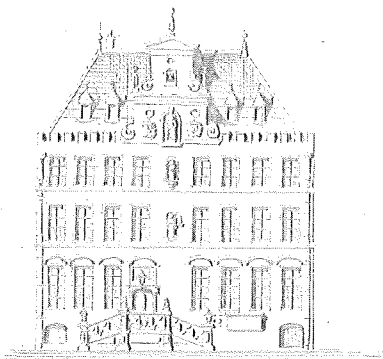
Naar aanbidding Uwer mijne
van den 18 dezer, heb ik de eer ^u te berichten, dat
het verkenningmerk, geplaatst aan het paleis
te Soestdijk, op last Elis Konings in het noez
voordach van 1807 is weggewonnen.

De Burgemeester van Baarn
D. Voutkamps
f. B.

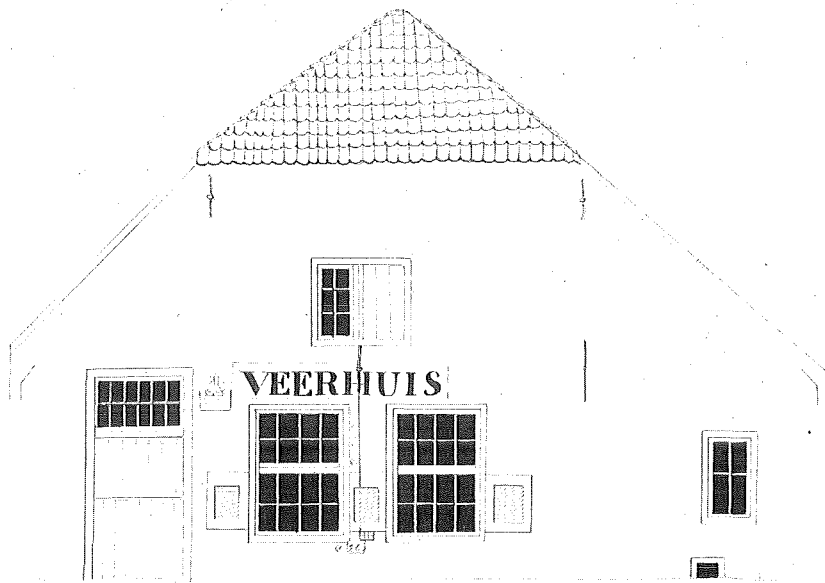
Het werk kwam in 10 jaar gereed en de resultaten werden gepubliceerd in „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” ('s-Gravenhage 1888). De totale lengte van het net bedroeg ruim 2100 km en in de publikatie werden de gegevens van 976 punten (peilmerken en nulpunten van peilschalen) opgenomen.

Met de publikatie van de resultaten in 1888 beschouwde de Rijksc commissie voor Graadmeting en Waterpassing haar taak ten aanzien van de waterpassing als beëindigd. De zorg voor het bewaren en zo nodig vervangen der merken werd op 29 december 1888 opgedragen aan de Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat. De uitkomsten van de waterpassing van 1875-1885 en de daaraan verbonden secundaire metingen hebben tot het gereedkomen van de Tweede nauwkeurigheidswaterpassing de grondslag gevormd voor alle hooftbepalingen in Nederland.

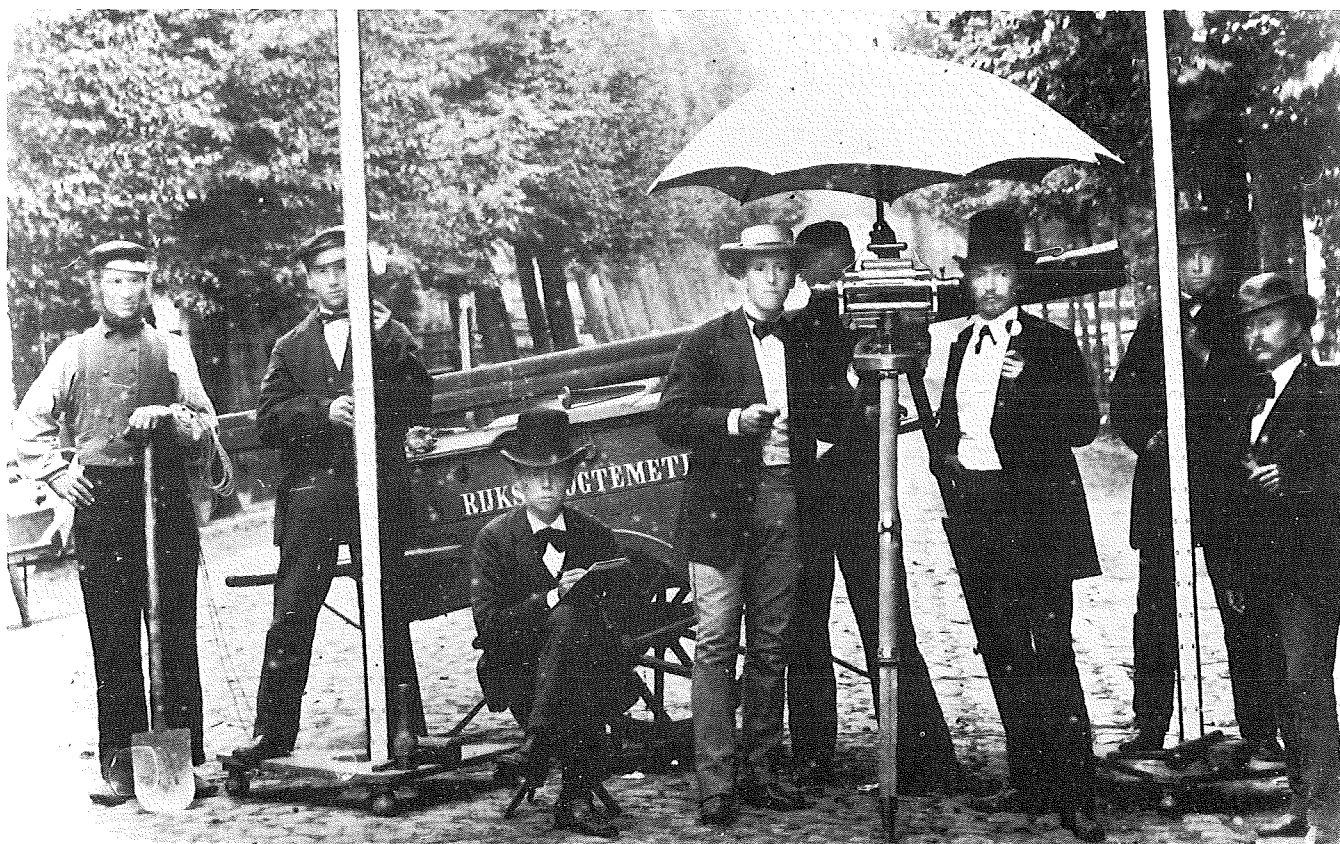
N^o 35-
*Hoofdelmerk in het stadhuis
 te Bergen op Zoom.*



*Voortzestelyke of voorgevel van het veerhuis
 te Bokhoven, van H van de Looen.*
Deze tekening is door de Looen.

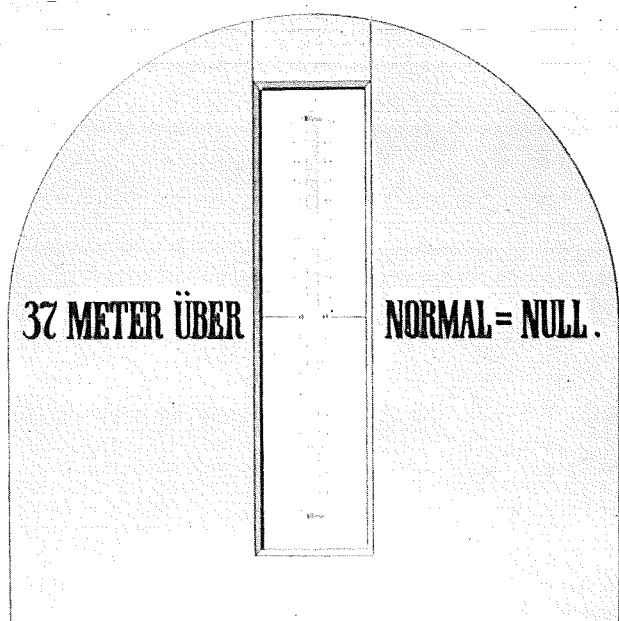


Voor het terugvinden van de peilmerken werden schetsjes gemaakt van de plaats waar ze waren aangebracht. Deze schetsen waren soms ware juweeltjes waarop de peilmerken echter nauwelijks meer waren terug te vinden. Hier het stadhuis te Bergen op Zoom en het Veerhuis te Bokhoven.

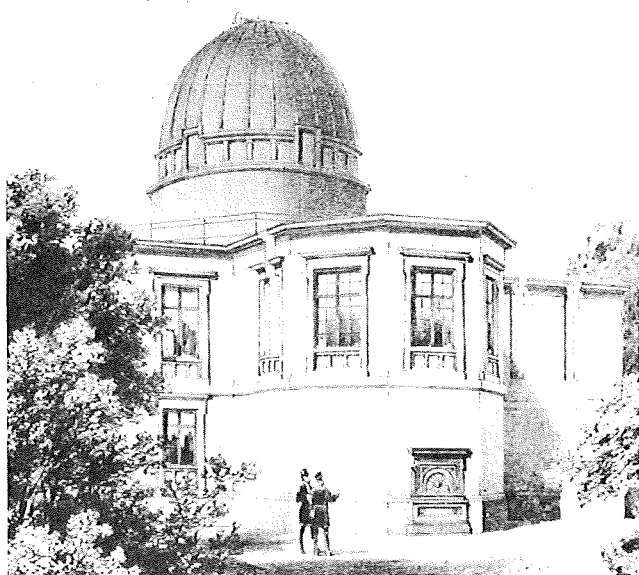


De meetploeg van ir. C. Lely (met witte hoed) die in de gehele Eerste Nauwkeurigheidswaterpassing een belangrijke rol vervulde. Later verwierf hij nationale bekendheid in verband met de Zuiderzeewerken.

Hoe was het ondertussen met de aansluiting van de Duitse waterpassingen gegaan? In 1876 kwamen de metingen over de trajecten Amsterdam-Deventer, Deventer-Nieuweschans en Deventer-Denekamp gereed, in 1877 volgde de verbinding Oldenzaal-Salzbergen. Op grond van de aldus verkregen gegevens berekenen de de Preussische Landesaufnahme de hoogte van haar peilmerken te Berlijn ten opzichte van AP. Ter duurzame vastlegging van dit peil werd aan de Sterrenwacht te Berlijn een syenietplaat ingemetseld, waarop een millimeterschaaltje was bevestigd, welks nulstreep op 37 m boven het AP lag. De steen werd op 22 maart 1879 (de verjaardag van de Duitse Keizer) officieel geïnstalleerd als referentiepunt voor alle Duitse waterpassingen. In Duitsland werden in het vervolg alle hoogten die bepaald waren uit de Duitse nauwkeurigheidswaterpassing sinds 1879 aangemerkt als hoogten ten opzichte van de Normal-Null (NN), in feite een andere naam voor het vergelijkingsvlak AP. Dat de Duitse landmeters dit niet waren vergeten blijkt wel uit het volgende lied.



De syenietplaat met het NN-peil



De Sterrenwacht te Berlijn met de vastlegging van het Normal-Null.

Het werd in 1887 voor het eerst gezongen tijdens een feestelijke boottocht op de Elbe bij Hamburg ter gelegenheid van de afsluiting van de „15e Haupt-Versammlung des Deutschen Geometer-Vereins“.

Der Pegel zu Amsterdam ¹⁵⁾.

(Melodie: Deutschland, Deutschland über Alles.)

Auf des Meeres kühlem Grunde
An dem Strand bei Amsterdam
Steht der wichtigste der Pegel
Halb bedeckt mit Sand und Schlamm.
Zwischen Austern, Krebsen, Fischen,
Die bekanntlich kaltes Blut,
Taucht nur selten eine Latte ¹⁶⁾
Zu ihm in die dunkle Fluth.

An Gebäuden, festen Punkten,
Pyramiden ¹⁷⁾ ohne Zahl,
Auf den Strassen sieht man Bolzen,
Jeder dünkt sich recht normal
Am normalsten dünkt sich jener,
Den man in Berlin gesetzt,
Er vergisst jedoch nur leider,
Dass er Kindespflicht verletzt.

Tröste dich, du armer Pegel,
Bleib' hübsch ruhig und normal,
Alle sind sonst null und nichtig,
Richtig keine Höhenzahl:
Denn die Bolzen, denn die Marken,
Alle Punkte gross und klein
Sind bezüglich ihrer Höhe
Nur basiert auf Dich allein.

Maar niet alleen in Duitsland, ook in Nederland zou het AP spoedig een nieuwe naam ontvangen. De resultaten van de Eerste nauwkeurigheidswaterpassing leverden namelijk voor reeds bestaande peilmerken (vooral op wat grotere afstand van Amsterdam) aanzienlijke verschillen op met de eerder bekende hoogten die waren gebaseerd op de waterpassing van Krayenhoff. In de „Uitkomsten der Rijkswaterpassing“ werden deze oude hoogten („tot nu aangenomen“) in een aparte kolom vermeld. Aangezien er ter plaatse aan de peilmerken niets leek te zijn veranderd, kon men door het gewijzigde hoogtecijfer de indruk krijgen dat het AP-vlak ter plaatse was gewijzigd. Omdat het verschil plaatselijk tot één à twee decimeter opliep, ontstond er bovendien verwarring indien de resultaten van de nieuwe waterpassing werden gebruikt in combinatie met oude, nog niet hermeten peilmerken. Daarom voerde men voor het vergelijkingsvlak, zoals dat uit de Eerste nauwkeurigheidswaterpassing volgde op 1 januari 1891 de benaming NAP in ¹⁸⁾. Wat de toegevoegde letter N voorstelde werd er niet bij vermeld; noch in de registers „Hoogte van Verkenmerken“ noch in een desbetreffend bericht in het tijdschrift „De Ingenieur“ (1893 p.10) is de betekenis van de letter N verklaard. Het blijkt dat de toevoeging N is geschied op voorstel van de Rijksc commissie voor Graadmeting en Waterpassing; in de notulen van de 46e vergadering (5 mei 1890) werd uitdrukkelijk gesteld dat NAP zou betekenen *Normaal Amsterdams Peil*. Blijkbaar min of meer in analogie met de Duitse naamswijziging (Normal-Null), die ongetwijfeld is voortgesproten uit dezelfde problematiek.

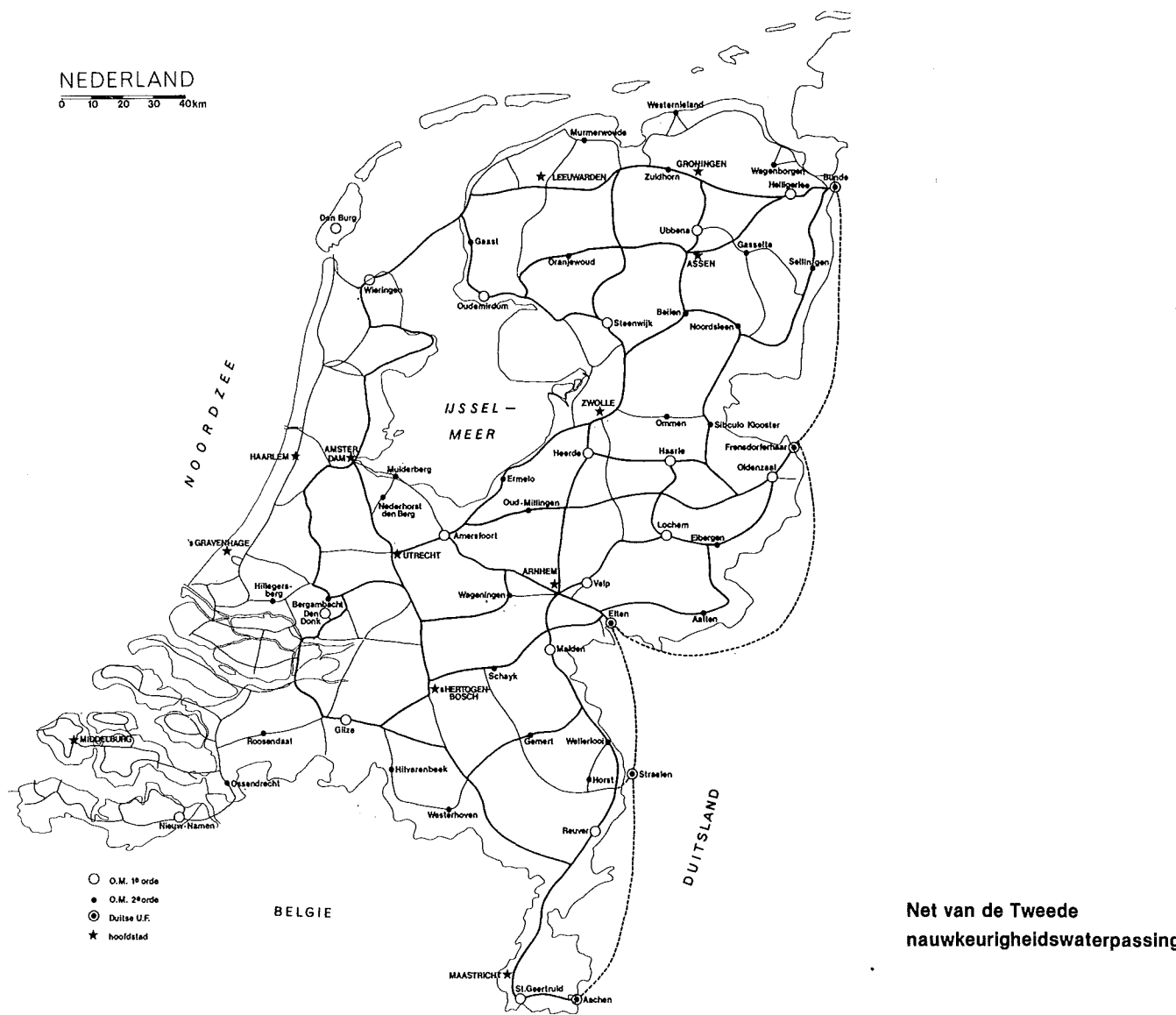
Het ontbreken van een verklaring voor de letter N heeft aanleiding gegeven tot veel misverstanden. De interpretatie „Nauwkeurig“ of „Nieuw“ ligt voor de hand en de titel van de artikelenreeks in het Technisch Gemeenteblad (1920) door een deskundige als Van der Sterr heeft er geen goed aan gedaan. Maar in ieder geval, het „denkbeeldig vergelijkingsvlak“ zelf is ongewijzigd gebleven; voortaan wordt het Amsterdams Peil aangegeven met de letters NAP.

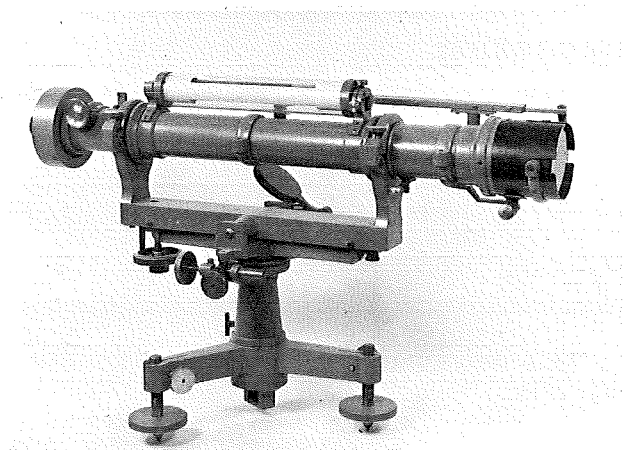
ir. A. Waalewijn

De Algemene Dienst van de Waterstaat voegde na 1885 aan het net van de Eerste nauwkeurigheidswaterpassing nog enige lijnen toe. Deze dienst was, zoals vermeld, sedert het einde van 1888 verantwoordelijk voor de instandhouding van het NAP. Door middel van incidentele secondaire waterpassingen en vooral door de regelmatige herziening van de publikatie „Hoogte van Verkenmerken volgens N.A.P.” voldeed de Algemene Dienst aan zijn opdracht. In de loop van de tijd stuitte men steeds meer op problemen, veroorzaakt door zakking van peilmerken als gevolg van klink en bodembeweging en door het verloren gaan van peilmerken. Een nieuwe nauwkeurigheidswaterpassing bleek dan ook rond de jaren 20 noodzakelijk. Deze *Tweede nauwkeurigheidswaterpassing* is uitgevoerd tussen 1926 en 1940. Aanvankelijk werd het werk uitbesteed aan een ingenieursbureau en wel aan het Geodetisch Bureau van

ir. W. Schermerhorn. Nadat in 1931 uit dit bureau, door samenvoeging met een gedeelte van de Algemene Dienst, de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat was ontstaan, werd de waterpassing verder in eigen beheer door deze Meetkundige Dienst verricht. De leiding bleef in handen van prof.ir. W. Schermerhorn, die als adviseur aan de Meetkundige Dienst was verbonden.

Het net van deze waterpassing is zodanig ontworpen dat het de lijnen van de Eerste nauwkeurigheidswaterpassing zoveel mogelijk volgt. Daartussen werden echter nieuwe verbindingen geprojecteerd, zodat het net aanzienlijk uitgebreider is. Een belangrijke verbetering bijvoorbeeld vormde een directe verbinding tussen de Kop van Noord-Holland en Friesland via de in 1932 gesloten Afsluitdijk.





Het instrument van Hildebrand en het met behulp daarvan maken van de aansluiting aan het NAP te Amsterdam.

Voor de metingen waren aanvankelijk enige instrumenten beschikbaar die door de firma Breithaupt speciaal waren gebouwd voor een waterpassing over de zeegaten tussen Den Helder en Terschelling. In 1928 werd daaraan een wat robuuster instrument van het fabrikaat Hildebrand toegevoegd. Dit instrument was voorzien van een zogenaamde optische micrometer voor zeer nauwkeurige aflezing op de baak.

De aansluiting van het waterpasnet aan het NAP-vlak te Amsterdam vond plaats op 28 juli 1928, in aanwezigheid van enige autoriteiten van de Rijkswaterstaat en de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing. Van de dijkpeilstenen waren er inmiddels nog slechts twee bruikbaar, namelijk die in de Nieuwe Brugsloos en in de West-Indische sluis. De andere waren verdwenen of onbereikbaar geworden.

Aangezien het te verwachten was dat op den duur geen van deze stenen meer beschikbaar zou zijn was al bij het begin van de Tweede nauwkeurigheidswaterpassing besloten om een aantal speciale ondergrondse peilmerken verspreid over Nederland aan te brengen, op plaatsen met een stabiele ondergrond. Deze *ondergrondse merken* (OM) bestaan uit betonnen of granieten zuilen, rustend in een betonnen voet met een grondvlak van 1 m x 1 m. De bovenzijde van zo'n zuil draagt een bronzen bout die het eigenlijke peilmerk vormt; dit bevindt zich ongeveer 0,75 m onder het maaiveld.

Handkar met materiaal.



Er werden 18 ondergrondse merken van de eerste orde ingericht en 29 van de tweede orde. De tweede-orde ondergrondse merken bestaan uit één zuil, bij de eerste-orde-merken is telkens een groep van vier zuilen geplaatst die een onderlinge afstand hebben van hoogstens enige tientallen meters en een eenvoudige onderlinge controle mogelijk maken.

De totale lengte van het net van de Tweede nauwkeurigheidswaterpassing bedroeg 4592 km, ruim het dubbele van de Eerste nauwkeurigheidswaterpassing. De onderlinge afstand van de peilmerken, die in de lijnen van de Eerste nauwkeurigheidswaterpassing ongeveer 5 km bedroeg, was in de Tweede nauwkeurigheidswaterpassing teruggebracht tot ongeveer 1,5 km.

De resultaten van de nieuwe metingen werden gepubliceerd in de zesde uitgave van de provinciegewijs uitgegeven registers „Normaal Amsterdamsch Peil”. Evenals dat bij de publikatie van de resultaten van de Eerste nauwkeurigheidswaterpassing het geval was werden ook nu weer voor veel peilmerken afwijkingen geconstateerd tussen de oude en de nieuwe hoogten. Deze verschillen bedroegen in het algemeen niet meer dan enige tientallen millimeters, zodat verwarring zoals die optrad na 1885 nu achterwege bleef. De hoogteaanduiding: „ten opzichte van NAP” bleef als benaming ongewijzigd.

De „laatste” slag (Limburg 1939) van de Tweede nauwkeurigheidswaterpassing.



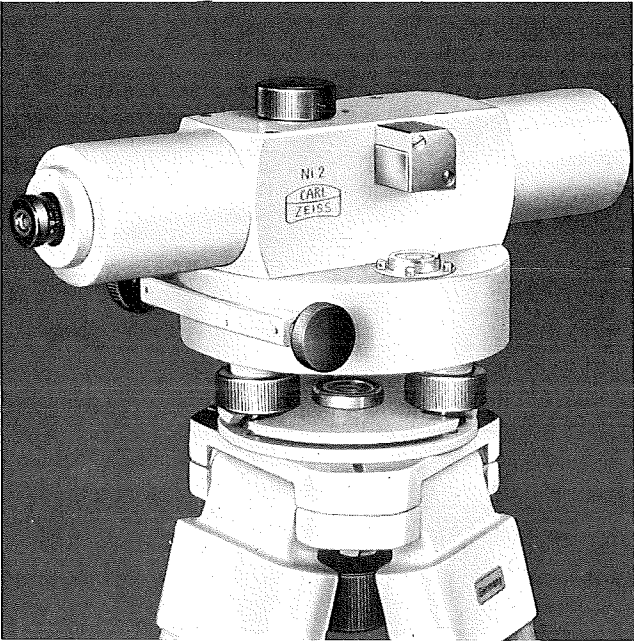
Evenals in 1875-1885 werden ook in de Tweede nauwkeurigheds-waterpassing verbindingen met de waterpasnetten van Duitsland en België tot stand gebracht. Men zou kunnen verwachten dat de verbindingen met het Duitse waterpasnet zouden leiden tot het resultaat $NN = NAP (1885)$ doch dit is niet *precies* het geval. Zoals alle metingen is ook de waterpassing slechts met een beperkte nauwkeurigheid mogelijk; de „on nauwkeurigheid” groeit met de afstand. Vandaar dat de aansluitingen aan de Duits-Nederlandse grens als gemiddeld verschil opleverden: $NN = NAP - 0.021 \text{ m}$ (1940), overigens een uitstekend resultaat gezien de afstand Amsterdam-Berlijn.

De aansluitingen met het Belgische waterpasnet zijn minder interessant, omdat de waterpassingen in België in beide gevallen enige tientallen jaren eerder werden gemeten.

De in de Tweede nauwkeurigheds-waterpassing geplaatste ondergrondse merken dienden eigenlijk hetzelfde doel als hetgeen Krayenhoff nastreefde toen hij „tot duurzame bewaring van het denkbeeldig waterpasvlak” een viertal stenen in Amsterdam had doen inmetzelen. Nu was, zoals vermeld, het resultaat van Krayenhoff’s maatregel geen succes gebleken. Zou het met de ondergrondse merken beter gelukken?

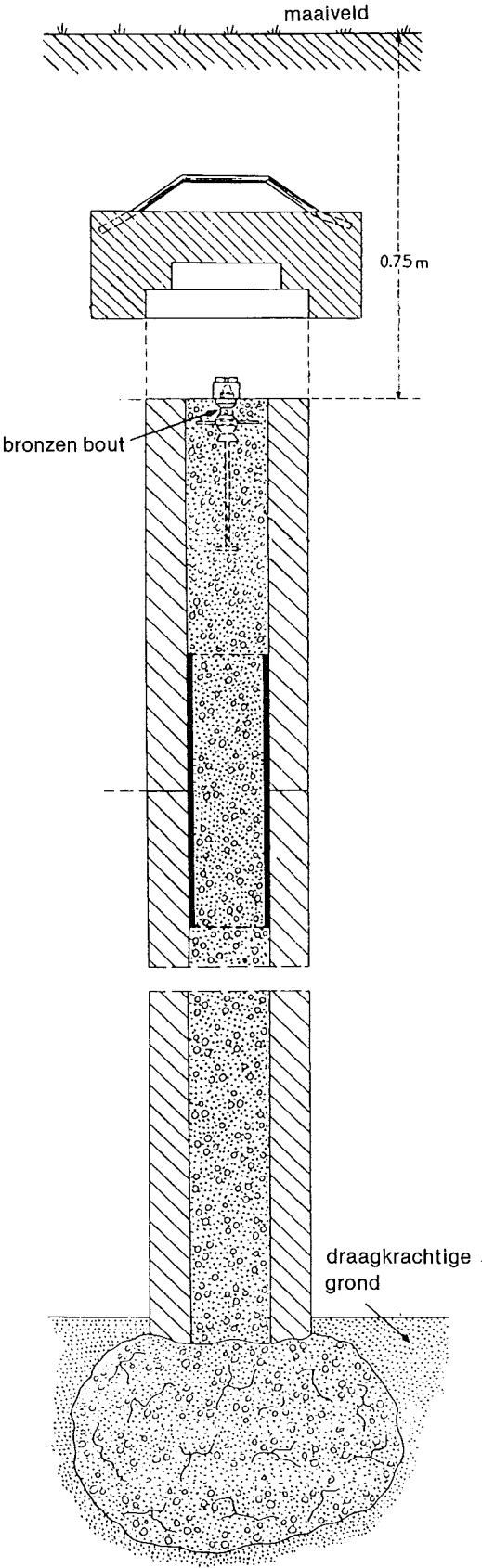
Ter oplossing van deze vraag verrichtte de Meetkundige Dienst in de periode 1950-1959 de *Derde nauwkeurigheds-waterpassing*, die dus vrij kort na de tweede werd uitgevoerd.

Qua omvang, opzet en meetmethode kwam deze waterpassing in grote lijnen overeen met de tweede. Op het gebied van de instrumentenbouw waren intussen grote vorderingen gemaakt; er werden bij deze waterpassing moderne instrumenten gebruikt van de firma Wild en de firma Fennel. Bij één van de laatste trajecten werd ook een proef genomen met het „automatische” waterpasinstrument Zeiss Ni-2.



Waterpasinstrument Zeiss NI-2.

Tijdens deze Derde nauwkeurigheds-waterpassing werd het aantal ondergrondse merken uitgebreid, en wel speciaal in het westen van Nederland. De oude ondergrondse merken waren wegens hun constructie slechts te realiseren in gebieden waar de draagkrachtige bodem (meestal diluviaal zand) aan de oppervlakte kwam. Daarom ontbraken ze grotendeels in westelijk Nederland. Om deze lacune op te vullen werden op verschillende plaatsen speciale beton-



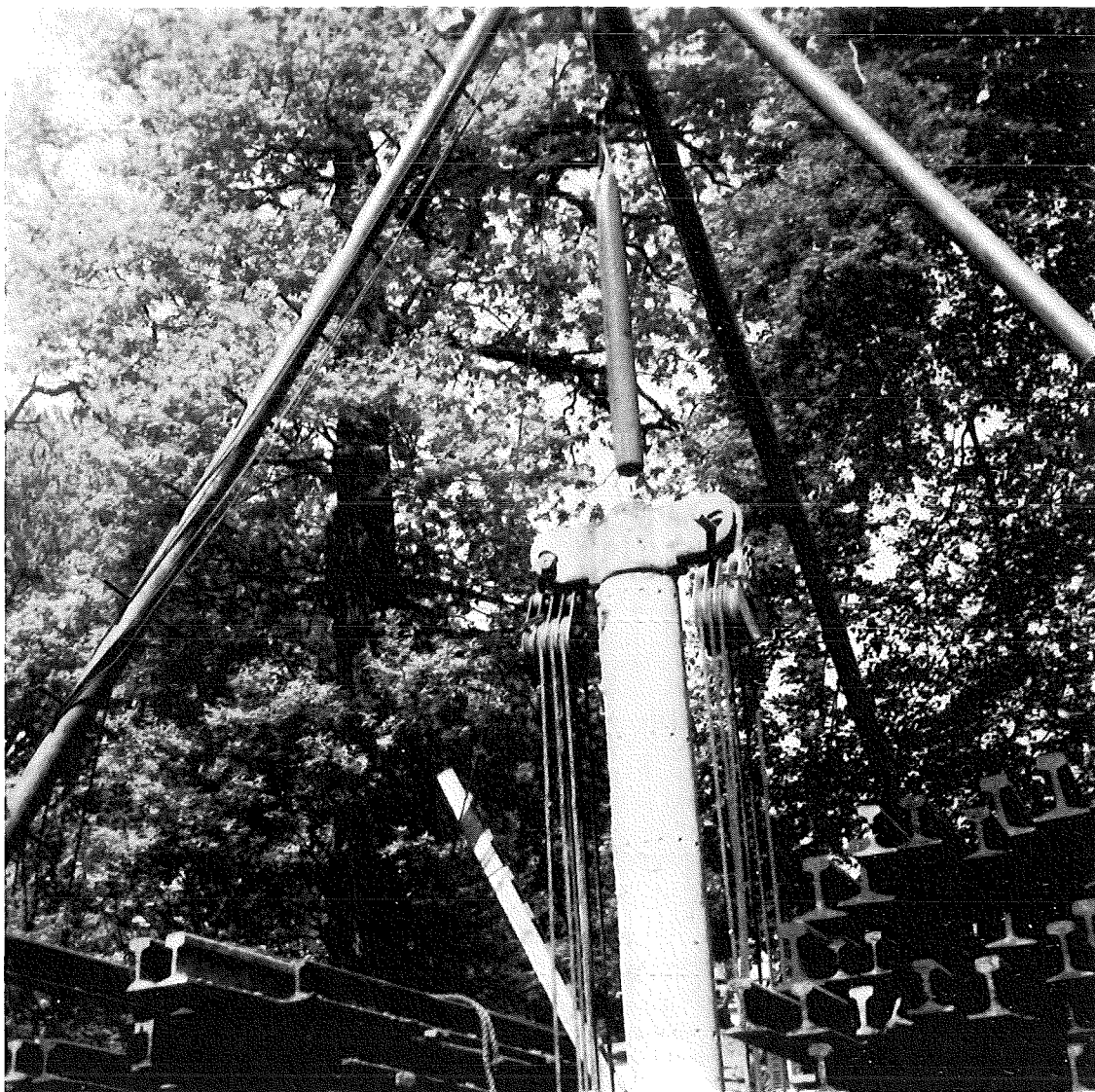
Ondergronds merk type funderingspaal.

nen funderingspalen tot op de draagkrachtige grond in de bodem gedreven (soms tot 20 m diepte) en aan het bovenzak van een bronzen bout voorzien ¹⁹). Zo'n bout bevindt zich, zoals bij alle ondergrondse merken, 0,75 m onder het maaiveld en wordt slechts blootgelegd bij aansluitingswaterpassingen door de Meetkundige Dienst. Dit type ondergrondse merken plaatste men ook bij een aantal belangrijke peilschalen langs de kust en de grote rivieren, teneinde een stabiel referentiepunt te hebben voor de hoogteligging van het nulpunt van de peilschaal; vandaar de naam „nulpaal” voor de ondergrondse merken bij de peilschalen. Al deze nieuwe ondergrondse merken werden mede in de Derde nauwkeurigheidswaterpassing opgenomen.

Het waterpasnet werd in februari 1955 aangesloten aan de laatste dijkpeilsteen die nog was overgebleven in Amsterdam, namelijk die in de Nieuwe Brugsluis. Aangezien deze steen als gevolg van een reconstructie van de brug en de sluis spoedig daarna zou verdwijnen ²⁰) werd de hoogte bij die gelegenheid overgebracht naar een ondergronds merk van het type funderingspaal, aangebracht onder het plaveisel van de Dam. De hoogte van de bout op deze paal, die dus vanaf 1955 als referentiepunt van het NAP geldt, is daarbij vastgesteld op $\text{NAP} + 1.4278 \text{ m}$.

Ook in deze Derde nauwkeurigheidswaterpassing kwamen aansluitingen met Duitsland en België tot stand. Uit de verbindingen met de Duitse waterpassing (op negen plaatsen) volgde: $\text{NN} = \text{NAP} - 0.013 \text{ m}$ (1959). Dit resultaat bevestigde opnieuw dat het NAP en het NN-vlak sedert 1876 niet merkbaar ten opzichte van elkaar zijn veranderd. Met andere woorden, het uitgangspunt te Amsterdam mag als betrouwbaar worden beschouwd. Deze conclusie kon ook worden getrokken uit de opnieuw berekende hoogtecijfers van de ondergrondse merken. Deze kwamen voldoende nauwkeurig overeen met de reeds bekende hoogtecijfers (met uitzondering van die in Zuid-Limburg).

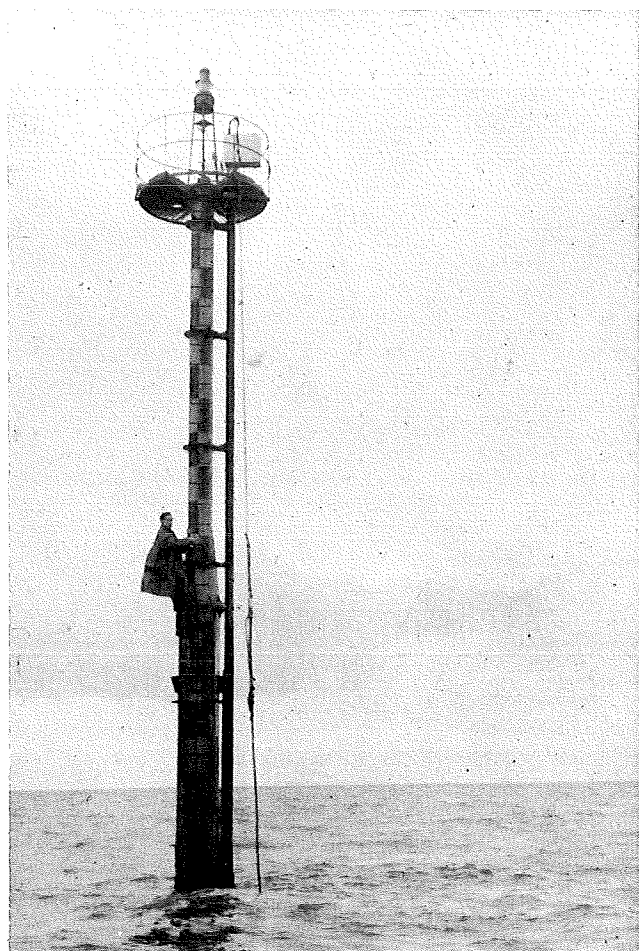
Op grond van deze conclusies werd besloten om de metingen van de Derde nauwkeurigheidswaterpassing lokaal aan te sluiten aan de reeds bekende hoogtecijfers van de ondergrondse merken. Er is dus niet, zoals in 1875-1885 en 1926-1940, een geheel nieuw stelsel van hoogtecijfers berekend met als enig uitgangspunt het NAP te Amsterdam. De ondergrondse merken hebben, over geheel Nederland verspreid, de functie van duurzame bewaring van het NAP-vlak min of meer overgenomen, als ondersteuning van het ene referentiepunt te Amsterdam.



Pulsen funderingspaal voor ondergronds merk, Haarlem 1952.

ir. A. Waalewijn

Brede zeearmen of rivieren vormen het grootste obstakel bij de uitvoering van een waterpassing. Het splitsen van het meettraject in slagen van 100 à 200 m is dan onmogelijk, zodat men moet trachten het water in één slag te overbruggen. Door het gebruik van minstens twee speciale instrumenten met aangepaste baken, in een symmetrische opstelling en een zeer zorgvuldig opgezet (langdurig) meetprogramma, kunnen niettemin aanvaardbare resultaten worden bereikt. Echter, vooral door de *refractie* (buiging van lichtstralen in de atmosfeer) faalt ook deze methode indien de afstand groter is dan 2 à 3 km.



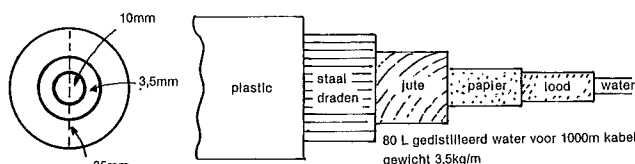
Golfmeetpaal tijdens de voorbereidingen t.b.v. de hydrostatische waterpassing. De buis hangt naast de paal.

Met uitzondering van enige verbindingen naar de Waddeneilanden en eventuele dwarsverbindingen over de Zeeuwse stromen vormde dit in het totaal van de Nederlandse waterpassingen geen ernstig probleem. Dat was wel het geval in de Deense nauwkeurigheidswaterpassing, waar men vooral te maken kreeg met de 18 km

brede Grote Belt. Het Deense Geodetisch Instituut slaagde er in 1938 in om door middel van *hydrostatische waterpassing* dit obstakel te overwinnen. Men gebruikte daarbij een met water gevulde flexibele loden buis, die door een kabelschip werd uitgelegd en na gebruik weer opgenomen. Aan de uiteinden van deze buis bevestigde men peilglazen; de waterspiegels in deze peilglazen liggen, zoals bekend, in hetzelfde niveauvlak. Op deze wijze werden met succes de waterpassingen van de verschillende delen van Denemarken met elkaar verbonden.

Op grond van de zeer goede resultaten van deze meting nam de Meetkundige Dienst in 1952 een proef met een hydrostatische waterpassing over de Westerschelde, gebruikmakend van een met water gevulde gaszinker. Deze proef bleek van grote betekenis, toen de Rijkswaterstaat in het kader van het Deltaplan een aantal meetopstellingen op enige kilometers afstand uit de kust ging inrichten. In verband met de stroom- en verhangmetingen aan deze meetopstellingen had men namelijk behoefte aan een nauwkeurige aanwijzing van het NAP op deze punten.

Hydrostatische waterpassing naar het Deense voorbeeld bleek de enige oplossing voor dit probleem. De Meetkundige Dienst liet daartoe drie speciale flexibele loden buizen vervaardigen. Deze waren enige kilometers lang en werden met water gevuld. Door middel van speciale hulpstukken konden de buizen worden gekoppeld, zodat verschillende lengten in het bereik van 1,5 km tot 8 km konden worden samengesteld. Om de buizen een groot aantal malen te kunnen gebruiken waren ze voorzien van een staaldraadwapening ²¹⁾.



Doorsnede van de buis- of kabelconstructie t.b.v. hydrostatische waterpassing.

Zo kreeg de Meetkundige Dienst de beschikking over een uniek „waterpasinstrument”, dat door zijn gewicht van ongeveer 24 ton ongetwijfeld het zwaarste waterpasinstrument ter wereld mag worden genoemd.

In samenwerking met het kabelschip van de PTT voerde de Meetkundige Dienst met deze buizen talrijke belangrijke waterpassingen uit naar geïsoleerde meetopstellingen in de Noordzee en in de Zeeuwse wateren. Maar dat was niet het enige resultaat van deze investering. Verschillende verbindingen in het net van de nauwkeurigheidswaterpassing, die voorheen tot de onmogelijkheden behoorden, konden dank zij de hydrostatische methode worden gerealiseerd. Aldus kon de Derde nauwkeurigheidswaterpassing onder andere met een verbinding over de Waddeneilanden worden uitgebreid.

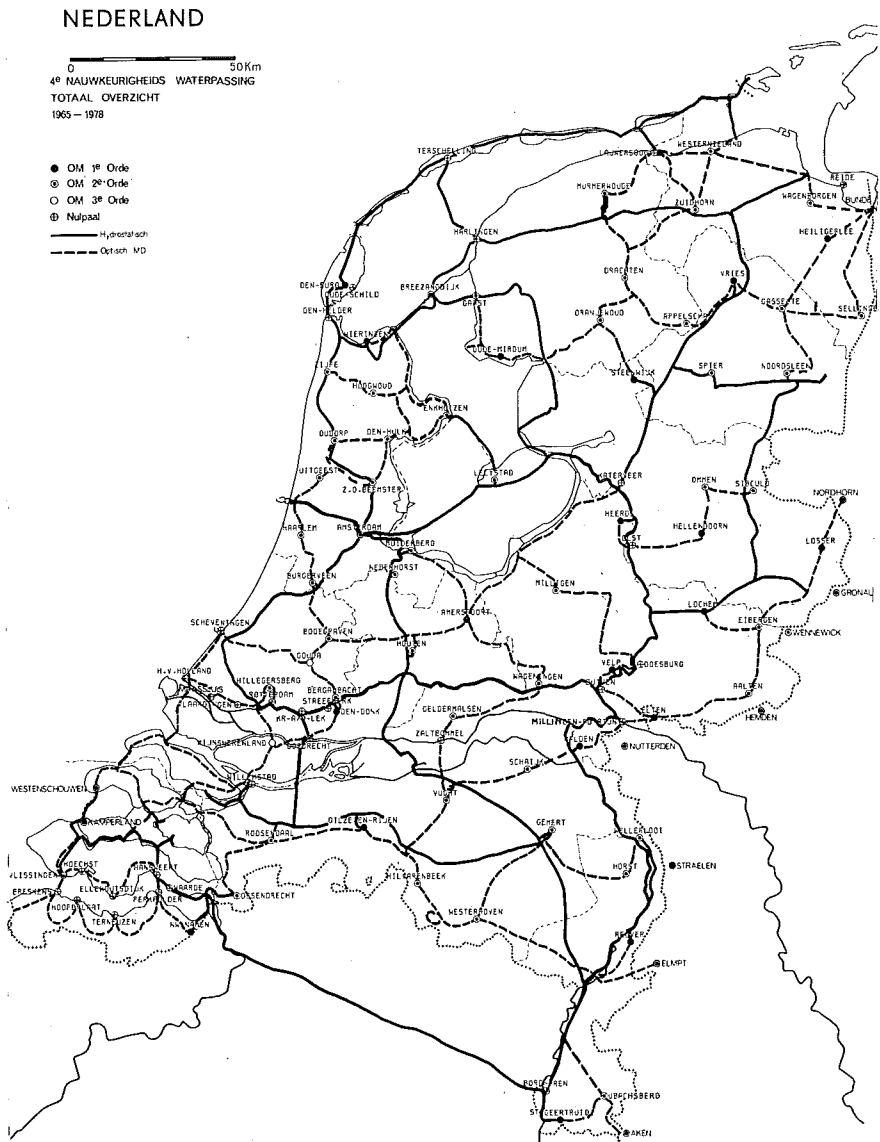
Het was bij deze hydrostatische metingen gebleken dat de nauwkeurigheid beter was dan van een gewone optische waterpassing op het land over een vergelijkbare afstand. Dit leidde tot de gedachte om de loden buis in de langsrichting van een kanaal uit te leggen en zo in één slag 5 à 8 km te waterpassen. Door deze operatie in opvolgende „slagen” van 5 à 8 km aan elkaar te rijgen zou men, gebruikmakend van het uitgebreide Nederlandse net van waterwegen, een netwerk van hydrostatische waterpassingen kunnen meten over geheel Nederland.

Daarbij moet worden opgemerkt dat de hydrostatische methode in feite alleen bruikbaar is indien de buis op de bodem van de zee, een rivier of kanaal ligt. Dit vooral omdat aldus een goede isolatie tegen temperatuurveranderingen in de buis gewaarborgd is. Bovendien vraagt alleen al het grote gewicht van de buis (± 3000 kg per kilometer) en de onhandelbaarheid ervan om transport en behandeling per schip. Nederland is door zijn net van waterwegen bij uitstek geschikt voor de toepassing van deze wijze van waterpassen.

Voor de uitvoering van dit plan werd een zeer grofmazig netwerk van waterpaslijnen over Nederland (met zelfs een lijn door België) geprojecteerd. De loop van de lijnen werd hierbij gedicteerd door

het patroon van waterwegen en niet, zoals gebruikelijk, door de landwegen. De hydrostatische meting van dit net heet de *Vierde nauwkeurigheidswaterpassing* (1965-1978). Op theoretische gronden levert een fijnmazig net aan de uiteinden een grotere nauwkeurigheid dan een grofmazig net. Echter, bij de Vierde nauwkeurigheidswaterpassing verwachtte men dat de grotere nauwkeurigheid van de hydrostatische methode als zodanig dit verlies zou compenseren. Bovendien bestond de verwachting dat dit grofmazig net in betrekkelijk korte tijd zou kunnen worden gemeten, hetgeen eveneens de nauwkeurigheid ten goede zou komen. Deze laatste verwachting is niet uitgekomen, doordat de hydrostatische uitrusting in het meetseizoen (wegens vorstgevaar tot de zomer beperkt) veelvuldig voor andere metingen in het Nederlandse (en zelfs in het Duitse) kustgebied moest worden gebruikt.

Speciaal ten behoeve van het uitleggen en weer opnemen van de loden waterpasbuis richtte de Meetkundige Dienst een binnenvaartuig in, dat de toepasselijke naam „Niveau” kreeg. De loden buis wordt door dit vaartuig met een hydraulisch aangedreven rupsbandtransporteur via de boeg overboord gebracht en naderhand op dezelfde wijze weer opgenomen.



Het net van de Vierde nauwkeurigheidswaterpassing.

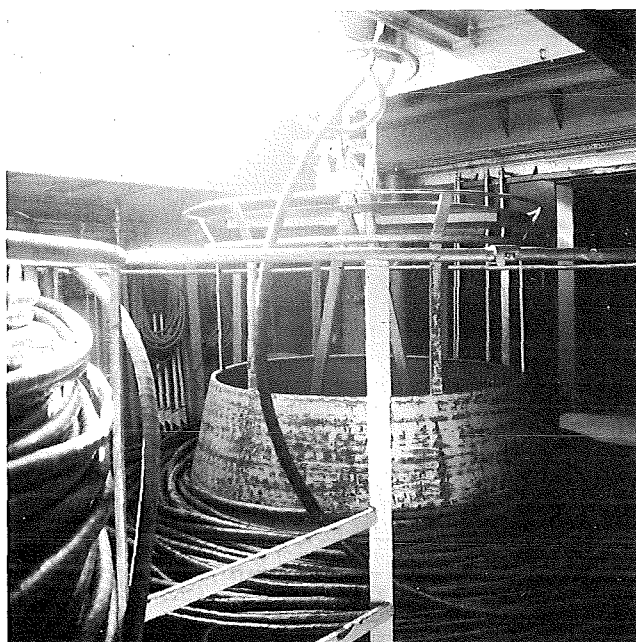
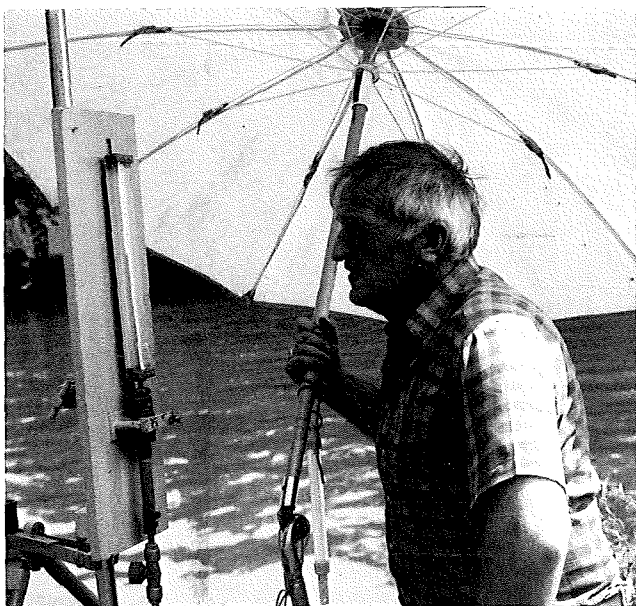


De „Niveau” bezig met het opnemen van de buis.

De waterpassing verloopt als volgt. Nadat de buis is uitgelegd wordt deze aan beide einden voorzien van peilglazen en men meet daarmee het hoogteverschil van twee hulppunten langs de oever. Vervolgens wordt de buis weer opgenomen om in de volgende (aansluitende) „slag” weer te worden uitgelegd; enzovoort. Vanuit de aldus verkregen hulppunten moeten dan nog aansluitende waterpassingen naar in de nabijheid gelegen peilmerken worden uitgevoerd.

Echter, niet altijd verloopt de meting zo eenvoudig. Sluizen bijvoorbeeld vormen een hindernis, die slechts door een korte optische verbindingsmeting kan worden overwonnen. Bovendien zijn er veel aanvullende, soms vrij uitgebreide, optische waterpassingen nodig

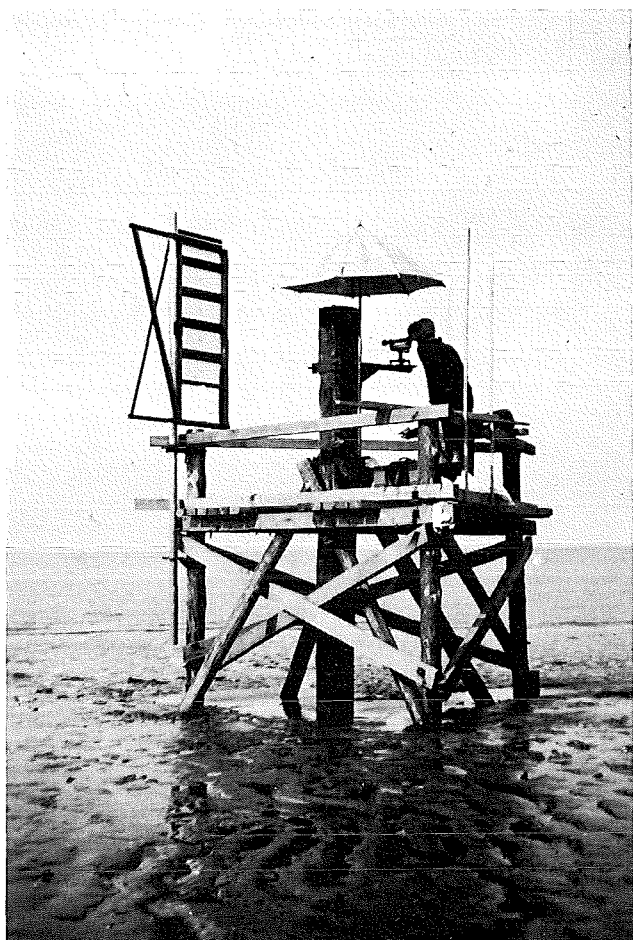
Het aflezen van het peilglas.



De buis in het ruim van de „Niveau”.

omdat de bestaande ondergrondse merken slechts zelden in de nabijheid van kanalen of rivieren worden aangetroffen. Daar komt nog bij dat de hydrostatische meting door haar grote „slaglengte” van ongeveer 5 km slechts een beperkt aantal peilmerken aansluit; voor de „overgeslagen” peilmerken moesten nog secundaire metingen worden verricht.

De resultaten van de Vierde nauwkeurigheidswaterpassing bevestigden de conclusies die na de Derde nauwkeurigheidswaterpassing over de betrouwbaarheid van de ondergrondse merken waren getrokken. Dit was een belangrijke uitkomst. Bij de klassieke optische waterpassing, opgebouwd uit een groot aantal identieke handelingen (de slagen), bestaat het gevaar voor opeenstapeling van allerlei weliswaar kleine doch systematisch optredende afwijkingen die tezamen op het eindresultaat een grote invloed zouden kunnen uitoefenen. Hierdoor bestond er bij sommigen wel eens argwaan tegen de uitkomsten van waterpassingen, vooral indien er grote afwijkingen werden geconstateerd bij de vergelijking van waterpassingen over grote afstanden met de uitkomsten van peilschaalwaarnemingen aan de kust. De unieke vergelijking van de hydrostatische waterpassing over geheel Nederland met de resultaten van de optische methode heeft het vertrouwen in de optische waterpassing thans een hechte basis verschaft.



Meetopstelling optische waterpassing.
Waddeneilanden ± 1920.



Hydrostatische waterpassing Waddeneilanden 1959,
meetstation Vlieland.

Ing. W.A. van Beusekom

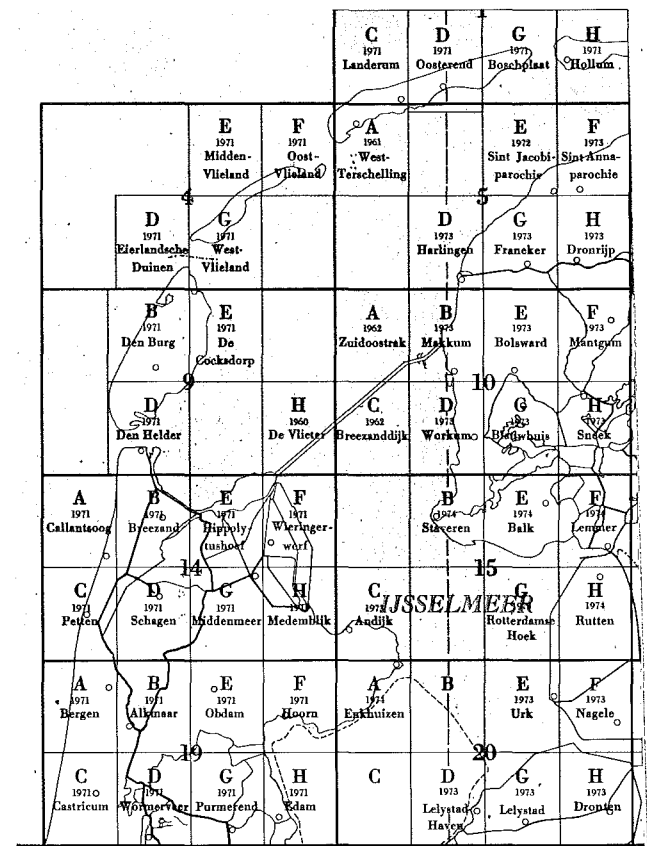
De centrale instantie die belast is met de verspreiding van het NAP heeft tevens tot taak om de gegevens van de peilmerken te publiceren. In hoofdstuk 2 werd vermeld hoe Krayenhoff de resultaten van zijn waterpassingen publiceerde in de „Verzameling van hydrographische en topographische waarnemingen in Holland” (1813). Ook na de voltooiing van de Eerste nauwkeurigheidswaterpassing verscheen er een dergelijke publikatie, „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” (1888), een boekwerk dat geheel Nederland omvatte. Het aantal peilmerken bedroeg toen bijna 1000.

Volg-nummer.	Gemeente en plaats van het merk.	Nadere plaatsbeschrijving.	Omschrijving van het merk.	Hoogte boven A.P. in M.	
				Ge-vonden.	Tot nu aange-nomen.
145	GORINCHEM.	Zuidelijk front, rechts van den ingang.	PEILMERKSTEEN met eene horizontale groef en ingehakt opschrift: PVL DER DALEMSE OVERLAATEN VOLGENS HET CONTRACT IN DATO DEN 16 AUGUSTI 1742. Waterstaatsregister IV, Merwede. N°. 9.	5,227	5,31 + 0,083
146	GORINCHEM.	Keersluis aan den mond der groote haven.	NULPUNT VAN DE PEELSCHAAL, afgeleid uit de hoogte der deeltrepen van 4,90 M., 5,26 M. en 5,14 M. + A.P. Waterstaatsregister IV, Merwede. N°. 202.	- 0,109	0,000 + 0,109
147	GORINCHEM.	Keersluis aan den mond der groote haven.	NULPUNT VAN DE PEELSCHAAL, afgeleid uit de hoogte der deeltrepen van 4,90 M. en 4,94 M. + A.P. Waterstaatsregister IV, Merwede. N°. 208.	- 0,104	0,000 + 0,104
148	GORINCHEM.	Keersluis aan den mond der groote haven.	NULPUNT VAN DE PEELSCHAAL, afgeleid uit de hoogte der deeltrepen van 4,70 M. en 4,90 M. + A.P. Waterstaatsregister IV, Merwede. N°. 200.	- 0,101	0,000 + 0,101
149	GORINCHEM.	Buitensluishoofd, westelijke rechtstandsmuur, ten zuiden van de bovengenoemde peilschaal N°. 146, in het midden tusschen de dourkas en het buitenfront.	PEILMERKSTEEN met eene horizontale groef en ingehakt hoogtecijfer van 5,25 M. + A.P. Waterstaatsregister IV, Merwede. N°. 19.	5,139	5,25 + 0,111
150	GORINCHEM.	Muur van het toebanon buiten de Waterpoort.	PEILMERKSTEEN met eene horizontale groef en ingehakt nummer 14.	4,637	
151	GORINCHEM.	Westelijke zijgevel.	PEILMERKSTEEN met eene horizontale groef en ingehakt hoogtecijfer van 5,89 M. + A.P.	5,743	5,89 + 0,147

Bladzijde uit „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” A° 1888.

De Algemene Dienst van de Waterstaat, in 1888 aangewezen als centrale instantie, publiceerde daarna op regelmatige tijden de bijgewerkte gegevens van de peilmerken: de registers „Hoogte van Verkenmerken volgens N.A.P....”. De peilmerken werden daarbij aangeduid met de naam van de gemeente, gevolgd door een volgnummer. Een korte beschrijving van de plaats waar het peilmerk zich bevond moest de gebruiker van de publikatie de weg wijzen; de hoogte van het peilmerk en het jaar van waterpassing voltooide de informatie.

De Algemene Dienst was als gevolg van het groeiend aantal peilmerken al spoedig genoodzaakt de gegevens te publiceren in 11 boekdelen, één voor elke provincie. Het bijhouden daarvan nam veel tijd in beslag en diende met grote zorgvuldigheid te geschieden. Meestal was daardoor een deel van de gegevens op het moment van publikatie al verouderd. Door het uitgeven van lijsten van wijzigingen en aanvullingen trachtte de Algemene Dienst 22) dit probleem te ondervangen, doch het raadplegen van de aldus verstrekte informatie werd er niet eenvoudiger op.



Indeling van de topografische kaartbladen 1:25 000.

Omstreeks 1960 was het aantal peilmerken, onder andere ten gevolge van de voorbereiding voor cultuurtechnische werken, gegroeid van ongeveer 4000 naar ± 25.000. Een ander wijze van publikatie werd noodzakelijk. Daarom begon de Meetkundige Dienst met de geleidelijke invoering van een losbladig systeem ter vervanging van de provinciege- wijze uitgave in boekvorm. Vanwege de grilligheid van de gemeen- tegrenzen werd de gemeentegewijze nummering van de peilmer- ken verlaten. Als basis voor de nieuwe uitgave gold voortaan de

PMRK NR	TOP KRT COORDINATEN IN DAM	KORTE BESCHRIJVING	WS	MUURVLAK COORD IN CM X Y	M R K	JAAR	O W P	HOOGTE= NAP + H H IN M	S T A	PMRK NR		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0002	25229	58804	BDR DAMSTERWEG 2	NO	-0305	+0068	0	1984	2	00.459	4	0002
0003	25622	58790	HS WILDERHOFSTERWEG 20	W	+0207	+0039	0	1977	3	-00.947		0003
0005	25930	58838	KEERMR WEGSLOOT RW, W-Z HMP 7.6	N	+0140	-0022	0	1979	3	-02.096		0005
0006	25334	58909	HS HOOFDWG 17	N	+0264	+0015	0	1984	2	-00.961	4	0006
0007	25441	58917	HS HOOFDWEG 29	W	+0039	+0030	0	1983	2	-00.288	4	0007
0008	25576	58910	BDR WEEREWEG 21	N	+0187	+0015	0	1983	2	-00.476	4	0008
0009	25651	58961	VILLA HOOFDSTRAAT 67	O	+0313	+0028	1	1979	3	00.014	4	0009
0010	25794	58937	BDR SCHAAIBULTEN 8	O	+0855	+0037	0	1983	2	-00.070	4	0010
0011	25230	59041	BDR W-Z WOLDWG 28	O	-0253	+0064	0	1984	2	00.053	4	0011
0012	25662	59008	TOREN HK MEEDHUIZEN	W	-0029	+0022	0	1983	2	02.118	4	0012
0015	25232	59200	SLWHS GROEVESL NOORD 16	W	-0028	+0070	0	1981	2	02.295	4	0015
0016	25254	59098	TRAFO 3011 WOLDWEG W-ZIJDE	O	+0028	+0019	0	1984	2	-01.066	5	0016
0018	25946	59199	HS OOSTERIN 9	O	-0198	+0022	0	1984	2	-00.567	4	0018
0019	25268	59208	BRWHS BIJ BR 2,WOLDWEG 151	ZO	+0029	+0049	0	1984	2	01.789	4	0019
0020	25288	59264	HS WOLDWEG 62	O	+0032	+0022	0	1984	2	00.250	4	0020
0021	25320	59268	HS SCHARREWEESTERWEG 92	O	+0063	+0043	0	1977	3	00.128		0021
0023	25692	59240	BDR 'GOMMELBURG' MEEDHUIZERWEG 2	W	+0388	+0025	0	1983	2	00.134	4	0023
0025	25901	59278	TOREN HK WEIWERD PILASTER R.V.INGANG	ZW	+0022	+0050	0	1981	2	03.709	4	0025
0026	25037	59341	HS RIJKSW 46, N-Z	Z	-0042	+0024	0	1984	2	00.832	4	0026
0027	25158	59360	BDR RIJKSWEG 104	Z	+0037	+0024	0	1984	2	00.802	4	0027
0029	25331	59361	HS WOLDWEG 1	W	+0022	+0063	0	1984	2	01.289	4	0029
0030	25356	59392	HS SOLWERD: 10, APPINGEDAM	N	+0230	+0040	0	1984	2	00.646	4	0030
0031	25427	59363	HS FARMSUMERWEG 103	Z	+0438	+0034	0	1977	3	00.204		0031
0032	25446	59393	HS DELFIJLSTERWEG 20	Z	+0016	+0045	0	1984	2	00.440	4	0032
0034	25842	59366	SLWHS Z-Z.NIEUWE EEMSKNSLUIZEN FARMSUM	Z	+0168	+0030	0	1984	2	03.905	4	0034
0035	25305	59400	WATERSCHAPGB STATIONSWEG 1	ZO	-0017	+0041	0	1984	2	00.934	4	0035
0038	25672	59430	HS RIJKSWEG 99	Z	-0056	+0069	0	1984	2	01.571	4	0038
0039	25744	59493	HK DELFIJL KERKSTRAAT 25,Z-ZIJGEVEL	Z	+0734	+0065	4	1984	2	02.537	4	0039
0040	25744	59493	HK DELFIJL Z-ZIJGEVEL	Z	+0730	+0173	6	1976	2	03.693		0040
0042	25753	59448	ZO-HFD BR O/H EEMSKN	Z	+0077	-0028	0	1984	2	01.966	4	0042
0044	25773	59496	ZO-VL.GROTE WATERPOORT I/D BANDIJK, NW-ZIJDE HAVEN	NO	-0174	+0021	0	1984	2	03.345	4	0044
0047	25396	59578	BDR RONDWEG OM MARSUM 7	Z	-0087	+0032	0	1977	3	00.532		0047
0050	25554	59597	HS 'VELDZICHT' UITWIERDE 8	O	-0273	+0036	0	1981	2	01.263	4	0050

Lijst van peilmerken NAP.

Peilmerkenkaart.

7 F

SCHAAL 1:25000

PEILMERKEN VAN HET N A P

OKTOBER 1985

7 F

DELFIJL



standaard-verdeling van de oppervlakte van Nederland volgens de topografische kaartbladen schaal 1:25.000. De peilmerken werden daarbij per topografisch blad genummerd, zoals dus bijvoorbeeld 7H001.....64H010 enz. en de publikatie kreeg de vorm van „Lijsten van peilmerken”, verzameld per topografisch kaartblad. Tevens werden bij deze lijsten topografische kaarten schaal 1:25.000 verstrekt waarop de ligging van alle peilmerken is aangegeven, de zogenaamde „Peilmerkkarten”.

Delfzijl 22			7F-044		Groningen	
Zonvl. Grote Waterpoort i/d. Bandijk.			Top-kaart 7F		Merk 0	
Nw-zijde haven			x = 25773		y = 59496	
Geplaatst voor Aangeleiden bij de waterpassing Delfzijl-Paaspand			in 1955 door		Alg. Dienst R.W.	
Jahr der m.p.	Orde der m.p.	Resultat Top. NAP	AANSLUITINGSPUNTEN	Uitvoerende dienst of eigenaar	Betreffende resumé	jaar en nr. correctie
1955	1	3.14.55	6 M. wogen wogen 12	M. D.	De m. wogen wogen 12	
1961	3	4.23.3	Delfzijl 3	M. D.	ARR 41 pag. 12	
1961	2	3.7.12	6 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 42 pag. 12	
1963	2	3.4.16	7 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 111 pag. 26	
1972	2	3.4.16	7 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 111 pag. 26	
1975	3	4.4.68	aangehouden	M. D.	ARR 144 pag. 3	
1975	2	3.4.16	7 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 144 pag. 3	
1976	2	3.4.16	7 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 171 pag. 13	
1976	2	3.4.16	7 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 171 pag. 13	
1977	3	4.3.98	N.A.M. 75-78	M. D.	ARR 193 pag. 68	
1977	2	3.4.16	7 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 193 pag. 68	
1981	3	4.3.98	7 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 193 pag. 68	
1981	3	4.3.98	7 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 193 pag. 68	
1981	3	4.3.98	7 M. wogen wogen 12	M. D.	ARR 193 pag. 68	

Een systeemkaart met relevante gegevens zoals die voor elk peilmerk werd bijgehouden. Deze kaarten werden van 1960 tot 1982 gebruikt.

De afdeling die bij de Meetkundige Dienst verantwoordelijk is voor de bijhouding en publikatie van de waterpassingsgegevens wordt kortweg „NAP” 23) genoemd. Deze afdeling NAP laat de nodige waterpassingen verrichten, berekent de hoogtes van de peilmerken en archiveert en publiceert de gegevens. Het NAP-archief bestond oorspronkelijk uit een kaartsysteem, waarin zich voor elk peilmerk een kaart met de relevante gegevens bevond. Door middel van de genoemde „Lijsten van peilmerken” en de „Peilmerkkarten” komen de bijgewerkte gegevens ter beschikking van de

gebruikers. Deze gebruikers zijn aannemers, technische diensten van de overheid, ingenieursbureaus, cultuurmaatschappijen, waterschappen, mijnbouwmaatschappijen, etc. Uiteraard zijn de gegevens ook van belang voor de berekeningen van de afdeling NAP zelf. Ze kunnen dienen als grondslag voor het berekenen van hoogtes bij nieuwe waterpassingen, terwijl de veranderingen in hoogte van diverse peilmerken de grondslag vormen voor de studie van bodembeweging.

Omstreeks 1970 deed de automatisering haar intrede bij de afdeling NAP, zowel voor het rekenwerk en de archivering als voor de publikatie. Met de komst van steeds machtiger computers ontwikkelde zich deze automatisering tot het huidige systeem, dat bestaat uit een rekenprogramma op basis van het programma SCAN en een archiveringsprogramma dat ORSNAP heet. SCAN is een bij de afdeling Geodesie van de Technische Hogeschool Delft ontwikkeld uitgebreid rekenprogramma, ORSNAP is een databank waarvan de naam is afgeleid uit de woorden „Opslag en Retrieval Systeem van NAP-peilmerken”.

Alle gegevens van de peilmerken (ook indien zij zijn vervallen) bevinden zich thans in de ORSNAP-databank.

Het rekenprogramma van de afdeling NAP kan deze gegevens onmiddellijk aan ORSNAP ontleenen, en na de berekeningen worden de nieuwe of gewijzigde gegevens automatisch weer in de ORSNAP databank opgenomen. Het totaal aantal peilmerken waarvan zich de gegevens in ORSNAP bevinden bedraagt thans 57.700, namelijk 46.200 nog bestaande peilmerken en 11.200 die niet meer in het terrein aanwezig zijn.

Door middel van de computer kunnen de gegevens uit de ORSNAP databank op verschillende manieren worden uitgevoerd. Zo worden de „Lijsten van peilmerken” thans rechtstreeks door de computer opgemaakt, terwijl een aan de computer gekoppelde tekenautomaat in staat is de plaats en de nummers van de peilmerken op de topografische kaart 1:25.000 te tekenen voor de uit te geven „Peilmerkkarten”.

Het gegevensbestand is niet voor directe raadpleging toegankelijk. Daarom worden regelmatig microfiches van dit bestand vervaardigd, waarop de gegevens per peilmerk zijn afgebeeld, ten behoeve van de medewerkers van de NAP-afdeling. Hiernaast is de com-

Een microfiche uit het huidige gegevensbestand.

PEILMERK VAN HET N.A.P. DOOR DE M.D. VAN DE R.W.S.			STAMKAART *****			MICROFICHE 1985-11-29			BLAD: 007F DELFZIJL LAATSTE PUB : 04.01 1985-05-29		
MRKID: 007F0029 X-KRT: 25331 Y-KRT: 59361 WS: W X-MR: +0022 Y-MR: +0063 MRKT: 0 VOLGNR-AUT: 021											
BESCHRIJVING 001: HS WOLDWEG 1											
DATUM WATERPASS.	VOLG NR	PROJECT ID	OWP	HGTE=NAP+H H IN M	I I S P D T	VERSCH. IN MM	DS IN MM/JR	A G	AANSLUITINGS- PUNTEN	PROJECTITEL	UITV D
1934-	-	001	2	+1.4833				N			
1938-	-	002	2	+1.4780				N			
1938-	-	003	2	+1.4562				N			
1957-	-	004	2	+1.4259				N			
1957-	-	005	2	+1.4312				N			
1964-	-	006	2	+1.4140				N			
1969-	-	007	111	+1.4044	D			N	6 PM	GR NAM SLOCHTEREN 69	PA69
1972-	-	018	205W03H	+1.3865	D 8	-17.9	-6.0	N	50M- 1PM	NAM 72	PA72
1973-	-	009	153	+1.3847				N	2 PM	KL NAM SLOCHTEREN 73	PA73
1975-	-	010	175	+1.3659	D 4	-20.6	-6.9	N	60M- 1NP-	GR NAM SLOCHTEREN 75	PA75
1976-	-	011	187	+1.3584	D 4	-7.5	-7.5	N	4 OM-	KL NAM SLOCHTEREN 76	PA76
1977-	-	012	191	+1.3439	D 4	-14.5	-14.5	N	4 OM-	KL NAM SLOCHTEREN 77	PA77
1977-	-	013	199W69	+1.3434				N		5PM TERT NETSVERD GRON	MD77
1978-	-	014	201	+1.3349	D 4	-9.0	-9.0	N	80M- 1NP-	GR NAM SLOCHTEREN 78	PA78
1979-	-	015	209W15	+1.3222	D 4	-12.7	-12.7	N	40M-	KL NAM SLOCHTEREN 79	PA79
1980-	-	016	213W25-SLO	+1.3120	D 4	-10.2	-10.2	N	10M-	3PM KL NAM SLOCHTEREN 80	PA80
1981-07-01	017	231	2	+1.3111	D 4	-0.9	-0.9	N	100M-1 NP-	PM GR NAM SLOCHTEREN 81	PA81
1982-09-01	019	233W28	2	+1.3041	D 4	-7.0	-7.0	N	5 OM- NP-	PM KL NAM SLOCHTEREN 82	PA82
1983-09-15	020	247W12	2	+1.2968	D 4	-7.3	-7.3	N	50M- ONP-	OPM KL NAM SLOCHTEREN 83	PA83
1984-	-	021	273W01	+1.2893	P D 4	-7.5	+0.0	N	40M- 1NP-	1PM KL NAM SLOCHTEREN 84	PA84

MRK ID	DATUM WATERPASS.	VOLG NR	PROJECT ID	DWP	HGTE=NAP+H H IN M	I I S P D T	VERSCH. IN MM	DS IN MM/JR	A G
0028	1957-	-	001	2	+0.5720				N
0028	1964-	-	002	2	+0.5551				N
0028	1969-	-	003 111	2	+0.5432	D			N
0029	1934-	-	001	2	+1.4833				N
0029	1938-	-	002	2	+1.4780				N
0029	1938-	-	003	2	+1.4562				N
0029	1957-	-	004	2	+1.4259				N
0029	1957-	-	005	2	+1.4312				N
0029	1964-	-	006	2	+1.4140				N
0029	1969-	-	007 111	2	+1.4044	D			N
0029	1972-	-	018 205W03H	2	+1.3865	D 8	-17.9	-6.0	N
0029	1973-	-	009 153	2	+1.3847				N
0029	1975-	-	010 175	2	+1.3659	D 4	-20.6	-6.9	N
0029	1976-	-	011 187	2	+1.3584	D 4	-7.5	-7.5	N
0029	1977-	-	012 191	2	+1.3439	D 4	-14.5	-14.5	N
0029	1977-	-	013 199W69	3	+1.3434				N
0029	1978-	-	014 201	2	+1.3349	D 4	-9.0	-9.0	N
0029	1979-	-	015 209W15	2	+1.3222	D 4	-12.7	-12.7	N
0029	1980-	-	016 213W25-SLO	2	+1.3120	D 4	-10.2	-10.2	N
0029	1981-07-01	017	231	2	+1.3111	D 4	-0.9	-0.9	N
0029	1982-09-01	019	233W28	2	+1.3041	D 4	-7.0	-6.0	N
0029	1983-09-15	020	247W12	2	+1.2968	D 4	-7.3	-7.0	N
0029	1984-	-	021 273W01	2	+1.2893	P D 4	-7.5	-9.4	N
0030	1957-	-	001	2	+0.7650				N
0030	1964-	-	002	2	+0.7561				N
0030	1969-	-	003 111	2	+0.7465	D			N
0030	1972-	-	012 205W03H	2	+0.7326	D 8	-13.9	-4.6	N
0030	1975-	-	005 175	2	+0.7158	D 4	-16.8	-5.6	N

Een uittreksel van de computer: gegevens (hier een Historisch overzicht) van een peilmerk zoals ze thans verwerkt worden.

puter ook in staat om van alle tot een bepaald project behorende peilmerken een „Hoogteverschillijst” of, uitgebreider, een „Historisch overzicht” te vervaardigen; deze kunnen aan de gebruikers worden toegezonden. Dergelijke overzichten zijn vooral van belang voor projecten in gebieden waar ten gevolge van menselijk ingrijpen (bijvoorbeeld gas- of waterwinning) bodembewegingen voorkomen.

In het kader van deze publikatie kan niet verder worden ingegaan op de details van de verspreiding, de bijhouding en de publikatie van NAP-gegevens. Uit het bovenstaande moge echter blijken dat, hoewel het NAP-systeem als zodanig een eerbiedwaardige ouderdom heeft, de thans gebruikte hulpmiddelen in overeenstemming zijn met de moderne technieken van deze tijd.

ir. J. van Malde

Het belang van waterstandswaarnemingen werd al in de „Inleiding” naar voren gebracht.

Toch gaan de bekende waterstanden van het van oudsher grote en belangrijke Hoogheemraadschap Rijnland (dat in elk geval in 1255 al bestond) niet verder terug dan begin 18e eeuw. Trouwens in geheel Europa lijken aflezingen van voor 1670, voor zover al ooit vastgelegd, verloren te zijn gegaan of in slapende archieven begraven te liggen (een enkele losse waarneming daargelaten).

Gelet op de oorlogszuchtige plannen van de Franse koning Lodewijk XIV baarde de reeds genoemde slechte toestand van de IJssel ook vanuit krijgskundig gezichtspunt grote zorg. In opdracht van de Staten-Generaal stelden daarom in 1671 twee befaamde wiskundigen, Johannes Hudde ²⁴⁾ en Christiaan Huygens, het eerste wetenschappelijke rivieronderzoek in met o.a. vervalmetingen ²⁵⁾ nabij Schenkenschans en langs de IJssel.

In 1686 volgden op initiatief van de Staten-Generaal aan 10 stations langs Bovenrijn, Nederrijn en IJssel bewaard gebleven halfdaagse waterstandswaarnemingen gedurende bijna drie maanden, in 1696 gevolgd door snelheidsmetingen op de Bovenrijn. Na de uitvinding van de waterpaskijker door Christiaan Huygens in 1679 werden nog voor 1700 vrij uitgebreide vervalmetingen o.a. tussen Nijmegen en Arnhem verricht. Men begon de aanleg van het Pannerdensch Kanaal niet onvoorbereid!

Op 1 januari 1700 begon de reeds genoemde reeks waarnemingen aan het Stadswaterkantoor te Amsterdam, welke reeks geruime tijd volstrekt enig in haar soort was. Het waterkundig onderzoek in de Republiek ging omstreeks 1700 in Europa en daarmee in de wereld aan de spits! Vergeleken hierbij stelt het eerste vervolg teleur. Wel ontwikkelden enkelingen initiatieven, zoals Cornelis Velsen die die een langspoor van de bodem van Rijn en Waal met daarbij een verhanglijn (d.i. een waterspiegellijn), het geheel t.o.v. het „Amsterdamsche Peil”, in 1749 publiceerde. Tot een samenhangend waterkundig onderzoek kwam het echter niet. De Republiek bezat er de organisatie niet voor; pleidooien tot invoering van één vergelijkingsvlak vonden een eeuw lang geen gehoor, de uiteenlopende voetmaten, verdelingen ervan en wijzen van meten bleven in zwang - elk peilmeetstation diende dan ook eigenlijk alleen een lokaal belang. Afgezien van de reeks van Amsterdam hebben de verrichte metingen in het algemeen dan ook weinig bijgedragen tot verdieping der kennis van de waterbeweging.

Dan begint in 1765 de stelselmatige verzameling van dagelijkse waterhoogten te Doesburg en Zutphen, in de volgende 13 jaar geleidelijk uitgebreid tot negen Staatse Maas- en Rijnstations (w.o. Emmerik) en enkele Duitse. In 1770 begint de Sociëteit van Nijmegen met de (tot in 1810 voortgezette) geregelde publicatie van deze ingewonnen gegevens, die de eerste rivierwaterstanden vormen, welke later herleid konden worden tot het Amsterdams Peil en nadien tot het NAP. Verder verrichtte Christiaan Brunings in de jaren 1789-1792 (door hem zorgvuldig verantwoorde) afvoermetingen op de Rijn en zijn takken, die nog lang nadien elders in West Europa de aandacht trokken.

Een der oogmerken van de omwenteling van 1795 was het vestigen van een duidelijk centraal gezag, dat o.a. regelingen zou tref-

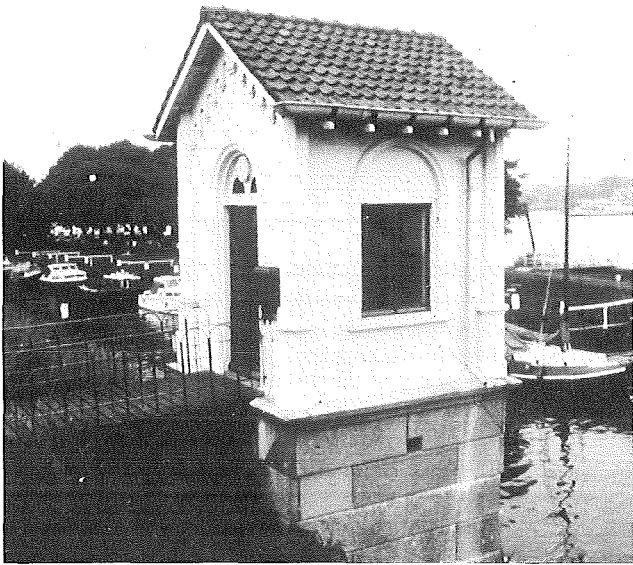
fen voor het waterstaatkundige beheer. Toch duurde het voor wat betreft de waarnemingen van waterstanden door het Rijk tot 1829 eer het eerst nodige was bereikt, te weten de aanvaarding van één referentievlak (het Amsterdams Peil), één wijze van aflezen van peilschalen (ten opzichte van dit AP) en één maatstelsel (het decimale meterstelsel).

Vrij snelle waterstandsveranderingen en veelvuldig optredende windgolven bemoeilijken het verrichten van getijwaarnemingen; deze vonden plaats in de marinehavens Den Helder vanaf 1832 en Vlissingen in 1833. Een belangrijke stap vooruit was verder de plaatsing van een peilschrijver ²⁶⁾, die van 1858 tot in 1932 op Urk heeft gewerkt.



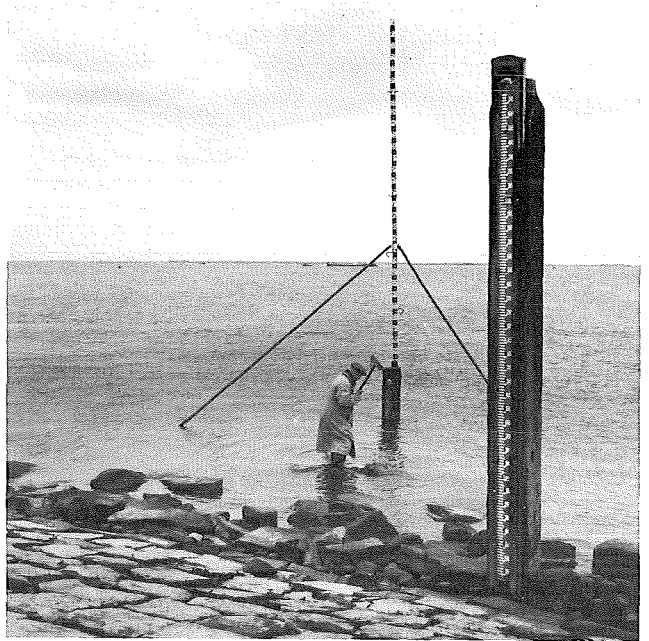
Het instrumentarium van het station Urk, in gebruik van 1858 tot in 1932. De trommel wordt aangedreven door de Friese staartklok.

Het aantal peilmeetstations nam inmiddels geleidelijk toe, in de hand gewerkt door de vele grote waterbouwkundige werken, begonnen met de vorming van de Nieuwe Merwede (1851-1860). Stonden er in het eerste Jaarboek der Waterhoogten (over 1854)



Het 19e eeuwse peilmeetstation Schoonhoven, per 1 januari 1985 vervangen door een nabijgelegen nieuw station.

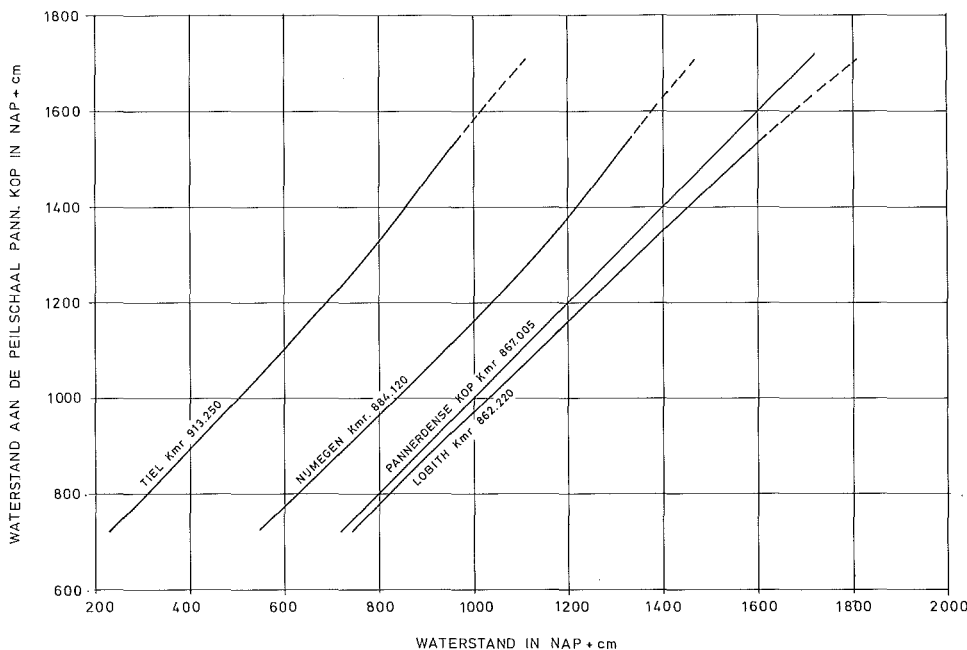
42 peilschaalstations, in het Jaarboek 1900 treft men 97 peilschaalstations en 58 peilschrijverstations aan: er was een min of meer samenhangend peilmeetnet ontstaan. Tegelijkertijd waren ook de kennis van en het inzicht in de wetten der waterbeweging en de meetvaardigheden op dit gebied aanzienlijk toegenomen; dit proces geraakte hier in de jaren na 1918 vanwege de ter hand genomen Zuiderzeewerken in een stroomversnelling. De uitvoering van het Deltaplan na de stormramp van 1953 noopte ten slotte tot regionale uitbreiding van het peilmeetnet (en bewerkstelligde verder grote wetenschappelijke en instrumentele ontwikkelingen). Inmiddels is het meetnet in de voor de waterhuishouding belangrijkste Rijkswateren gesaneerd en is een moderniseringsplan in uitvoering.



Een der standaardpeilschalen van een peilschaalstation wordt schoongemaakt; daarachter een golfmeetbaak.

Wat is het belang van waterstanden voor beheer en onderzoek? De waterstanden op een bepaalde plaats geven, mits betrokken op één vaste nulpuntshoogte, veel nuttige aanwijzingen; nog meer informatie verkrijgt men door de waterstanden op verschillende plaatsen met elkaar te vergelijken. In Nederland met zijn geringe hoogteverschillen liggen alle nulpunten precies op NAP. Die instel-hoogten moeten echter wel regelmatig en vrij vaak gecontroleerd worden aangezien door verschillende oorzaken verstoringen mogelijk zijn.

Mede omdat inwinning van waterstanden verhoudingsgewijs eenvoudig is en desgewenst (d.m.v. een schrijver of een ander apparaat) ononderbroken kan geschieden spelen zij een zeer grote rol bij het beheer en het onderzoek van oppervlaktewateren. Voor de



Voorbeeld van betrekkinglijnen voor Bovenrijn-Waal, toestand per 1 januari 1981.

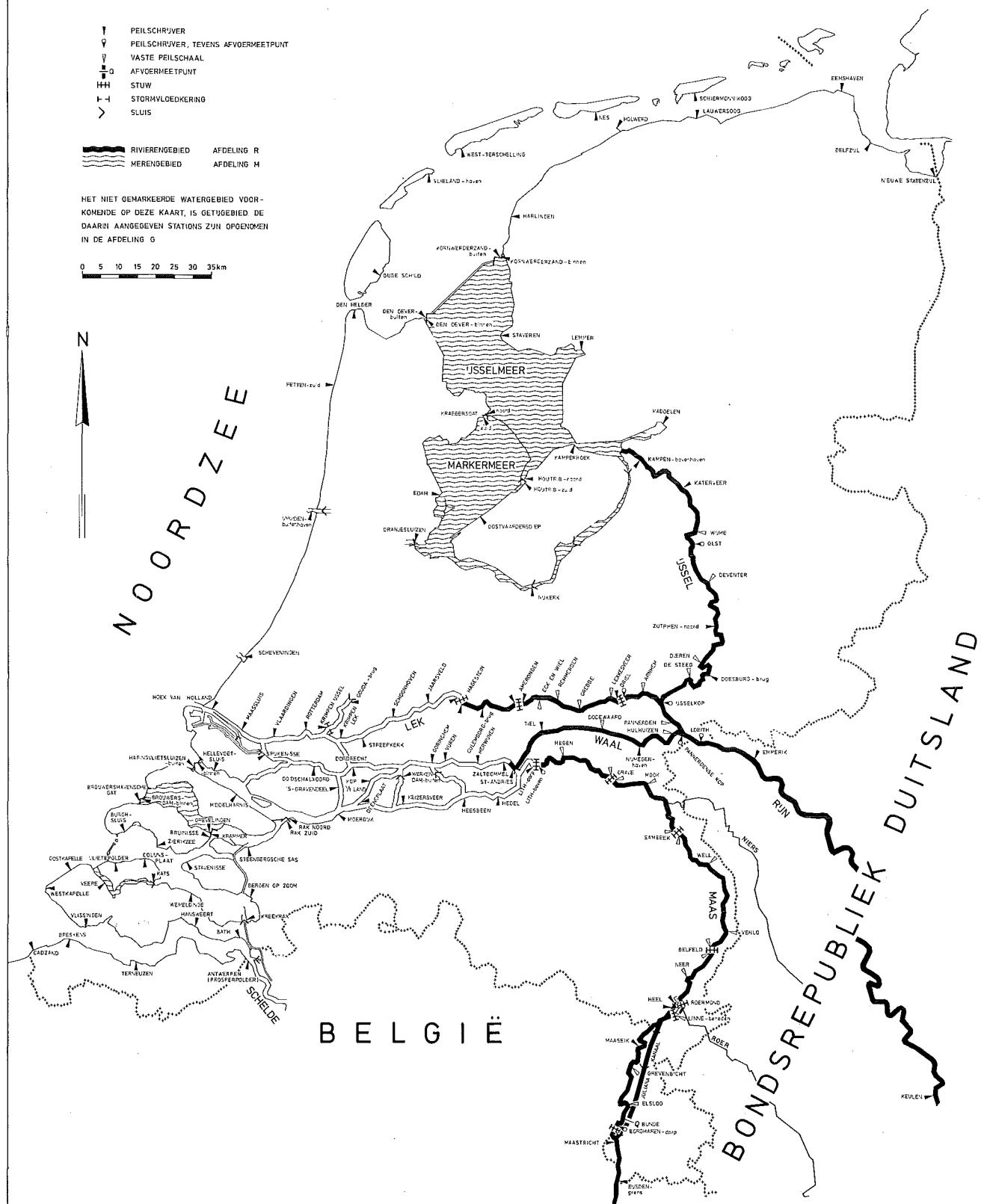
VERKLARING :

- ! PEILSCHRUIVER
- ! PEILSCHRUIVER, TEVENS AFVOERMETPUNT
- ! VASTE PEILSCHAAL
- ! AFVOERMETPUNT
- HH STUW
- !-! STORVLOEDKERING
- > SLUIS

 RIVIERENGEBIED AFDELING R
 MERENGEBIED AFDELING M

HET NIET GEMARKEERDE WATERGEBIED VOOR-
KOMENDE OP DEZE KAART, IS GETUIGENDE DE
DAARIN AANGEGEVEN STATIONS ZIJN OPGENOMEN
IN DE AFDELING G

0 5 10 15 20 25 30 35 km



Het peilmeetnet in de waterhuishoudkundige hoofdinfrastructuur per 1 januari 1984.

hand liggend is het uitzetten in een grafiek van overeenkomende waterstanden van een aantal samenhangende peilmeetstations, waarvan één het referentiestation vormt. Op deze wijze kunnen zgn. betrekkinglijnen worden gevonden, die gemiddelde waarden van de vervallen tussen peilmeetstations vastleggen. Waterstanden vinden ook rechtstreekse toepassing bij het loden van de waterdiepten vanaf een schip doordat men de lodingsuitkomsten via de waterstand(en) herleidt tot bodemhoogten t.o.v. NAP.

Op niet-gekanaliseerde getijloze rivieren bestaat een nogal nauw verband tussen de waterstand en de afvoer (in m³/s) ter plaatse. Beschikt men over zo'n „afvoerkromme" (vastgesteld m.b.v. afvoermetingen!) dan kan men uit de waterstandsmetingen met voldoende nauwkeurigheid de plaatselijke afvoeren bepalen.

De zo bepaalde afvoeren zijn onmisbaar voor het waterhuishoudkundig beleid (landbouw- en drinkwater, zoutbestrijding!). Maar ook buitendien spelen zij een gewichtige rol bij berekeningen van hoogwaterstanden, van het zandtransport vlak bij de bodem. Ook voor de berekening van de hoeveelheden slib en opgeloste verontreinigende stoffen in oppervlaktewateren speelt de afvoer een belangrijk rol.

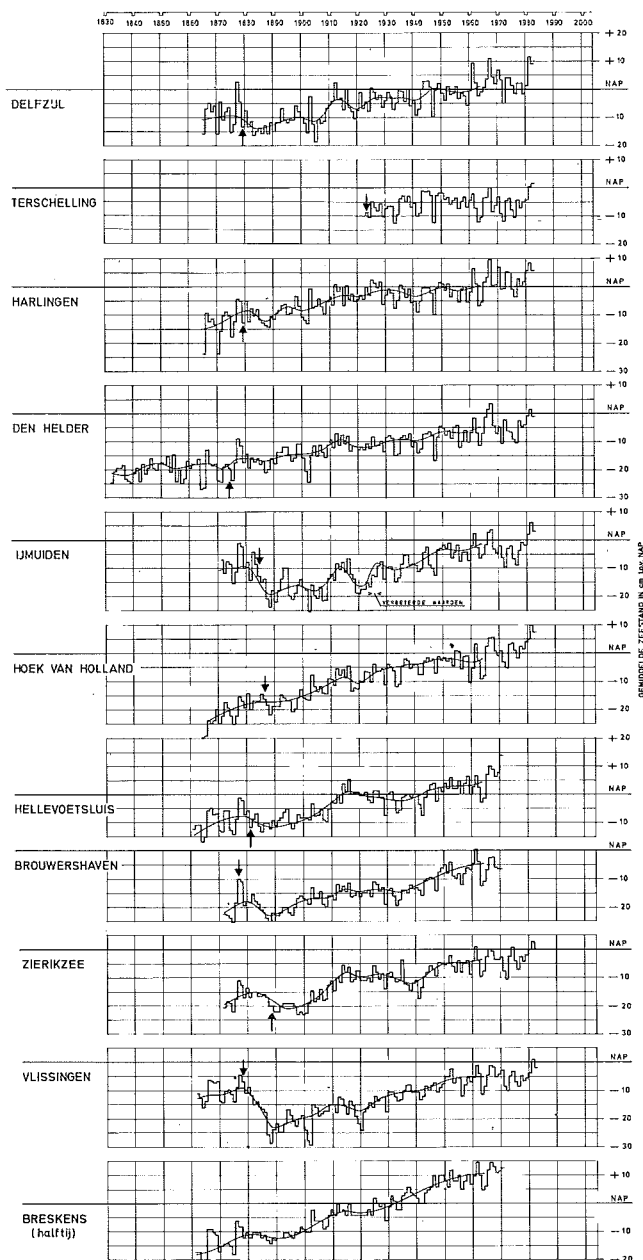
De afvoer is voorts de voornaamste faktor bij de totstandkoming van de waterstanden op een rivier, en uitzonderlijk hoge standen zijn weer bepalend voor de eventuele dijkverzwaringen (thans een actueel onderwerp).

Uiteraard zijn de optredende en spoedig te verwachten waterstanden aan de kust en in de zeearmen eveneens van onmiddellijk belang. Bovendien leent een reeks in het getijgebied waargenomen waterstanden zich ertoe lang vooruit de dagelijks veranderende hoogten en tijdstippen der hoog- en laagwaterstanden ter plaatse te berekenen - voor zover die althans niet verstoord worden door bijzondere weersomstandigheden zoals harde winden en stormen. De uitkomsten van dergelijke berekeningen voor (thans) 21 Nederlandse benevens twee Belgische stations verschijnen jaar voor jaar in de uitgave „Getijtafels voor Nederland 1986" (c.q. 1987 enz.) van de Staatsuitgeverij, waarvan de hoge oplagen al het nut bewijzen.

Uit de getijwaarnemingen laat zich per station per jaar de plaatselijke gemiddelde zeestand berekenen; de betreffende grafiek vertoont voor elk station een jaarschommeling, die samenhangt met verschillen in weersgesteldheid (veel of weinig stormen, zachte of strenge winters enz.); moeilijker verklaarbaar zijn de langdurige schommelingen. Overheersend is een stijgende tendentie (thans 15 à 20 cm/eeuw), die afgezien van de periode 1765-1820 ook bekend is uit de eerdergenoemde, minder goed verifieerbare, Amsterdamse reeks. In hoeverre een algemene bodemdaling hierbij van invloed is weet men niet, om welke reden men van „relatieve zeespiegelrijzing" spreekt. Het behoeft geen betoog dat dit verschijnsel, waarvan de oorzaak of oorzaken niet geheel duidelijk zijn, op lange termijn voor Nederland zeer belangrijk is. De relatieve rijzingen der gemiddelde hoog- en laagwaterstanden behoeven niet gelijk te zijn aan die van het gemiddelde zeepeil. Bij Vlissingen overtreft deze rijzing voor het hoogwater reeds lang die voor het laagwater; bijgevolg neemt het gemiddelde tijverschil toe. Dit opmerkelijke verschijnsel ontbreekt geheel in de Amsterdamse reeks en treedt overigens vóór omstreeks 1940 bepaald niet overal op; daarna is het algemeen geworden.

De hoogwaterstanden in het tijgebied kan men (evenals de rivierafvoer) statistisch verwerken; men heeft dit ten behoeve van het Deltaplan ook gedaan; het verslag ervan treft men aan in het Rapport der Deltacommissie, dat ook voor de afdammingen en dijkverzwaringen aan te houden waterhoogten aangeeft.

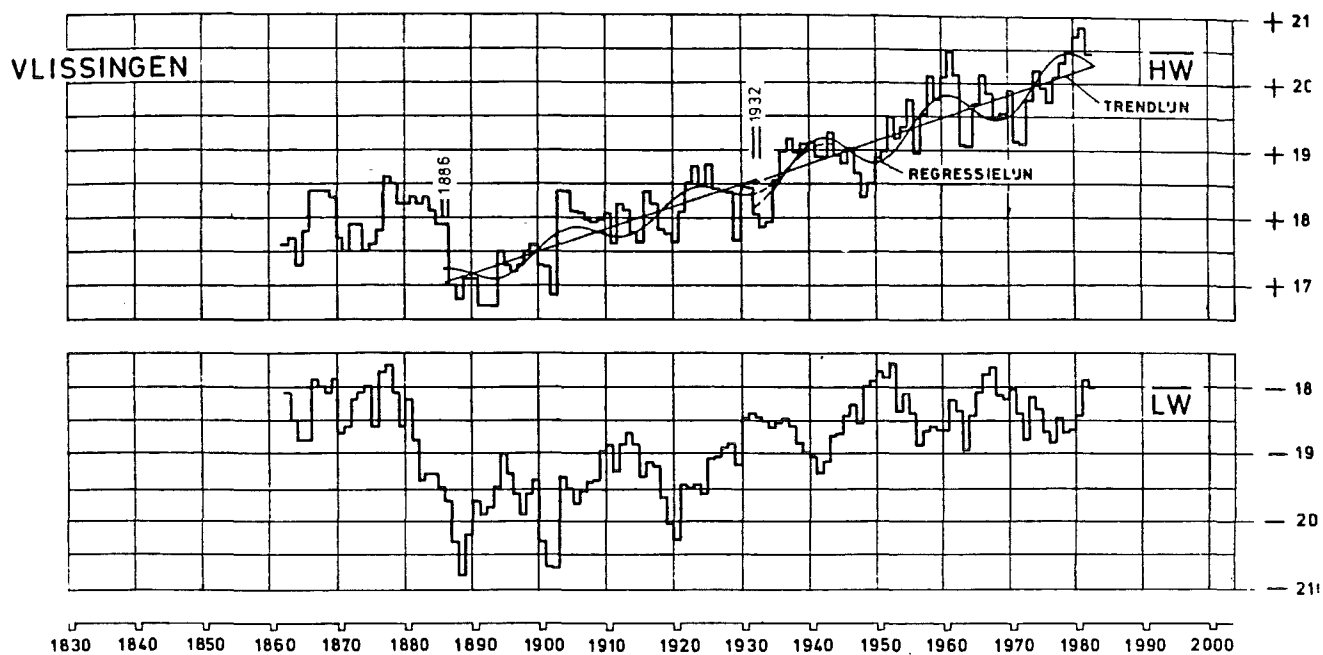
Vermelding verdient ten slotte dat het nu met behulp van meetpalen, booreilanden e.d. ook mogelijk is waterstanden buitengaats te



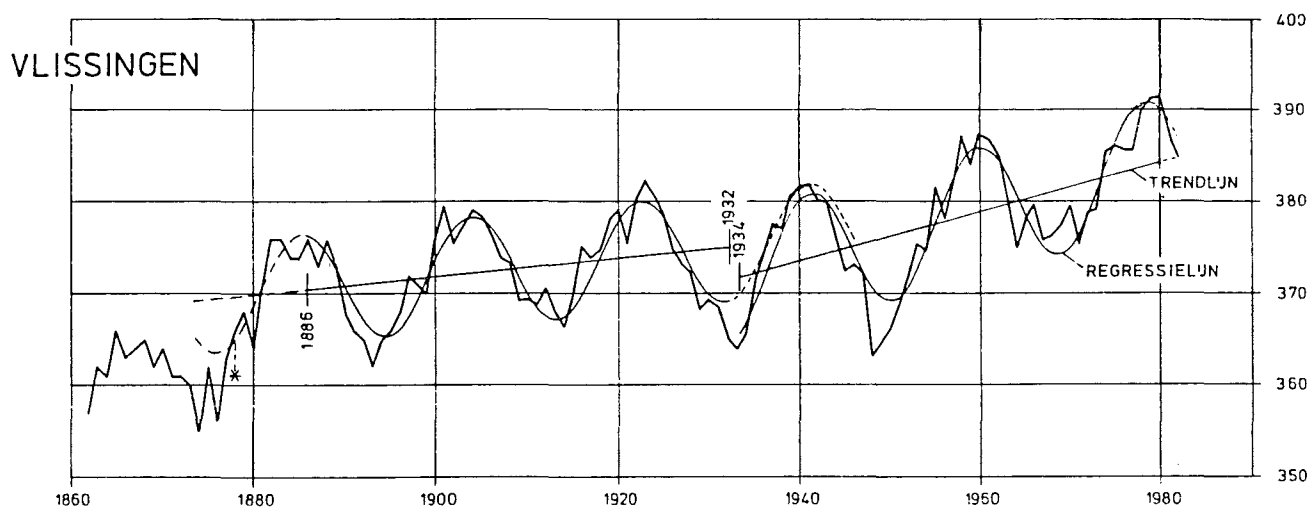
Verloop der gemiddelde zeestanden langs de Nederlandse kust.

meten. Zij worden o.a. gebruikt voor uiteenlopende berekeningen aangaande de gehele Noordzee of delen ervan. Deze berekeningen betreffen bijvoorbeeld waterstanden, maar ook transporten van opgeloste of zwevende stoffen.

Het bovenstaande samenvattend kan men het volgende stellen. Oude waterstandsmetingen liggen ten grondslag aan het NAP, waarop alle bruikbare waterstanden uit verleden en heden en in de toekomst zijn en worden betrokken. In menig ander land is de historische gang van zaken hiermee geheel vergelijkbaar. Waterstandsmetingen spelen een zeer belangrijke rol bij beheer en onderzoek van oppervlaktewateren. Een zorgvuldige bewaking van het referentievlak moet daarom als van wezenlijk belang worden beschouwd voor de kennis van en het inzicht in waterkundige en waterloopkundige verschijnselen. Dit grote belang heeft er toe



Verloop der gemiddelde hoog- en laagwaterstanden te Vlissingen.



Verloop van het gemiddelde tijverschil te Vlissingen. In de slingerlijn komt de invloed van de wenteling van het maanbaanvlak t.o.v. de ecliptica tot uiting.

geleid dat bij de modernisering van het peilmeetnet een groot aantal stations is en wordt voorzien van een betonnen paal reikend tot op het diluvium, een bodemformatie die - naar men moet aanne-

men - niet of vrijwel niet aan hoogteveranderingen onderhevig is. Die zgn. nulpalen zullen bij die zo gewenste handhaving van het NAP van veel nut zijn.



Vuurtoren in de Aussenweser. (Duitse Bocht)



Meetstation hydrostatische waterpassing vuurtoren Aussenweser door de afd. NAP in 1966.

ir. A. Waalewijn

In hoofdstuk 1 werd uiteengezet hoe het NAP over Nederland wordt verspreid door middel van een net van nauwkeurigheidswaterpassingen. Het meten van zo'n net is een arbeidsintensief gebeuren, doch daarmee is het werk nog niet gereed, want de hoogtes van de peilmerken moeten dan nog worden berekend. In principe is dat een eenvoudige zaak: het gaat om het optellen van de gemeten hoogteverschillen. Echter, zoals reeds gezegd, bij het meten kan men geen absolute nauwkeurigheid bereiken, en dat leidt tot problemen. Uit de figuren van het netwerk van de diverse nauwkeurigheidswaterpassingen (zie bijvoorbeeld hoofdstuk 4) blijkt dat zo'n net niet uitsluitend een soort stralenbundel is met als enig knooppunt Amsterdam doch dat er, zoals bij een spinneweb, veel dwarsverbindingen voorkomen. Dit houdt in dat de hoogtes van de *knooppunten* via verschillende wegen vanuit Amsterdam kunnen worden berekend. Door de beperkingen in de te bereiken meetnauwkeurigheid leveren zulke berekeningen dan, afhankelijk van de gekozen „rekenroute”, kleine verschillen op voor de gevraagde hoogte van de knooppunten. Deze verschillen kunnen een waarde van enige tientallen millimeters bereiken. Omdat men aan alle metingen min of meer gelijke waarde hecht zal men tenslotte voor de gevraagde hoogte een soort gemiddelde van de verschillende uitkomsten kiezen.

In werkelijkheid is dit een complex vraagstuk, dat door middel van een speciaal wiskundig model moet worden opgelost; dit noemt men het *vereffenen*. In zo'n vereffening worden aan alle waargenomen hoogteverschillen kleine correcties aangebracht, zodanig dat bij doorrekening in het netwerk slechts één waarde wordt gevonden voor de hoogte van elk knooppunt, ongeacht de gekozen „rekenroute”. Het berekenen van de vereffening voor een netwerk bestaande uit bijvoorbeeld 40 kringen vergt de oplossing van 40 vergelijkingen met 40 onbekenden. Vóór 1955, toen er nog geen computers ter beschikking waren, was dit een bijna onmogelijke opgave.

Bij de berekening van de aansluiting van diverse nationale waterpasnetten stuit men op soortgelijke echter nog grotere problemen. Het was daarom prematuur (maar wel getuigend van visie) dat de Conferentie van de Mitteleuropäische Gradmessung in 1864 (zie hoofdstuk 3) bij haar aanbeveling voor de meting van nationale waterpasnetten de wens uitsprak dat de verschillende nationale nulpunten met elkaar zouden worden verbonden. Weliswaar werd, zoals vermeld in hoofdstuk 3, het AP in 1876 overgebracht naar Berlijn om daar als NN het referentievlak voor Duitsland te vormen, doch door de afzonderlijke vereffening van het Duitse en het Nederlandse net ontstonden aan de grens verschillen tussen de beide hoogtesystemen. Dezelfde problemen deden zich voor bij de grenzen tussen andere Europese nationale hoogtesystemen. Als gevolg hiervan was het bijvoorbeeld onmogelijk om wetenschappelijk verantwoord het zeeniveau aan de Franse Kanaalkust te vergelijken met het zeeniveau in de Duitse Bocht, de Oostzee of de Middellandse Zee.

Het probleem van de gezamenlijke vereffening van de Europese waterpasnetten bleef een onderwerp van internationale wetenschappelijke discussie tot er in 1954 te Rome op het congres van

de Association Internationale de Géodésie (AIG)²⁷ een commissie werd opgericht met als taak deze gemeenschappelijke vereffening ter hand te nemen. De commissie kreeg de naam REUN (Réseau Européen Unifié de Nivellement); ook wel, in het Engels, United European Levelling Network, UELN genoemd.

In de opdracht werd gesteld dat de berekeningen in eenheden van *geopotential* moesten worden uitgevoerd. Dit houdt verband met een discrepantie tussen de eenheden die men gebruikt bij de bepaling van „even hoog” (gelijke potentiaal in het aardse zwaartekrachtsveld) en bij het meten van „hoogte” (meters). Door alle hoogteverschillen te vermenigvuldigen met de versnelling van de zwaartekracht ter plaatse verkrijgt men potentiaalverschillen en daarmee een consequent systeem²⁸.

De commissie kwam in mei 1955 te Florence voor het eerst bijeen. Er werd een netwerk samengesteld dat metingen bevatte van Finland, Zweden, Noorwegen, Denemarken, de Bondsrepubliek Duitsland, Nederland, België, Frankrijk, Spanje, Portugal, Oostenrijk, Zwitserland en Italië. Als referentievlak koos de commissie unaniem het NAP. De berekeningen werden in een drietal rekencentra uitgevoerd, onder andere door het Laboratorium voor Geodesie van de Technische Hogeschool te Delft. Het omvangrijke rekenwerk kon slechts dank zij de beschikbaarheid van een computer²⁹ tot een goed einde worden gebracht. Tenslotte was het resultaat dat er voor de knooppunten en voor een aantal peilschalen in het REUN-net hoogten in één en hetzelfde systeem, namelijk het NAP, beschikbaar kwamen.

Maar, hoe geslaagd ook, deze vereffening had enige ernstige nadelen. Ten eerste bestond de verbinding van Denemarken met Scandinavië en Finland uit slechts één lijn; uit theoretisch oogpunt een zeer zwakke schakel. Voorts stamden veel metingen (bijvoorbeeld in Frankrijk) nog uit de 19e eeuw. Afgezien van de nauwkeurigheid ervan leverde de combinatie met de veel recentere metingen in naburige landen zowel praktische als theoretische problemen op.

Aangezien er sedert 1960 in veel Europese landen nieuwe en uitgebreide waterpassingen waren verricht besloot de commissie in 1973 te Brussel om tot een nieuwe vereffening te komen, REUN-1973 genaamd. Opnieuw werd het NAP als vergelijkingsvlak gekozen en het rekenwerk werd opgedragen aan twee rekencentra, namelijk dat van het Laboratorium voor Geodesie te Delft en van de Deutsche Geodätische Kommission te München. Het waarnemingsmateriaal was veel uitgebreider dan in de eerste vereffening. Dat kwam niet alleen doordat er in de Europese landen veel nieuwe waterpassingen waren verricht doch ook omdat de beschikbare computers nu zonder enig probleem het daaruit voortvloeiende omvangrijke rekenwerk aankonden.

Zoals uit de bijgaande kaart blijkt zijn er in Zweden en Noorwegen complete waterpasnetten beschikbaar gekomen, terwijl ook geheel Italië en het Iberisch schiereiland in het nieuwe net zijn opgenomen. Voorts zijn de waterpassingen van Groot-Brittannië aan



De Eerste REUN-vereffening.



De Tweede REUN-vereffening: REUN-73.

REUN-1973 aangesloten, hoewel ze (evenals Scandinavië en Finland) slechts met één lijn aan het overige net vastzitten. De verbinding over het Nauw van Calais is trouwens geen waterpassing in de landmeetkundige zin, doch het resultaat van gelijktijdige peilschaalaflezingen aan beide oevers, aangevuld met correcties voor onder andere de stromingen in deze zeeëngte.

Het is te betreuren dat de landen in Oost-Europa op grond van politieke belemmeringen niet in het werk van de REUN kunnen worden opgenomen. Afgezien van de wetenschappelijke waarde ervan (voor de studie van bodembeweging en zeeniveau) zou een uitbreiding tot in de Sovjet-Unie en het Balkanschiereiland een belangrijke versteviging van het REUN-net kunnen opleveren.

De resultaten van REUN-73 zullen in 1987 worden gepubliceerd, zodat de verspreiding van het NAP zich dan zal uitstrekken over West-Europa, van Finmark tot Gibraltar en van Schotland tot Sici-

lië. Dat betekent echter niet dat de verschillende landen hun eigen nationale vergelijkingsvlak zullen gaan verlaten, want de REUN-resultaten zijn slechts voor wetenschappelijke doelen (onder andere de vergelijking van peilschaalgegevens) bestemd. Als uitzondering moet Oostenrijk worden genoemd. Tot nu toe gebruikte men daar het vergelijkingsvlak van de peilschaal te Triëst doch thans bestaat het plan om over te gaan op het NAP. Gegeven het feit dat een dergelijke overgang een groot aantal praktische problemen met zich brengt ³⁰⁾ blijkt hieruit welk een betekenis in Europa wordt toegekend aan het oude peil van Amsterdam, het NAP. Helaas is er op dit punt ook verlies te melden. In de Duitse Democratische Republiek, een gebied dat voorheen tot het NAP- (of NN-)areaal behoorde, hanteert men thans het vergelijkingsvlak van de Sovjet-Unie, gerelateerd aan de peilschaal van Kronshtadt. En zo blijkt dat de internationale politiek zelfs een op het eerste gezicht zo a-politiek fenomeen als het NAP kan beheersen.



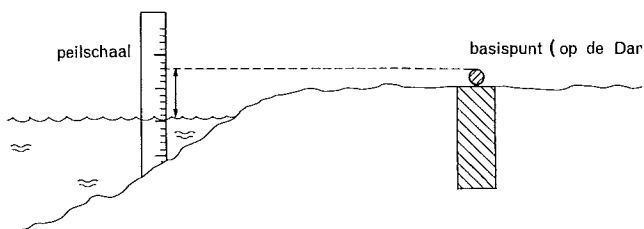
Burgemeester Van Thijn bij het ondergronds merk op de Dam te Amsterdam. 21 Januari 1986.

Prof. Dr.-Ing. R. Rummel

Het lijkt niet erg beleefd, om juist bij de viering van het derde eeuwfeest van het Normaal Amsterdams Peil (NAP) de vraag te stellen of het NAP levensvatbaar is in de toekomst. Omdat het antwoord echter overwegend positief uitvalt, zal deze bijdrage de algemene vreugde slechts kunnen vergroten.

Ondanks zijn lange traditie mag het NAP-systeem één van de modernst opgezette hoogtesystemen genoemd worden, een systeem dat ook in de toekomst aan alle eisen van de gebruiker in wetenschap en praktijk zal voldoen. Of het om het uitzetten van hoogtes ten behoeve van grote weg- of waterbouwkundige projecten gaat of om het bijhouden van bodemdalingen als gevolg van natuurlijke processen of winning van delfstoffen, NAP-hoogtes vormen een preciese en betrouwbare basis voor dergelijke activiteiten.

Er zijn slechts twee aspecten te noemen, ten aanzien waarvan in de toekomst een zekere ontwikkeling wenselijk en ook voorspelbaar is. Ten eerste berusten alle NAP-hoogtes op waterpassen, een zeer arbeidsintensieve en daarom kostbare meetmethode. In een tijdperk van automatisering zal men deze methode graag willen vervangen door een snellere en geautomatiseerde meettechniek. Ten tweede is het voor bepaalde wetenschappelijke toepassingen noodzakelijk hoogtesystemen, zoals het NAP-systeem, van verschillende landen of zelfs continenten met elkaar te verbinden. In de nabije toekomst zullen moderne ruimtemethodieken aan beide wensen tegemoet kunnen komen.



Hoogteverbinding van basispunt met peilschaal.

NAP-hoogtes zijn gerelateerd aan het zeeniveau, waardoor men ook vaak spreekt van hoogtes boven zeeniveau. Dit is gebeurd door het kiezen van een basispunt - in ons geval op de Dam in Amsterdam - waarvan de hoogte vastgelegd is ten opzichte van de gemiddelde waterstand gemeten aan een peilschaal aan de kust.

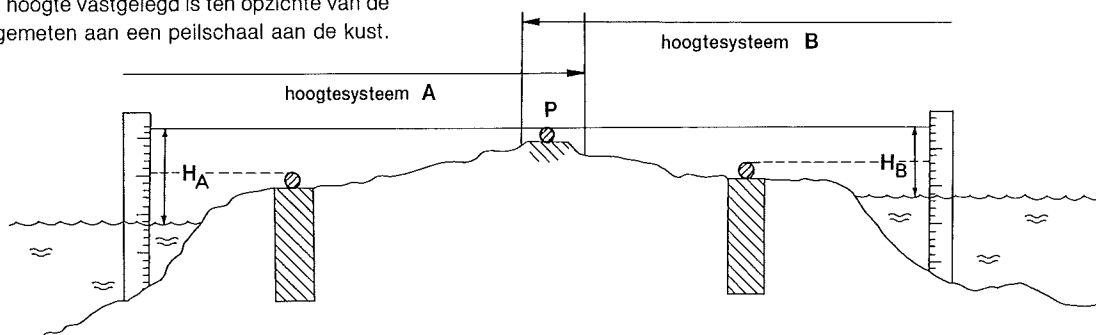
Omdat echter de gemiddelde waterstand van jaar tot jaar met meerdere centimeters verschilt (zie hoofdstuk 7), zou men op het idee kunnen komen alle hoogtes in Nederland elk jaar aan deze veranderingen aan te passen. Dit is zeker niet wenselijk en daarom is er afgesproken aan de hoogte van het basispunt een vaste waarde toe te kennen.

Het is bovendien zo, dat de gemiddelde waterstanden ter plaatse van verschillende peilschalen langs de Nederlandse kust in hoogte verschillen (zie hoofdstuk 7). Dus de hoogte van het basispunt zou dan ook nog afhankelijk zijn van de ligging van de peilschaal die voor de aansluiting wordt gekozen. Dit probleem komt men ook tegen als hoogtes in het grensgebied van twee hoogtesystemen worden vergeleken: de hoogtes van punten uitgedrukt in het hoogtesysteem van het ene land verschillen van die van het buurland.

Omdat de systemen aangesloten zijn op twee verschillende referentiepunten (of peilschalen) zal zich een constant hoogteverschil voordoen. Om de verschillen tussen de hoogtesystemen te elimineren hebben de West-Europese landen in het kader van het REUN (Réseau Européen Unifié de Nivellement) hun hoogtesystemen aan elkaar verbonden. Ook voor dit Europese hoogtesysteem heeft men het NAP als basis gekozen, hetgeen de grote betekenis van het NAP ook in internationaal verband onderstreept.

Maar terwijl het vrij eenvoudig is de hoogtesystemen van alle West-Europese landen op het Europese continent in één systeem te brengen door het kiezen van één basispunt, in ons geval het NAP, is dit niet zo simpel mogelijk voor hoogtesystemen op verschillende continenten of eilanden. Het kan dus zijn, dat het Amerikaanse hoogtesysteem een niveauverschil van bijvoorbeeld een meter ten opzichte van het Europese systeem heeft en een ander niveauverschil ten opzichte van het Australische systeem. Maar hoe komt het dan dat er hoogteverschillen bestaan tussen de verschillende systemen, terwijl zij toch alle gerelateerd zijn aan de gemiddelde waterstand van een plaats bij zee? Als het zeeoppervlak zich in volkomen rust zou bevinden, dat wil zeggen zonder invloed van getijden, stormen, wind, stromingen, riviermondingen enz.,

Een niveauverschil van hoogtesysteem B tegenover hoogtesysteem A resulteert in twee verschillende hoogtes H_A en H_B voor een punt P.

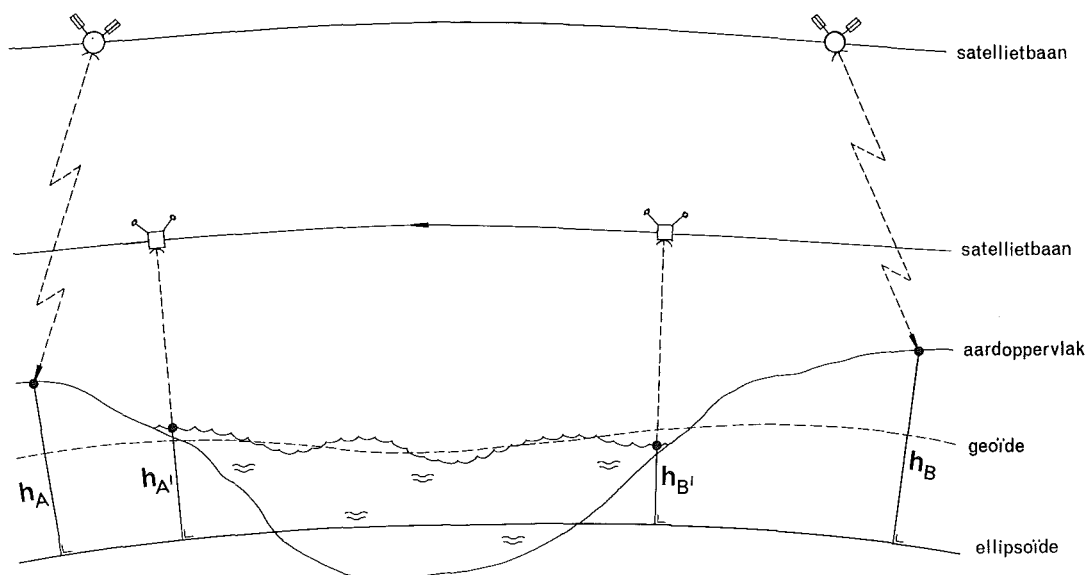


dan zou het zeeoppervlak een ideaal niveauvlak zijn, dus een vlak dat op elke plaats perfect horizontaal zou zijn. In dat geval zouden ook geen hoogteverschillen tussen verschillende systemen optreden, de hoogtes zouden hoogtes boven dit ideaal zeeniveau zijn. Dit ideale niveauvlak wordt *geoïde* genoemd.

Als gevolg van bovengenoemde invloeden wijkt het daadwerkelijke zeeoppervlak af van een ideaal niveauvlak. Een deel van deze afwijkingen valt weg als er gemiddelde waarden over langere tijdintervallen genomen worden. Een ander deel zorgt echter voor een bijna constante afwijking of verandert slechts heel langzaam. Dit deel wordt in eerste instantie veroorzaakt door zeestromingen, zoals de golfstroom, die in hun loop beïnvloed worden door bijvoorbeeld klimaatveranderingen. Het bestuderen van dit soort verschijnselen is onderwerp van de fysische oceanografie. Zouden de oceanografen stromingen enz. overal precies kennen, dan zou het mogelijk zijn daaruit het verschil in hoogte van systemen op verschillende continenten te bepalen. Als daarentegen de geodeet ³¹⁾ in staat zou zijn de hoogtesystemen over de oceanen heen met elkaar te verbinden, dan zou hij belangrijke informatie aan de oceanografie kunnen leveren.

kunnen uit deze opzet de niveauverschillen tussen hoogtesystemen op verschillende continenten of eilanden worden afgeleid. Dit onderwerp heeft in de komende jaren de versterkte aandacht van geodeten in verschillende landen.

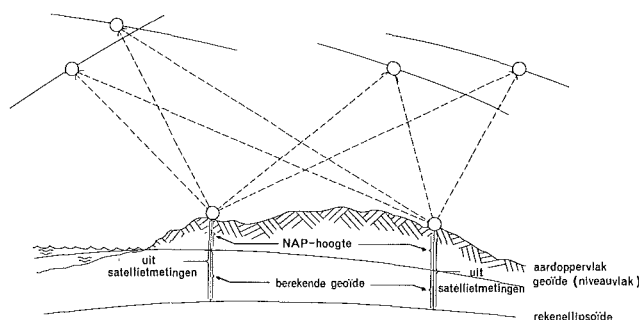
Tot zover wat betreft de verbinding van hoogtesystemen. Maar ook het tweede aan het begin genoemde aspect, het sneller en automatisch vergaren van hoogte-informatie, nadert zijn oplossing. Gebruikmakend van een nieuw Amerikaans satellietnavigatiesysteem, het NAVSTAR systeem, leveren twee satellietontvangers, op een afstand van een aantal (tot tientallen) kilometers van elkaar geplaatst, nu al coördinaatverschillen tot op enkele centimeters nauwkeurig. Daarbij meet elke ontvanger gelijktijdig (pseudo-)afstanden naar tenminste vier satellieten. Door het invoeren van een ellipsoïdisch rekenvlak, zoals bij het bovengenoemde voorbeeld, en het erbij betrekken van het verloop van de geoïde (over afstanden van maximaal 100 km tot op 5-10 cm nauwkeurig bekend) kunnen indirect NAP-hoogtes afgeleid worden. In een operationeel stadium zullen op deze manier zeer snel en betrouwbaar NAP-hoogtes met een nauwkeurigheid van enkele centimeters verkregen kunnen worden.



De hoogtes boven de ellipsoïde, h_A en h_B , zijn afgeleid uit afstandsmetingen naar satellieten, h_A' en h_B' uit satelliet-radarhoogtemeting van het zeeniveau.

Sedert enkele jaren lijkt het nu mogelijk te worden met moderne ruimtemethoden hoogtesystemen over oceanen heen met elkaar te verbinden. Met behulp van preciese afstandsmetingen naar kunstmanen kan de voerstraal van waarnemingsstations, verspreid over twee continenten, op enkele centimeters nauwkeurig bepaald worden. (De voerstraal is de afstand van een punt op het aardoppervlak tot het massacentrum van de aarde). Als alternatief kan ook de voerstraal van twee punten op zee dicht bij de kust aan beide zijden van een oceaan met behulp van satelliet-radarhoogtemeting bepaald worden. Voert men nog, ter vereenvoudiging, als rekenvlak een ellipsoïde in die de vorm van de aarde goed benadert, dan is het mogelijk uit beide ruimtemethoden het geometrische hoogteverschil van deze punten (hoogtes boven de ellipsoïde) op enkele centimeters nauwkeurig af te leiden. Daarbij is nog geen rekening gehouden met de ligging van de geoïde ten opzichte van de ellipsoïde.

Als men daarnaast uit het verloop van het aardse zwaartekrachtveld met dezelfde precisie de afstand van de geoïde tot de ellipsoïde kan berekenen - een onderwerp van de fysische geodesie - dan



NAP-hoogtes afgeleid uit satellietmetingen en het verloop van de geoïde.

Ook in de komende jaren zal het NAP-hoogtesysteem niets aan betekenis binnen Nederland en West-Europa inboeten. Integendeel, de nog aanwezige problemen, ten eerste de niveauverschillen ten opzichte van hoogtesystemen op andere continenten en ten tweede het tijdrovende en daarom kostbare waterpassen, kunnen waarschijnlijk binnenkort met behulp van moderne ruimtetechnieken opgelost worden.

Louis van Gasteren

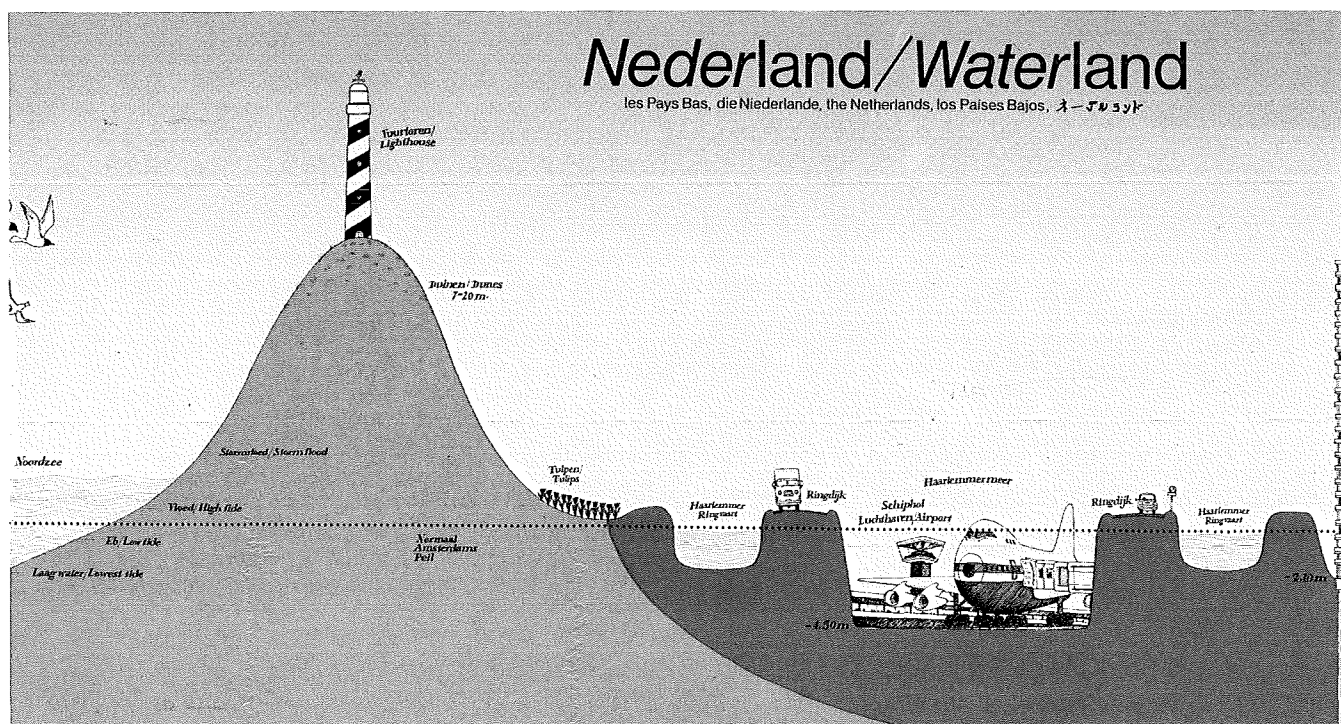
Geen verhaal van of voor een geodeet, maar voor en van een burger met een andere discipline. Ik ben geboren in Amsterdam, „die grote stad, die is gebouwd op palen“, maar u wellicht elders in dit merkwaardige land. Een paar dingen hebben wij echter gemeen. Ook U bent *gewogen* na uw geboorte, dank zij een afspraak die mensen voordien hadden gemaakt: het standaard-kilogram gewicht. De hoofdzuster kon het noteren en ook het *tijdstip* waarop het plaats vond, dank zij een andere afspraak: Greenwich Mean Time.

Ook de *locatie*, de plaats waar u geboren bent ligt vast door de verdeling van de aardbol in breedte- en lengtegraden.

Inhouds- en *lengtematen* hebben sinds menselijk bestaan een ontwikkeling doorgemaakt - prachtige namen, als ellemaat en schepel, woorden, die iets vertellen over de handel en wandel door de eeuwen heen in de communicatie tussen mensen, afspraken die daartoe noodzakelijk waren, eindigend in een decimaal stelsel met liters en meters. De standaardmeter ligt in Sèvres (Fr.), precies 100 cm lang, een platina staaf die zorgvuldig wordt bewaard en te bezichtigen is. Mondiale duidelijkheid, geen misverstanden. IJs smelt bij 0° Celsius en water kookt bij 100°, windsnelheid kent zijn eenheid op de schaal van Beaufort, aardbevingen op de schaal van Richter.

Het is een merkwaardig land, dit Nederland, deze delta waarop Batavieren en Kaninefaten en later de Romeinen hun ogen hebben uitgekeken, waarbij Tacitus zich afvroeg waar het land eindigde en de lucht en zee begonnen. Dit land waarin we thans leven was vroeger fundamenteel anders, niet vergelijkbaar met andere landen. Dit land is door Nederlanders gemaakt - niet aan der zee ontruikt - maar gemaakt in de letterlijke zin. Een proces dat rond het jaar duizend - technologisch gesproken - een aanvang nam. Toen kwam de ommekeer van verwondering en acceptatie van de natuur naar een beheersing ervan, in het bijzonder van het element water. Cornelis Verhoeven zegt in zijn essay „*stilstaan bij het water*“: „Een element is datgene wat zich tegen verdere bewerking verzet, wat overgelaten moet worden aan zijn eigen wijsheid en structuur en wat niet straffeloos aan onze willekeur kan worden onderworpen“.

Een gegeven dat ons in een belangrijk conflict heeft gebracht: hoe houden wij tijdens ons leven droge voeten en tot welke prijs. Met het hemelwater, het rivier- en zeewater zijn de bewoners van dit land een gevecht aangegaan in de voortdurende confrontatie „van het respect dat het water afdwingt, bepaald door de overtuigende wijze, waarop het zich manifesteert als een zelfstandige wereld en een imponerende kracht“. Dit gevecht ging niet zonder fouten.



Mijn vader die toneelspeler was en Vondel-kenner, bracht mij in mijn vroegste jeugd al de dichtregel bij: „Gelukkig is het land, dat zijn eigen moer verbrandt”. Het woord is in onbruik, denk aan het Engelse „moor”.

Maar het afsteken en verbranden van veen (niet alleen dus droge, maar ook warme voeten) heeft catastrofale gevolgen voor de waterhuishouding gehad.

Vondel was een dichter en niet een op lange termijn denkende ingenieur van de Rijkswaterstaat.

Het maatgeven aan de dingen leren we, thuis en op school en zo worden we groot - nadat we zelf in maat en getal zijn vastgelegd - en kijken om ons heen, hebben een vak gekozen, hebben zelf kinderen gekregen en op onze beurt weer de hoofdzuster de gelegenheid geboden de referentiekaders te hanteren. We kijken rond, zien overal water. Het geluid van het heien - in mijn geval dus, als Amsterdammer - is vertrouwd geworden.

We accepteren de samenleving, spreuken als „luctor et emergo”, het landschap, zoals dat zich aan ons aandient, nogmaals gezegd vol water, gekanaliseerd, bedijkt, weggemalen, door de mens „beheerst”.

We hebben het onder controle en droge voeten zijn een vanzelfsprekende zekerheid.

Op school is er terloops gesproken over het NAP, een peil, een afspraak over hoogte, waarop onze waterhuishouding is gebaseerd, maar noch onderwijzer noch leraar heeft naar iets anders kunnen verwijzen, dan naar een wat abstract gegeven, in het gunstigste geval naar Amsterdam, en als misser naar het Nieuw Amsterdams Peil.

Welaan, dáár is die afspraak gemaakt, daar kwam de overeenkomst tot stand tussen mens en water, over de gemiddelde zomervloedstand van de zee. En op de Zeedijk in Amsterdam werd dat contract bezegeld met een steen en een merkteken. Op de gegevens van de zee als contractant kunnen we rekenen, dit is de afspraak, en van daaruit zijn we verder gegaan. Van toen af aan hielden we rekening met dat peil bij het bouwen van onze huizen, wegen, dijken, kanalen en later zelfs mijnschachten.

Maar thans zijn noch u noch ik in staat de complexiteit van die waterhuishouding te doorgronden. Aan een buitenlandse relatie kunnen we het niet uitleggen - zij hebben in hun land geen ministerie van Waterstaat noch waterschappen. Wij laten dijken zien en niveaoverschillen, een paar molens en een gemaal, rijden een polder in en bezoeken de Deltawerken, maar staan niet stil bij het feit dat duizenden landgenoten dagelijks betrokken zijn bij de instandhouding van dit kunstmatige land en daarmee van onze droge voeten. Het is allemaal vanzelfsprekend en we staan niet stil bij de afspraak van het NAP, we laten ons Hansje Brinkers opdringen met zijn vinger in de dijk om de natie te redden. Maar de tijd van de mythologie is voorbij.

Het kunstenaarscollectief Rijkswaterstaat (Abram de Swaan) ziet zich met zijn „kunstwerken” dagelijks geplaatst tegenover het reeds genoemde conflict: mens-element, compleet met contractbreuk. Zij bouwt correcties op de Zeeuwse kustlijn, „die met hun

Het aanbrengen van de funderingspaal voor het ondergrondse merk op de Dam. Let op de vergissing Nieuw i.p.v. Normaal Amsterdam Peil.



torende en verticale structuren, onmiskenbaar omhoogwijzen, verwijtend naar de hemel uit het water verrijzen om een almacht (een wrekende god, een nalatig gezagsdrager rekenschap te vragen van de nietsontziende verwoesting die de stormvloed hier ooit heeft aangericht en waarvoor Rijkswaterstaat met dit „Deltawerk” een gedenkteken heeft willen oprichten. Met dit monument wordt de mens door het beton gewroken: met elk getij wordt het water als in een rituele boetedoening gedwongen door de poorten en gangen van deze monumentale structuur te gaan, om in de achterliggende bekkens stil en brak tot bezinning te komen zonder dat van vergifenis ooit sprake zijn kan in deze nooit aflatende loutering”.

We zijn het oudste technologische land van Europa en de vraag rijst waarom de Rijkswaterstaat die „de werkvloer van Nederland” beheert en beheerst, ons niet méér vertrouwd maakt, of zelfs deelgenoot maakt van het meetpunt dat thans nog onder de grond is weggestopt op het Damplein in de hoofdstad. Zichtbaar zijn alleen de 45.000 bouten, die de Meetkundige Dienst - de meetploegen met de driepoot en het waterpasinstrument - in iedere stad, in ieder dorp, om iedere uithoek van dit land heeft geplaatst, ingemetseld in stabiele bouwwerken. Iedere aannemer, waar dan ook en voor welk bouwwerk dan ook, weet waar hij staat ten opzichte van het NAP. Sterker nog: het is zijn eerste vraag.



De Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat aan het werk: Optisch waterpassen in 1985.

Terug naar de Dam, naar de vijf zwarte steentjes voor het Koninklijk Paleis, waaronder de NAP-paal zich bevindt, geheid tot op de diluviale zandlaag.

Waarom kan ik er als burger niet bij? Waarom kan ik hem niet zien? Waarom mag ik hem niet aanraken, even betasten maar, in het besef dat mijn hand op de werkvloer van Nederland rust.

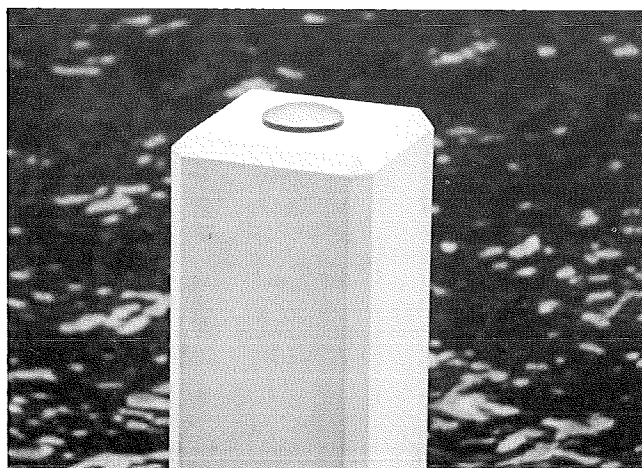
In 1979 heb ik met graficus Kees van der Veer de Gemeente Amsterdam een voorstel gedaan het NAP op de Dam toegankelijk te maken. Op technische gronden was dit op die plaats niet realiseerbaar.

Willem Elschot meldde reeds: „Tussen droom en daad staan wetten in de weg en praktische bezwaren”.

Met de Gemeente, onder enthousiaste aanvoering van Treeske Blase, hoofd Bureau Externe Betrekkingen en Congresszaken, en de architecten Wilhelm Holzbauer en Cees Dam van het Stadhuis/Muziektheater werd als locatie gekozen voor de binnenstraat tussen beide gebouwen. Een speciale paal werd geheid op de diluviale zandlaag onder toezicht van ir. Paul Roelfzema, hoofdlandmeter van Amsterdam. De hoogte van de bout, het zuivere ijkmerk dus, zal door middel van een primaire waterpassing worden overgebracht vanaf de Dam naar het nieuwe, nationale, toegankelijke meetpunt, zowel door de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat als door de Dienst Openbare Werken, afdeling Landmeten en Kartografie van de hoofdstad. Eén en ander onder auspiciën van de inmiddels opgerichte Stichting Normaal Amsterdams Peil, die het NAP-project als geschenk wil aanbieden aan de Gemeente, gesponsord door bedrijven en instellingen.

Wat houdt dit project nu in?

Een toegankelijk meetpunt, en buitendien een in natuursteen uitgevoerde geologische doorsnede van Nederland, 25 meter lang, die duidelijk maakt dat Schiphol op 4,5 m onder NAP ligt, dat Ajax voetbalt in de Watergraafsmeer op 5,5 m minus NAP, dat de Elfsteden-tocht wordt verreden op een bevroren niveauvlak.



Model van de NAP-paal in het Stadhuis/Muziektheater in Amsterdam.

Naast het nieuwe meetpunt zullen waterkolommen de actuele eb- en vloed bewegingen aan onze kust zichtbaar maken. Dan kunnen we zien met het merkteken van de Zeelandramp in 1953 over welke vorm van contractbreuk wordt gesproken. Dan zullen we begrijpen dat we blij mogen zijn met al die energie, inspanning en technologische know-how waardoor wij droge voeten houden.

Maar mocht de waterbeheersing na 100 jaar falen en het water ons tot de lippen stijgen, dan nog zal de ware filatelist ontroerd de NAP-postzegel aan zijn collectie toevoegen, wellicht met het water in de mond en tranen in de ogen.

Dit land zal altijd vochtig blijven, maar wel NAP-bewust.

Noten

- 1) Belangrijke werken:
1705: aanleg Pannerdensch Kanaal;
1774: graven Bijlandsch Kanaal (d.i. het gedeelte van de Bovenrijn even beneden Lobith);
1775: totstandkoming van een nieuwe bovenmond van de IJssel.
- 2) Een simplificatie, waarbij de aarde als een homogene bol wordt beschouwd.
- 3) Opnieuw een vereenvoudigde voorstelling die alleen geldt indien de aarde een homogene bol zou zijn.
- 4) In het meervoud: baken.
- 5) Vanzelfsprekend ook niet bij de hydrostatische waterpassing, waar immers een werkelijk niveauvlak wordt gebruikt.
- 6) In oudere literatuur „verkenmerken”.
- 7) Verhoging van de waterstand ten gevolge van storm.
- 8) Het IJ stond tot de afsluiting in 1872 via de Zuiderzee in open verbinding met de Noordzee.
- 9) Voor de volledige tekst, zie Van der Wee pag. 35-39.
- 10) Aaneengeschakelde, dus doorgaande waterpassing.
- 11) Pegel betekent zowel peil als peilschaal.
- 12) Brief van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen aan de Minister van Binnenlandse Zaken d.d. dec. 1878.
Enige beduchtheid voor de macht van het juist gestichtte Duitse Keizerrijk na de overwinning op Frankrijk in 1871 zal hieraan niet vreemd zijn geweest.
- 13) Thans Technische Hogeschool Delft.
- 14) In 1937 omgezet in de huidige Rijkscommissie voor Geodesie.
- 15) Een uitgebreidere versie van dit lied is te vinden in het Landmesser-Liederbuch (Stuttgart 1904).
- 16) Latte = paal
- 17) Soms waren peilmerken aangebracht aan speciale stenen palen, „Pyramiden”.
- 18) Brief no. 144 d.d. 29 december 1890 afd. Waterstaat I van de Minister aan de Hoofdingenieurs in de districten van de Waterstaat.
- 19) In het Noordduitse kustgebied werden diep gefundeerde ondergrondse peilmerken („Rohrfestpunkte”) al sinds 1898 toegepast.
- 20) De steen is later op een andere plaats weer aangebracht aan de brug die naar de Zeedijk leidt.
- 21) De Denen smolten de kale loden buis na eenmalig gebruik weer om.
- 22) En sedert 1931 de Meetkundige Dienst, die echter tot 1959 een onderdeel was van de Algemene Dienst.
- 23) Toevallig heet de soortgelijke dienst in Spanje ook NAP.
Daar betekent NAP echter Nivelacion de Alta Precision (= nauwkeurigheidswaterpassing).
- 24) Ook burgemeester van Amsterdam; onder zijn bewind werd het AP door acht dijkpeilstenen vastgelegd.
- 25) Het verval is het verschil in waterhoogte tussen twee punten van een waterloop op een bepaald tijdstip.
- 26) Zo'n instrument registreert in grafiekvorm het verloop van de optredende plaatselijke waterstand met de tijd; daarbij behoort de waterbouwkundige constructie der opstelling de al te snelle waterschommelingen te dempen.
- 27) De AIQ is een wereldwijde geodetische organisatie, ontstaan uit de Conferentie voor de Mitteleuropäische Gradmessung.

28) In een vlak land als Nederland speelt dit probleem geen rol.

29) De ZEBRA (Zeer Eenvoudige Binaire Reken Automaat) van TNO.

30) Toen in het tijdschrift Geodesia-NGT van maart 1985 werd aangekondigd dat met ingang van de volgende maand alle NAP-hoogten met 10 m zouden worden vermeerderd (een 1-april-grap) leidde dit tot heftige discussies.

31) Geodeet (of landmeter), beoefenaar van de geodesie.

Literatuuroverzicht

Inleiding:

A.K. Biswas	History of hydrology. Amsterdam-London, 1970
ir. H.A.M.C. Dibbits	Nederland — Waterland. Utrecht 1950
dr. M.K. Elisabeth Gottschalk	Stormvloeden en rivieroverstromingen in Nederland Deel II, periode 1400-1600. Assen 1975 Deel III, periode 1600-1700. Assen 1977
Jan en Annie Romijn	De lage landen bij de zee zevende druk, blz. 103; Amsterdam 1977
R.P.J. Tutein Nolthenius	Onderzoek omtrent de waarde en bruikbaarheid der oudere stroommetingen op den onverdeelde Rijn en op zijnen takken. Tijdschrift Koninklijk Instituut van Ingenieurs, 1885-1886, blz 270..323 en 365..414
dr. G.P. van de Ven	Aan de wieg van Rijkswaterstaat. Wordingsgeschiedenis van het Pannerdens Kanaal. Zutphen 1976
P.I. van der Weele	De geschiedenis van het N.A.P. Delft 1971

Hoofdstuk 2:

G. van Diesën	Peilen in Nederland. Verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1901-1902 p. 181-195 en p. 18-20
G. van der Houven	Nauwkeurigheidswaterpassing; ontstaan, instandhouding en vernieuwing. Geodesia 1968 p. 45-51
W. Jordan	Der Normal-Höhenpunkt für das Königreich Preußen. Zeitschrift für Vermessungswesen 1880 p. 1-16
C.R.T. Krayenhoff	Verzameling van hydrographische en topographische waarnemingen in Holland. Amsterdam 1813
Morozowicz, von	Deutsche Bauzeitung 1875 p. 266
H.C. Pouls	Beweging en stilstand. Lustrumboek 1980-1985 „Snellius” p. 29-49. Delft 1985

F.J. Stamkart	Over het Amsterdamsche Peil. Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Academie van Wetenschappen, afd. Natuurkunde 17e deel p. 261-303. Amsterdam 1865
C.W. van der Sterr	Het Amsterdamsch- en Nieuw Amsterdamsch Peil. Technisch Gemeenteblad 1920 p. 254 tot p. 530
C.W. van der Sterr	Amsterdamsch Peil. Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde 1934 p. 228-234
Dr.ir. Joh. van Veen	Bestaat er een geologische bodemdaling te Amsterdam sedert 1700? Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap 1945 p. 2-36
P.I. van der Weele	De geschiedenis van het N.A.P. Delft 1971

Hoofdstuk 3:

Prof.dr. L. Cohen Stuart	Mededeeling omtrent de in 1875 en 1876 uitgevoerde nauwkeurigheidswaterpassing. Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1876-1877 p. 57-63
...	Europäische Gradmessung 1862-1876 p. 28-29. (Bibl. Afd. Geodesie TH Delft)
Reich	Bericht über die XV-Haupt-Versammlung des Deutschen Geometer-Vereins. Zeitschrift für Vermessungswesen 1888 p. 60-61
...	Uitkomsten der Rijkswaterpassing, ontworpen en aangevangen door L. Cohen Stuart, voortgezet en voltooid door H.G. van de Sande Bakhuyzen en G. van Diesen. 's-Gravenhage 1888
A. Waalewijn	Honderd jaar nauwkeurigheidswaterpassing. Nederlands Geodetisch Tijdschrift 1975 p. 126-130

Hoofdstuk 4:

A. Waalewijn	De Tweede nauwkeurigheidswaterpassing van Nederland, 1926-1940. Delft 1979
--------------	--

Hoofdstuk 5:

J.H. ten Damme	Tien jaar primair hydrostatisch waterpassen. Geodesia 1975 p. 213-217
G. van der Houven	Hydrostatische waterpassing Vlieland- Terschelling. Geodesia 1962 p. 33-41
ir. W. Schermerhorn	Bestimmung der Höhenlage der Insel Terschelling. Zeitschrift für Vermessungswesen 1926 p. 417-434
ir. A. Waalewijn	Toepassing van hydrostatische waterpassing in Nederland. Geodesia 1961 p. 27-33

Hoofdstuk 6:

D.J. Luiten	De zevende uitgave van Peilmerken van het NAP. Geodesia 1960 p. 165-168
A. Waalewijn	De Tweede nauwkeurigheidswaterpassing van Nederland, 1926-1940. Delft 1979

Hoofdstuk 7:

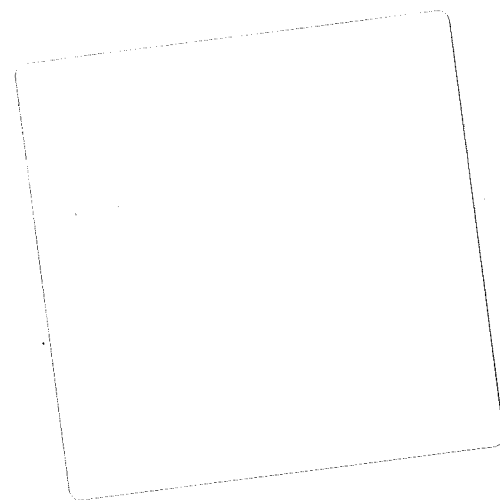
ir. H.A.M.C. Dibbits	Nederland-Waterland. Utrecht 1950
dr. M.K. Elisabeth Gottschalk	Stormvloeden en rivieroverstromingen in Nederland II, periode 1400-1600 en III, periode 1600-1700. Assen 1975 en 1977
dr. G.P. van de Ven	Aan de wieg van Rijkswaterstaat. Wordingsgeschiedenis van het Pannerdens Kanaal. Zutphen 1976
P.I. van der Weele	De geschiedenis van het N.A.P. Delft 1971

Hoofdstuk 8:

ir. J.E. Alberda	Report on the adjustment of the United European Levelling Net and related computations. Delft 1963
------------------	---

Hoofdstuk 10:

A. de Swaan	Wegrecensie. N.R.C./Handelsblad, 24.08.1985
C. Verhoeven	Stilstaan bij het water. De Nederlandse Waterschapsbank N.V. 's-Gravenhage 1974



Beeldverantwoording

ANP foto, pag 44

Foto Eurobook Productions Amsterdam, pag 47 en 49

Historisch Topografische Atlas, Gem. Archief Amsterdam, pag 14 en 16

Foto V.N.U. pag 48

Alle overige Rijkswaterstaat en medewerkers Rijkswaterstaat.