

TECHNISCH- WETENSCHAPPELIJK TIJDSCHRIFT

ORGAAN VAN DE VLAAMSE INGENIEURSVERENIGING
TORENGEBOUW VIII, SCHOENMARKT 31, ANTWERPEN. — Telefoon 33.65.23.

Uitgegeven met de steun van de Regering.

Aangesloten bij de Unie der Belgische Periodieke Pers.

Het ontlenen van oorspronkelijke artikels mag slechts bij wijze van uittreksel geschieden en onder volledige vermelding van de bron.

De Vlaamse Ingenieursvereniging en de T.W.T. - Redactie zijn niet verantwoordelijk voor de inhoud der artikels.

JAARGANG 22, No. 12, blz. 259 - 280

ANTWERPEN, DECEMBER 1953

INHOUDSOPGAVE: *De Stormvloed van 1 Februari 1953. Openings toespraak*, door Prof. Ir. Dr. P. Heymans, p. 259 - 260. — *Inleiding*, door Prof. Ir. G. Willems, p. 260 - 262. — *Storm en Stuwving*, door Prof. Dr. P. Groen, p. 262 - 268. — *Fluid-catalytische Isomerisatie van paraffinische Koolwaterstoffen*, door Dr. Ir. P. Tritsmans, p. 269 - 273. — *Normalisatie*, p. 273 - 274. — *Technische Berichten*, p. 274 - 275. — *Boekbesprekingen*, p. 268, 275 - 280. — *Ter bespreking ingekomen boeken*, p. IV - X. — *Landbouwtechnische Berichten*, p. X - XII. — *Berichten van allerlei aard*, p. XII - XVI. — *Ingekomen tijdschriften*, p. XVI - XL.

DE STORMVLOED VAN 1 FEBRUARI 1953.

Wie herinnert zich niet meer de nationale ramp, die in de nacht van 31 Januari op 1 Februari j.l. de Lage Landen aan de Zee en ook Engeland zo fel heeft geteisterd?

Het lag in de lijn van onze Vereniging aan dit gebeuren een studiedag te wijden. Het was ons opgevallen, dat op 20 Mei 1953 te 's-Gravenhage door de goede zorgen van onze zustervereniging, het "Koninklijk Instituut van Ingenieurs", een studiedag werd ingericht met de medewerking van vijf Nederlandse ingenieurs en geleerden. Waarom zouden wij verder gaan zoeken om andere krachten op te sporen? Wij hebben ons dan ook aanstonds gewend tot het "Koninklijk Instituut van Ingenieurs" te 's-Gravenhage en hebben het bereid gevonden zijn toestemming te verlenen, om te Antwerpen door de V.I.V. dezelfde studiedag te laten beleggen. Deze ging door op Dinsdag 30 Juni 1953. Alleen het openingswoord en de inleidingstoespraak verschillen. Verder is het agenda hetzelfde geweest, n.l.:

1. Opening door Ir. Dr. P. HEYMANS, Algemeen Voorzitter V.I.V., Oud-Minister van Economische Zaken.
2. Inleiding door Prof. Ir. G. WILLEMS, Directeur-Generaal der Waterwegen, Directeur-Generaal van Bruggen en Wegen, Hoogleraar aan de Vrije Universiteit te Brussel.
3. Voordracht van Prof. Dr. P. GROEN, Adj.-Directeur van de Afd. "Oceanografie en Maritieme Meteorologie" van het K.N.M.I. te De Bilt en Buitengew. Hoogleraar aan de Vrije Universiteit te Amsterdam, over "Storm en Stuwving".
4. Voordracht van Dr. K. R. POSTMA, Directeur van de Afdeling Weerdienst en Luchtvaartmeteorologie van het K.N.M.I. te De Bilt (Nederland), over: "Storm- en stormvloedprognose".
5. Voordracht van Ir. P. J. WEMELSFELDER, Hoofdingenieur van de Rijkswaterstaat, over "Waterstanden".
6. Voordracht van Ir. J. L. KLEIN, Directeur-Hoofdingenieur van de Provinciale Waterstaatsdienst van Zuid-Holland, over "Dijkbreuken".
7. Voordracht van Prof. Ir. P. Ph. JANSEN, Hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Delft, Adviseur van de Rijkswaterstaat, over "Dijkherstel".

De openings toespraak, de inleiding alsmede de teksten van de vijf voordrachten zullen gepubliceerd worden over de nummers 12/1953 en 1 alsmede 2/1954.

De teksten van de vijf Nederlandse auteurs werden reeds gepubliceerd in het Nederlandse weekblad "De Ingenieur", orgaan van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.

Openings toespraak

door Prof. Ir. Dr. P. HEYMANS, Algemeen Voorzitter V.I.V.

Mijnheer de Consul-Generaal der Nederlanden,
Mijnheer de Afgevaardigde van de Heer Minister van
Openbare Werken en Wederopbouw,

Mijnheer de Gouverneur,

Dames en Heren,

Tijdens de barre winter, die we beleefd hebben als

met een onuitputtelijke mist omhuld, werden de Lage Landen bij de Zee, alsmede de Oostkust van Engeland in de tragische nacht van 31 Januari op 1 Februari opgeschrikt door een bange, schrille noodkreet: ontelbare bressen werden in de dijken geslagen en woest maakte het water zich meester van uitgestrekte landstroken, die zo moeizaam op de zee waren veroverd in voorbije tijd.

Dood en vernieling waren het onbeschrijfelijke gevolg van de nationale ramp, die vooral Nederland had getroffen. Wij herinneren ons nog levendig, hoe aanstonds en zonder dralen het hard getroffen Nederlandse broeder-volk is opgesprongen om met man en macht het onheil te keer te gaan. Internationale solidariteit werd bevestigd en deed goed aan het hart van allen.

Nederland had reeds zoveel geleden tijdens de oorlog en bij het einde ervan. De verbondenen zagen zich genoopt, ten einde de bezetter vlugger te verjagen, door grondige luchtbombardementen het Eiland Walcheren aan de zee over te leveren.

In de strijd om Walcheren heeft de Vlaamse Ingenieursvereniging toen op initiatief van haar toenmalige Algemene Voorzitter Ir. H. C. W. Faure en na technisch advies van haar Oud-Algemeen Voorzitter Ir. K. Vergenst aan onze Regering voorgesteld om Belgische hulp te verlenen bij de droogmaking van Walcheren, voorstel waarop zij is ingegaan.

Hare Majesteit de Koningin der Nederlanden heeft onze Oud-Algemeen Voorzitter Ir. H. C. W. Faure uit erkentelijkheid in 1949 benoemd tot Officier in de Orde van Oranje-Nassau, waardoor onze Vereniging zich zeer vereerd heeft gevoeld.

Na de verschrikkelijke ramp, die Nederland op 1 Februari j.l. en de daaropvolgende dagen getroffen heeft, dachten wij aanstonds aan de noodzakelijkheid van studie en onderzoek in verband met de ramp. Wij vonden gehoor bij onze Nederlandse zustervereniging, het Koninklijk Instituut van Ingenieurs te 's-Gravenhage, dat zich akkoord verklaarde bij monde van zijn Alg. Secretaris, Ir. H. Sangster, om de V.I.V. in de gelegenheid te stellen vijf ter zake bevoegde Nederlandse geleerden en ingenieurs aan het woord te laten op deze studiedag. Onze dank gaat naar het Kon. Inst. van Ingenieurs en natuurlijk in het bijzonder naar de vijf sprekers Prof. Dr. P. Groen, Dr. K. R. Postma, Ir. P. J. Wemelsfelder, Ir. J. L. Klein en Prof. P. Ph. Jansen, die zich moeite noch tijd gespaard hebben, om zich naar Antwerpen te begeven ten einde dit gehoor in te leiden en in te wijden over hun kunde, kennis en ervaring.

Onze erkentelijkheid gaat verder naar ons medelid en lid voor het leven, Prof. Ir. G. Willems, Directeur-Generaal van Bruggen en Wegen van België, die spontaan heeft aanvaard om een inleidende voordracht te houden en tevens de hele studiedag te leiden.

Dankbaarheid zijn wij ook verschuldigd aan de Heer N. Laude, Directeur van het Universitair Instituut voor de Overzeese Gebieden, die ons met minzame welwillendheid deze Academiezaal en zijn personeel heeft ter beschikking gesteld om in een enig natuurmooi kader een belangrijke studiedag in te richten.

Wij zijn vereerd door de tegenwoordigheid van autoriteiten of hun vertegenwoordigers.

Wij begroeten hier onder meer :

Dhr. D. G. E. Middelburg, Cons.-Gl. der Nederlanden,
Dhr. Ir. Boereboom, Adj. Cabinetschef van de Heer Minister van Openbare Werken en Wederopbouw,
Dhr. R. Declerck, Gouverneur van de Provincie Antwerpen,
Dhr. A. Lommez, Provinciaal Griffier van West-Vlaanderen,
Dhr. G. Declene, Arrond. Commissaris van St. Niklaas-Dendermonde,
Dhr. H. Tricot, Arrond. Commissaris van Mechelen,
De vertegenwoordigers van verschillende stads- of gemeentebesturen o.m. van Gent, Hingene, Melsele, Waasmunster,
De Heren Hoofdingenieurs-Directeur en Ingenieurs van het Corps van Bruggen en Wegen,
De Heer Hoofdingenieur-Directeur van de Landelijke Waterdienst,
De Heren Poncelet, Sneyers en Pien van het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België,
De Heren Reporters van meer dan tien dag- en weekbladen, zowel Franstalige als Nederlandstalige.
Deze lijst is niet beperkend en omvat ook al degenen, die aanwezig zijn, maar ons van hun deelneming van te voren niet hadden ingelicht.

Lieten zich verontschuldigen :

Dhr. F. van Cauwelaert, Minister van State, Voorzitter van de Kamer van Volksvertegenwoordigers,
Ridder van Outryve d'Ydewalle, Gouverneur van West-Vlaanderen,
Dhr. Th. De Ruyter, Provinciale Griffier van Antwerpen,
Dhr. Leden van de Bestendige Deputatie van West-Vlaanderen,
Dhr. G. van der Linden, Lid van de Bestendige Deputatie van Antwerpen,
Dhr. W. Vaes, Arrondissementscommissaris van Antwerpen,
Dhr. L. Craeybeckx, Burgemeester van Antwerpen,
Dhr. C. Lebon en F. Tijsmans, Schepenen van de Stad Antwerpen,
Dhr. A. van Glabbeke, Burgemeester van Oostende,
Het College van Burgemeester en Schepenen van Blankenberge, van Heist-aan-Zee, van Knokke-aan-Zee, van Zwiendrecht,
Dhr. N. Laude, Directeur van het Universitair Instituut voor de Overzeese Gebieden,
Ir. C. van Haaren, Voorzitter van de Belg.-Nederl. Vereniging te Antwerpen, Voorzitter van de Hollandse Club te Antwerpen,
Dhr. J. Dehondt, Voorzitter van de Handelskamer van het Arrondissement Oostende.
Ik verklaar deze Studiedag voor geopend en draag het voorzitterschap over op Prof. Ir. G. Willems.

Inleiding

door Prof. Ir. G. WILLEMS, Directeur-Generaal der Waterwegen,
Directeur-Generaal van Bruggen en Wegen, Hoogleraar aan de Vrije Universiteit te Brussel.

Ter inleiding aan de studiedag, ingericht door de Vlaamse Ingenieursvereniging en gewijd aan de stormvloed van 1 Februari 1953, lijkt het mij gepast enige ogenblikken te blijven stilstaan bij de zware gevolgen die, ook voor ons land, deze storm heeft gehad.

Ik wil nochtans de indruk niet verwekken, dat de schade, bij ons veroorzaakt, gelijk te stellen aan deze waarmede onze Noorderburen hadden te kampen.

Inderdaad, indien bij ons de ramp zeer groot is geweest, was zij in Nederland ontzettend en, wat meer is, eiste zij veel slachtoffers. Het is dan ook met innig leedwezen dat ik mijn stem voeg bij deze, welke opgingen in bijna gans de wereld, om aan het Nederlandse volk mijn oprechte deelneming te betuigen.

Tevens wil ik mijn bewondering uiten voor de reusachtige inspanning die onze Nederlandse collega's onder de hoge leiding van de Heer MARIS sinds de eerste uren van de ramp hebben geleverd.

De wereldbepaalde ervaringen en kunde van de Waterstaat hebben het mogelijk gemaakt met succes tegen de natuurkrachten te kampen en ik ben er innig van

overtuigd dat hij eerlang de slag definitief zal winnen.

Ik houd er insgelijks aan de Vlaamse Ingenieursvereniging te feliciteren met het genomen initiatief ; deze studiedag zal ontegensprekelijk vruchtbaar zijn.

De opzet van de inleiding is, zoals ik het daareven aangehaald heb, aan te tonen dat ook bij ons grote schade werd berokkend en te bewijzen dat onze ingenieurs van Bruggen en Wegen en onze aannemers degelijk werk hebben verricht ; dat anderzijds, na de menige critiek die werd uitgeoefend, het tijdstip gekomen is om openlijk te verklaren dat een reusachtige taak werd verricht en dat wij, Belgen, fier mogen zijn, het Bestuur van Bruggen en Wegen zowel als de aannemers, over het gepresteerde werk.

Hoe zag de toestand er uit op 1 Februari 1953 ?

Twee zonen zijn te onderscheiden : de eerste is de kustzone waar veel materiële schade werd verwekt, doch waar de overstromingen om zo te zeggen te verwaarlozen waren. De tweede zone was deze van de Schelde en bijrivieren, waar daarentegen de stroomgaten en overstromingen talrijk waren.

Ik neem mij voor eerst de kustzone te bespreken, om daarna te besluiten met enige beschouwingen over de wijze, waarop de stroomgaten langs de Schelde werden gedicht.

KUST.

1) In globo kan gezegd worden dat van de 66 km kust er ongeveer 4,6 km ernstig beschadigd werden, waaronder 3,8 km frontale dijken.

De kaart toont duidelijk aan welk een geweldige vernieling de kustzone onderging. De ingestorte zeedijken verspreiden zich van Koksijde tot aan de Nederlandse grens. Ook de straten van een groot deel van de stad Oostende liepen onder water.

Reeds van 1 Februari af hebben de diensten van het Bestuur van Bruggen en Wegen, geholpen door aannemers, vrijwilligers en het leger, onmiddellijk de gevaarlijkste bressen in de polderdijken en havendijken gedicht, nl. te Lombardzijde, te Nieuwpoort, te Bredene, te Blankenberge en een stukje polder aan het Zwin.

Anderzijds moesten de gaten, welke in de frontale zeedijken werden geslagen, beveiligd worden tegen de komende hoogwaters; daarom werd beroep gedaan op aannemers en op het leger. Voegen wij hier terloops aan toe dat 1 Februari op een Zondag viel en dat het dus moeilijker was onmiddellijk de nodige werkkrachten te verzamelen.

De beveiligingswerken hebben ongeveer 25 aannemers met personeel en materieel aan het werk gezien. Ongeveer 2000 werklieden en 400 werklozen, alsmede 2000 soldaten en mariniers werkten aan deze beveiligingswerken. Gedurende deze periode werden 1 200 000 m³ zandzakken verbruikt, 10 000 m³ rijshout, 60 000 m³ grond verplaatst, 25 000 ton puin en steen, 10 000 m² stalen vlechtwerk, 4000 ton zware breukstenen van 40 tot 200 kg; 200 burgerlijke en militaire vrachtwagens, 4 militaire en 2 private bulldozers waren bestendig in werking.

Vóór het springtij van 14 à 17 Februari waren alle plaatsen beveiligd.

2) Na het springtij moesten de definitieve herstellingen aangevangen worden. De moeilijkheid bestond er in gans de kustzone vóór het seizoen, t.z. vóór ongeveer 15 Juni, in orde te brengen.

Er moesten dus veel aannemers te werk gesteld worden volgens een typecontract en om alle discussies te vermijden vatte het Bestuur van Bruggen en Wegen het plan op een aanbesteding uit te schrijven verdeeld over 23 loten.

Er werd aan de aannemers een 10-tal dagen tijd gegeven om hun prijzen in te studeren en op de dag zelf van de aanbesteding werden de verscheidene loten toegewezen, zodanig dat gelijktijdig 23 aannemers voor een gezamenlijk bedrag van ongeveer 300 000 000 F aan het werk werden gezet.

De prijzen werden gevraagd op het zicht van een typeplan dat voor gans de zeedijk kon gelden, mits bepaalde locale aanpassingen.

Op het strand, aan de voet van de dijk wordt een stalen damwand van 3 à 4 m geslagen. Er weze hieraan toegevoegd dat, om alle vertraging te vermijden, het Bestuur van Bruggen en Wegen enkele dagen na de ramp rechtstreeks een contract afsloot met de walsinrichtingen tot de levering van ongeveer 4000 str. m. stalen damplanken wand. Op het vlak van de zeewering wordt eerst een laag zuivere vette klei van 0,50 m dikte gestort, of een laag gebitumineerd zand van 0,15 m. Op het peil + 6,50 m vormt deze laag een hoek en loopt in hellende richting 5 à 8 m verder tot onder de stormmuur.

Op die ondoordringbare laag komt een laag gewapend beton, die aan de voet ruim 1 m hoog en 0,60 m dik is en geleidelijk dunner wordt naar boven toe, waar ze onder de kruin nog 40 cm dik is.

Op deze laag gewapend beton komt dan de bekleding in metselwerk met Doornikse kalksteen, harde baksteen of geprefabriceerde, getrilde of geperste betonblokken.

Evenwijdig aan deze herstellingswerken aan de zeedijken werden nog andere aanbestedingen uitgeschreven. Stippen wij b.v. aan de herstelling van de schade tussen Heist-sluizen en de eerste villa's te Heist; de herstelling

van de beschadigde strandhoofden; de schade aan de havens van Oostende, Zeebrugge, Nieuwpoort enz.

Het totale bedrag der aan gang zijnde werken aan de kust kan geschat worden op ongeveer 450 000 000 F.

SCHELDE.

1) Het stormtij van 1 Februari heeft ongeveer 240 bressen in de dijken van de Schelde en haar bijrivieren geslagen, alsook meer dan 100 inzakkingen veroorzaakt, terwijl belangrijke uitgestrektheden onder water liepen.

Ongeveer 6000 ha vruchtbare grond en honderden huizen waren overstroomd.

Het waterpeil in de Schelde te Antwerpen had het nooit gekende cijfer van 7,85 m bereikt, hetgeen betekent dat het water 0,80 m hoger kwam dan de dekstenen der kaaien. Aanzienlijke schade werd aldus verwekt aan de gestapelde goederen in de haven; enkele straten en kelders liepen onder water.

Nog tijdens de nacht van de ramp zelf werd te allen kante ingegrepen en daarna werd dag en nacht gewerkt tot het bezweren van de uitbreiding van de ramp. Het leger is een machtige steun geweest bij het aanbrengen van de eerste hulp.

Veertien dagen na de storm waren reeds 59 bressen gedicht in de dijken van de Schelde, 18 in de Rupel, 22 in de Nete, 10 in de Durme, 14 in de Vliet, 7 in de Zenne en 2 in de Dijle.

De stroomgaten van Steendorp, Niel, Walem en Vlassenbroek werden respectievelijk bemeesterd op 16, 26, 27 Februari en 15 Maart.

Het stroomgat van Vlassenbroek b.v. was zeer belangrijk en had ongeveer 65 m breedte en 16 m diepte onder de dijkkruienen.

Al deze herstellingen hebben een grote krachtspanning gevraagd, niet alleen van het Bestuur van Bruggen en Wegen, doch insgelijks van al de aannemers welke opgeroepen werden en van het leger. Het werk werd verricht in zeer moeilijke omstandigheden en ik herinner U hier aan het slechte weder dat wij gekend hebben tussen de periode van 1 Februari en 15/16 Februari; periode tijdens dewelke de werklieden en soldaten onder de bevelen van meestergasten, opzichters van het Bestuur en ingenieurs dag en nacht gewerkt hebben.

Ik kan niet nalaten hiervoor aan allen hulde te brengen.

Drie voorname stroomgaten bleven nochtans ongedicht en waren het brandpunt van de publieke belangstelling met al de moeilijkheden welke hiermede voor onze technici gepaard gaan. Het waren de stroomgaten van Wintam, Pijp Tabak en Berendrecht.

Ik neem mij voor enkele minuten te wijden aan elk van die bijzondere gevallen.

2) Wintam.

Het gat had ongeveer 70 m lengte en 10 m diepte onder gewoon laagwater. De bestendige onder water komende gronden bedroegen 1200 ha.

Daar het dichten van het gat zelf op bepaalde moeilijkheden stuitte en het Bestuur niet absoluut zeker was met de dichting bij de eerste proef te slagen, werd een kunstmatige en voorlopige aarden dam in het midden van de overstromingszone opgericht om deze laatste terug te brengen op $\pm$ 600 ha.

Deze kunstmatige dijk — de Notelaarsdam — vergde het verplaatsen van ongeveer 50 000 m³ grond, welke op ongeveer 9 km afstand moest gehaald worden.

De totale lengte van de Notelaarsdam bedroeg 1300 m. De sluiting van het stroomgat zelf verliep nochtans normaal en gans in het raam van de opgelegde timing.

Deze sluiting noodzaakte het gebruik van 250 000 rijssbossen, 40 000 ton breukstenen, 30 000 m² zinkstukken van 0,90 m dikte en 200 000 zandzakken.

Berendrecht.

Onmiddellijk na het stormtij kon de breedte van dit stroomgat op ongeveer 70 m geschat worden. Ongelukkig kon de diepte niet worden verkend, ten gevolge van de aanwezigheid van een breed slik, welk voorlopig stand hield en de peilingsboot belette bij de bres te komen.

Het stroomgat verbreedde dagelijks en in korte tijd werd een evenwichtstoestand bereikt met een breedte van ongeveer 130 m en een diepte van 25 m onder de kruin.

2400 ha stonden onder water, bij elke springtij stroomde ongeveer 8 miljoen m³ water door de opening.

Twee grote firma's werden aangeduid om gezamenlijk de bres te dichten; de werken werden bemoeilijkt, daar er geen enkele toegangsweg bestond en daar de dijk niet bereikbaar was langs de Schelde.

Al de materialen moesten opgeslagen worden in het kleine haventje van Frederik, dat alleen toegang verleent aan schepen van 300 ton bij voldoende hoogwaterstand.

Een ringdijk van 430 m lengte werd langs de polderkant aangelegd en bestond uit breukstenen op een vloer van zinkstukken. Bij het opmaken van de breukstenendijk werd gebruik gemaakt van schanskorven. Dit procédé heeft zeer goede resultaten afgeworpen.

Terzelfder tijd werden de binnendijken gedicht en versterkt, zodanig dat het overstroome gebied van 2400 ha teruggebracht werd op 625 ha.

De sluiting geschiedde op 4 Mei j.l., dus amper drie maanden na de ramp, hetgeen wel degelijk een mooie krachtprestatie is.

Pijp Tabak.

Voor het einde van mijn inleiding heb ik natuurlijk de zwaarste en belangrijkste bres voorbehouden.

Zij was 135 m breed en 21 m diep onder kruin.

Bij springtij bereikte de amplitudo van de verandering van de waterstand in de polder 3 m, wat overeenstemt met een volume van circa 25 miljoen m³, dat viermaal per dag door de opening stroomde. Deze cijfers tonen brutaal aan welk een moeilijk technisch vraagstuk hier ook moest opgelost worden. Ook voor het dichten van deze bres werden twee grote aannemersfirma's aangeduid.

Er werd eerst klei geklept en loodslakken en breukstenen gestort.

Gelijktijdig werden 2 belangrijke bressen, gelegen in de onmiddellijke nabijheid van de doorbraak, volgespoten met zandspecie gebaggerd in de Schelde.

Om de bouwplaats op te richten diende een weg aangelegd van 2 km lengte, terwijl drie aanlegsteigers volledig dienden gebouwd, waaronder één voor het lossen der materialen, terwijl de andere twee de oppersstations uitmaken, die het zand opspotten, gebaggerd door twee zandzuigers met een capaciteit van 13 000 m³ per dag.

Daar de overstromingszone (ongeveer 2500 ha) volstrekt diende beperkt te worden, werden nooddammen verwezenlijkt, enerzijds door ophoging van de zate van de autosnelweg Antwerpen-kust en anderzijds door de sluiting van de Militaire Dijk.

Eerst en vooral werd, ten einde de overstroming tot de Polder van Melsele te beperken, een wal in zandzakken opgeworpen op de weg van Melsele naar Kallo (4000 m lengte). Hiervoor werden 700 000 zakken verwerkt.

Anderzijds lag de zate van de onvoltooide autosnelweg lager dan het peil der grote hoge tijen, waarvan het water aldus naar het Zuiden overliep.

Om daaraan te verhelpen werd deze zate 1,50 m verhoogd over een lengte van 5 km ongeveer.

Bovendien waren er een vijftiental bressen te dichten. Verder, om de overstroming te beletten tot aan de tunnel onder de Schelde te reiken, moest de bres in de Blokkersdijk gedicht worden. Daartoe was men verplicht voorafgaandelijk een weg van 1 km op de kruin van de dijk te leggen.

Militaire verdedigingsdijk.

In deze dijk waren er 3 bressen en 2 stroomgaten, waaronder een grote van 135 m breedte en 15 m diepte onder het peil van de polder.

De toegang tot de doorbraak was slechts over water mogelijk door de overstroome polder, daar er geen enkele weg naar toe leidt.

Een weg werd aangelegd op de kruin van de verdedigingsdijk door deze te verbreden en te verhogen met per vrachtwagen aangevoerde grond.

Terzelfder tijd werden de andere bressen in de verdedigingsdijk gedicht en werd hij verhoogd met behulp van een zandopperser, langs de Scheldeoever, opwaarts het fort St. Marie, gemeerd.

Een cutter-zuiger met groot vermogen was ter plaatse om de dijk te verzwaren met gebaggerde zandspecie.

Het volume water, dat viermaal per dag door de doorbraak van Pijp Tabak stroomde, werd tot 14 miljoen m³ teruggebracht door het herleiden van de overstromingszone tot ± 560 ha.

Om het eigenlijke stroomgat van Pijp Tabak in de Scheldedijk te bereiken moest insgelijks een weg van 2 km aangelegd worden.

Dit korte overzicht zal de toehoorders, hoop ik, toelaten zich een gedacht te vormen van de reusachtige taak, welke werd verwezenlijkt en welke nog gedeeltelijk aan gang is.

Ik heb mij moeten beperken tot enkele grondlijnen, maar hetgeen is voorafgegaan zal iedereen wel doen inzien dat het initiatief van de Vlaamse Ingenieursvereniging wel degelijk te prijzen is en op zijn tijd komt, want nu is het ogenblik gekomen de nodige lessen te trekken, enerzijds uit de natuurverschijnselen welke wij hebben gekend, en anderzijds uit de verschillende bouwwerken en werkweisen welke wij de gelegenheid hadden toe te passen.

Storm en stuwing

door Prof. Dr. P. GROEN, Adjunct-Directeur der Afdeling Oceanografie en Maritieme Meteorologie bij het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut te De Bilt, Buitengewoon hoogleraar aan de Vrije Universiteit te Amsterdam.

Vooreerst wordt een inleiding gegeven tot de theorie van de stormvloed in het algemeen. De theorie gaat uit van het begrip van de "stationnaire toestand", waarbij een evenwicht van krachten voorkomt. Deze krachten worden in het kort besproken. De werkelijke toestand van de zeeoppervlakte tracht steeds over te gaan naar de stationnaire toestand, overeenstemmend met het op het ogenblik heersend windveld; deze toestand verandert echter voortdurend met het windveld. Als gevolg hiervan treden inertieëffecten op (vertragingen, voorbijstrevingen, oscillaties, golfeffecten). De verschillende mogelijke windinvloeden in de verschillende zeesectoren, die op de Belgische en Nederlandse kust stuwing kunnen veroorzaken, worden kort besproken.

Ten slotte worden enkele opmerkingen gemaakt over de stormvloed van 1 Februari 1953. Een "vloedgolf" heeft de Noordzeekust gevolgd in de tegenovergestelde richting van die der wijzers van een uurwerk, maar niet als een eenvoudige vrije golf. De ongewone stuwhoogten op de kusten van Zeeland en Holland (3,30 m bij Hoek van Holland) stemmen vrij goed overeen met de stuwberekeningsmethode van Schalkwijk; nochtans is het gebrek aan voldoende nauwkeurige gegevens betreffende de winden over de Noordzee een ernstig bezwaar voor vooruitberekening van stormvloeden.

TEMPETE ET RAZ DE MAREE.

On trouvera ci-dessous tout d'abord une introduction à la théorie des raz de marée de tempête. Celle-ci s'appuie sur la notion de l'état stationnaire, celui où règne un équilibre des forces. Suit une courte discussion de ces forces. L'état réel de la surface de la mer tend toujours à devenir l'état stationnaire correspondant au champ des vents momentanément réalisé, mais cet état évolue constamment avec les changements du champ des vents. En conséquence, il se produit des effets d'inertie (retards, dépassements, oscillations, effets d'ondes). On discute brièvement les diverses influences possibles des vents, régnant dans divers secteurs de la mer, tels qu'ils peuvent contribuer à former des raz de marée sur la côte belge et néerlandaise.

Enfin l'article consigne quelques observations faites sur le comportement du grand raz de marée du 1^{er} février 1953. Une perturbation de la surface de la mer a progressé et balayé les côtes de la mer du Nord dans le sens opposé à celui des aiguilles d'une montre, mais cela ne s'est pas passé comme une simple onde libre. Les écarts anormaux atteints sur les côtes de la Zélande et de la Hollande (3,30 m à Hoek van Holland) présentent des valeurs qui s'accordent d'assez près avec le procédé de calcul de Schalkwijk pour les hauteurs de raz de marée, mais le manque de données assez précises sur les vents au-dessus de la zone de la mer du Nord constituera toujours un sérieux handicap empêchant de se livrer à des prédictions de raz de marée.

STORM AND STORM SURGES.

First, an introduction into the theory of storm surges in general is given. This theory starts from the concept of the "stationary state" where an equilibrium of forces prevails. These forces are discussed in short. The real state of the sea surface is always tending towards the stationary state corresponding to the momentary wind field, but the latter state is continually changing with the wind field. In consequence of this, inertia effects become apparent (time lag, overshooting, oscillations, wave effects). The various possible wind influences, over different sea areas, that may contribute towards a storm surge on the coasts of the Low Countries, are discussed briefly.

Finally a few remarks on the behaviour of the great storm surge of Febr. 1, 1953 are given. A sea surface disturbance swept along the North Sea coast counterlockwise, but not simply as a free wave. The amounts of the disturbance along the coasts of Zeeland and Holland (3,30 m at Hoek van Holland) are in fair accordance with Schalkwijk's method of computation of storm surge heights, but the lack of sufficiently accurate wind data for the North Sea area is a serious drawback for the practice of storm surge prediction.

STURM UND STURMFLUTEN.

Einleitend wird eine allgemeine Uebersicht über das Wesen der Sturmflut gegeben. Die Theorie entwickelt sich aus dem Begriffe des stationären Zustandes, in welchem Gleichgewicht der Kräfte herrscht. Ganz allgemein tendiert die Meeresoberfläche nach dem Gleichgewichtszustande der zum momentanen Windfeld gehört. Dieser Zustand verändert sich jedoch andauernd mit den Veränderungen des Windfeldes. Demzufolge entstehen unterschiedliche Inertieeffekte, wie Nacheilung, Ueberschwingung, Oszillationen, Welleneffekte u.dgl. Die mannigfachen Auswirkungen des Windes auf den verschiedenen Meeressektoren werden behandelt und es wird gezeigt, wie diese zusammenwirken können um eine Sturmflut zu erzeugen.

Abschliessend werden einige Bemerkungen über das Verhalten der grossen Sturmflut vom 1. Febr. 1953 gemacht. Es lässt sich eine Art Flutwelle unterscheiden, die sich entgegengesetzt dem Sinne des Uhrzeigers längs den Nordseeküsten bewegte, jedoch nicht als eine freie Welle. Die Sturmfluthöhen an den Küsten von Zeeland und Holland waren in ziemlich gutem Einklang mit der Berechnungsmethode von Schalkwijk. Das Fehlen von genauen meteorologischen Beobachtungen auf der Nordsee ist jedoch ein Hindernis für die Wasserhöhevorsage.



Dr. P. GROEN, geboren in 1912 te Sneek. Doctoraal-examen (hoofdvak natuurkunde, bijvakken wiskunde en wijsbegeerte) in 1938; gepromoveerd in 1942 op proefschrift, bewerkt bij Prof. Kramers (Leiden). Van 1938 tot 1941 wetenschappelijk medewerker bij het Natuurkundig Laboratorium der Vrije Universiteit te Amsterdam. Sedert 1941 werkzaam bij het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut te De Bilt; vanaf 1948 adjunct-directeur der Afdeling Oceanografie en

Maritieme Meteorologie. Sinds 1952 buitengewoon hoogleraar in de meteorologie en physische oceanografie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam.

Mijnheer de Voorzitter, zeer geachte aanwezigen,

Het zij mij vergund, alvorens te beginnen met mijn eigen voordracht, een paar woorden mede namens de andere Nederlandse sprekers te zeggen. Allereerst betuigen wij onze welgemeende dank voor de hartelijke woorden die tot het Nederlandse volk en tot ons gericht zijn. Ik kan U verzekeren dat wij zeer gaarne de vererende uitnodiging om hier te komen spreken aanvaard hebben. Wij denken nog met dankbaarheid terug aan de spontane en krachtdadige hulp die van Uw zijde aan ons volk betoond is, onmiddellijk na die verschrikkelijke ramp van 1 Februari. In de organisatie van deze studiedag zien wij een manifestatie van de wil tot nauwe samenwerking tussen Uw volk en het onze en wij kunnen U verzekeren dat die wil ook bij ons volk en bij ons persoonlijk leeft!

* * *

Wat ik in deze voordracht ga zeggen, draagt min of meer het karakter van een theoretische inleiding op de voordrachten van de beide volgende sprekers, die het respectievelijk zullen hebben over de storm van 31 Januari - 1 Februari en de daardoor opgetreden verhogingen van de waterstanden op onze kust. Mijn onderwerp bestrijkt het verband tussen die twee als tussen oorzaak en gevolg en is derhalve van meer algemene aard dan die twee zelf. Deze voordracht gaat dus in mindere mate over het speciale geval van 1 Februari dan de volgende.

Sprekende over dat verband tussen storm en stormvloed, zou ik willen beginnen met deze vraag: wat gebeurt er eigenlijk, als er een stormvloed is? Men zegt het wel eens zó: er wordt dan door de wind water op een hoop geblazen, op een hoop geveegd a.h.w. Deze zegswijze zou echter gemakkelijk de oppervlakkige hoorder de gedachte kunnen suggereren, dat daardoor — als deze werking van de wind maar steeds doorging — het waterpeil benedenwinds steeds zou blijven stijgen, daar er steeds meer water bij zou komen. In werkelijkheid gebeurt dit niet, doch nadert de waterstand tot een zekere stationnaire toestand, waarbij evenwicht heerst tussen de in het spel zijnde krachten. Deze toestand en ook de daaraan voorafgaande toestanden worden — beter dan door bepaalde waterhoogten op een bepaalde plaats — gekenmerkt door een helling van het zee-oppervlak van het ene uiteinde naar het andere uiteinde van het stormveld.

Het scheef staan van het zee-oppervlak in het betrokken zeebassin en de mate van scheefstaan vormen de beste karakterisering van de toestand van de zee bij een stormvloed. Hoe hangt dit scheefstaan dan samen met de waterstanden? Wel, dat hangt van de randvoorwaarden af. Nemen wij b.v. het Noordzee-bassin. Dit communiceert aan de Noordkant met de grote ruimte van de Atlantische Oceaan, waardoor het waterpeil langs die Noordkant betrekkelijk constant is — afgezien van het astronomische getij, dat ook de oceaan beïnvloedt, en voorlopig ook afgezien van de atmosferische storingen op de oceaan zelf. De situatie is te vergelijken met die van een geleider, waarin een potentiaalverval onderhouden wordt, doch waarvan één uiteinde geaard is of althans verbonden met een geleider van enorme capaciteit — i.c. de oceaan. Aan het andere einde, het Nauw van Calais, is er dan nog — om in de beeldspraak te blijven — een lekweerstand aanwezig. De Noordkant van de Noordzee geeft dus in eerste benadering een min of meer vaste lijn en de helling van het Noordzee-oppervlak bepaalt vervolgens de waterstanden langs haar omtrek, dus b.v. in het Zuiden, langs onze kust en die van Z.O. Engeland. Dit maakt onmiddellijk duidelijk, hoe langs de Engelse kust een verhoging van het waterpeil kon optreden op plaatsen waar de wind aflandig was en waar dus — volgens die simplistische uitleg van het begrip stormvloed of opwaaiing — het water van het land af gejaagd had moeten zijn.

Wij willen dus die scheve stand van het zee-oppervlak als het fundamentele verschijnsel behandelen en zien hoe nu het verband is tussen die stand van het zee-oppervlak en het windveld. Om te beginnen nog een paar opmerkingen vooraf. (1) Wij abstraheren hier van de astronomische getijden. Ook de getijverwekkende krachten van zon en maan geven veranderingen van de stand van het Noordzee-oppervlak, doch wij willen van dit effect abstraheren, door het van het totaalbeeld af te trekken; wij houden dan dus over de vervorming van het zee-oppervlak, die te danken is aan atmosferische oorzaken (afgezien van zeebevingen!). (2) Ik sprak aanvankelijk over de helling van het zee-oppervlak. Het is echter duidelijk, dat in het algemeen het zee-oppervlak — ook bij gladstrijken van locale storingen, zoals de gewone zeegolven of invloeden van windbuien — niet overal even scheef staat, ook niet in een beperkt gebied als de Noordzee, omdat de omstandigheden, welke die helling bepalen, niet overal gelijk zullen zijn. We kunnen dus algemener b.v. van de "vervorming" van het zee-oppervlak spreken. Die vervorming kan in bepaalde gevallen ook wel eens het karakter dragen van een lopende "waterberg", een "golf" (zoals we ook van een getijgolf spreken). (3) Het luchtdrukeffect, te weten met name de peilverhogende werking van een lage luchtdruk, is óók

een atmosferisch effect, doch dit is van veel eenvoudiger structuur en van geringer afmetingen dan het windeffect; ik wil het hier daarom buiten beschouwing laten.

Wat nu het windeffect betreft, zei ik reeds, dat de eenvoudigste situatie de stationnaire situatie is, die optreedt als het windveld lang genoeg constant is geweest; dit is een situatie, waarbij een evenwicht van krachten heerst.

Welke zijn nu die krachten?

(I) De aandrijvende uitwendige kracht, of liever het uitwendige krachtveld: de schuifspanning van de wind, die ongeveer evenredig is met het kwadraat van de windsnelheid. Deze kracht is oorzaak van het scheef gaan staan van het zee-oppervlak.

(II) De terugwerkende kracht, die optreedt dank zij de zwaarte van het water en die steeds streeft naar een horizontale waterstand. In voldoende homogeen water uit zich deze kracht door een in alle niveau's heersend drukverval in de richting van het verhang van het zee-oppervlak. Deze kracht is evenredig met de mate, waarin de stand van het zee-oppervlak van de horizontale afwijkt, dus met de helling van het oppervlak.

(III) Bij zulk een drukverval kan het water niet in rust blijven — ook in de stationnaire toestand niet! Het drukverval werkt immers door de gehele watermassa heen, terwijl de schuifspanning van de wind alleen aan het oppervlak werkt. Er ontstaat een circulatie, waarbij op grotere diepten het water in de richting van het drukverval stroomt, dus tegen de windrichting in; in de hogere niveau's loopt het water met de wind mee. De waterbeweging onder in het zeebassin impliceert een wrijving van het water op de bodem in een richting tegen de windrichting in, of een wrijvingskracht van de bodem, op het water werkend, tegen de daar heersende waterbeweging in, dus met de windrichting mee. De grootte van deze kracht is evenredig te stellen met de snelheid van het water onder in het zeebassin en deze is enerzijds des te kleiner naarmate het bassin dieper is, anderzijds evenredig met het gehele tempo der circulatie.

(IV) Ten slotte is er nog de Coriolis-kracht, de afdrijvende kracht der aardrotatie, werkend op het bewegende water in een richting naar rechts, loodrecht op de stroomrichting.

De Coriolis-kracht heeft bij een homogeen windveld in het stationnaire gebied geringe invloed. Zien we daar voorlopig van af, dan krijgen we dus in hoofdzaak het evenwicht tussen — aan de ene kant — de schuifspanning van de wind en de in het algemeen veel kleinere bodemwrijving, die van die schuifspanning indirect afhankelijk is, en — aan de andere kant — de drukvervalkracht, die evenredig is met de helling van het water-oppervlak. Daar laatstgenoemde kracht door de gehele watermassa heen werkt, kunnen we haar voor een waterkolom op een bepaalde plek sommeren van boven tot beneden, zodat, als deze waterkolom voldoende homogeen is, de getotaliseerde kracht van het drukverval evenredig is met de diepte van de zee.

Het is duidelijk, dat bij dit evenwicht van krachten de primaire kracht, de kracht van de wind op het water, de tegenkracht, die van het drukverval in de zee — en dus de helling van het zee-oppervlak — bepaalt. We zagen reeds, hoe deze helling op haar beurt de waterstanden langs de kusten bepaalt.

We hebben het nog steeds over het eenvoudigste geval: het stationnaire geval. De allereenvoudigste mogelijkheid binnen dit geval is dan nog het geval van een homogeen windveld over een afgesloten zee, die overal even diep is. De helling wordt dan overal dezelfde, en wel evenredig met het kwadraat van de windsnelheid en omgekeerd evenredig met de diepte; het zee-oppervlak gaat dan als een plat vlak scheef staan en de opstuwing op een bepaalde plaats hangt dan nader af van de richting, waarin het scheef staat. Edoch — noch de diepte noch ook in het algemeen de wind is overal dezelfde; ook is de Noordzee niet afgesloten. De hellingen worden daardoor van plaats tot plaats verschillend, het zee-oppervlak krijgt een of andere gebogen vorm. Maar in principe blijft de zaak nog min of meer eenvoudig. Het zee-oppervlak neemt één bepaalde stand aan, bepaald door het 2-dimensionale windveld, en deze stand bepaalt overal de opstuwing of, zoals wij kortheidshalve zullen zeggen, de "stuw".

Doch nu de complete werkelijkheid: een stormveld blijft bijna nooit zolang aan zichzelf gelijk, dat de besproken evenwichtstoestand zich instelt. Heeft het dan wel betekenis, die evenwichtstoestand zo uitvoerig te bespreken? Zeker: op elk moment kan men zich bij het gegeven windveld die evenwichtstoestand denken als een virtuele streeftoestand, d.w.z. de toestand, waarnaar de werkelijke toestand op elk moment streeft, doch die zich inmiddels van moment tot moment wijzigt. De reactie van de zee op het veranderende krachtveld is derhalve te vergelijken met de reactie van een meetinstrument op een zich veranderende te meten grootte, b.v. een galvanometer, die de veranderingen van een elektrische stroom tracht te volgen. Verandert de stroom langzaam, dan is de stand van de galvanometer steeds behoorlijk in overeenstemming met de stroomsterkte, doch verandert de stroom snel, dan blijft de aanwijzing van de galvanometer achter, of schiet op een bepaald moment over de evenwichtstoestand heen, dank zij zijn traagheid, of — wil men — dank zij zijn eigen slingerperiode, een en ander dan nog in afhankelijkheid van de mate van demping van het instrument.

Deze analogie is zeer vergaand: ook de watermassa van een zeebassin heeft haar eigen traagheid, waardoor de stand van het oppervlak achter de streefstand aanloopt, doch ook, als deze min of meer snel een maximum bereikt, daar tijdelijk over heen schiet (zie fig. 3); deze traagheid bepaalt verder voor elke schommelrichting een eigen slingerperiode van de watermassa (of eigenlijk een reeks van zulke perioden, te vergelijken met grondtoon en boventonen). Er is ook de demping (door inwendige wrijving). En deze demping is niet groot genoeg om, bij snel veranderen van een evenwichtstoestand, te verhinderen, dat het systeem om de nieuwe evenwichtstoestand heen oscilleert (zie fig. 3 en 4), juist zoals bij een niet voldoende gedempt meetinstrument. Doch — ons Noordzeesysteem is nu wel zeer veel ingewikkelder dan zulk een enkelvoudig meetinstrument, ik mag wel zeggen oneindig in 't kwadraat maal zo ingewikkeld. Immers, die streeftoestand van de Noordzee, waarvan bij ons meetinstrument de momentane waarde van de te meten grootte het analogon is — die streeftoestand van het Noordzee-

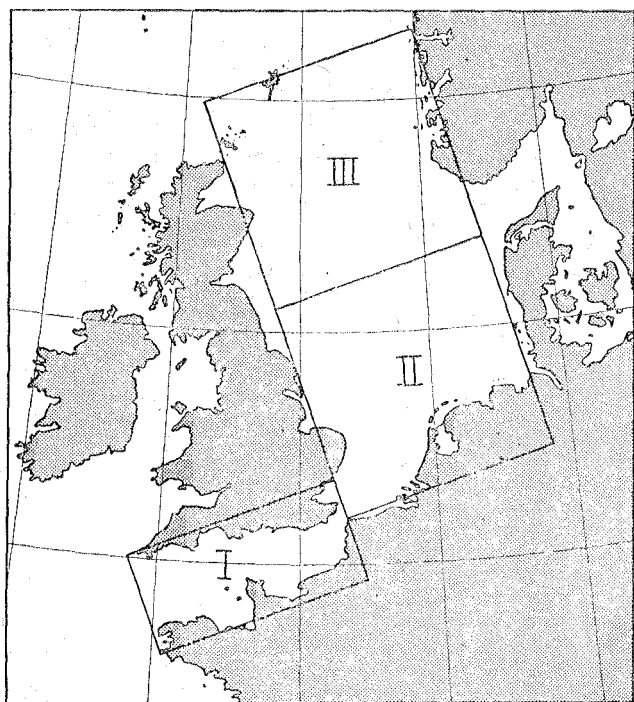


Fig. 1. — Vak-indeling van de Noordzee en het Kanaal, zoals deze gebruikt wordt bij de methode Schalkwijk ter berekening van stormvloed uit het windveld. Elk der drie vakken wordt als een unit behandeld. Verreweg het belangrijkste voor de Nederlandse kust is vak II.

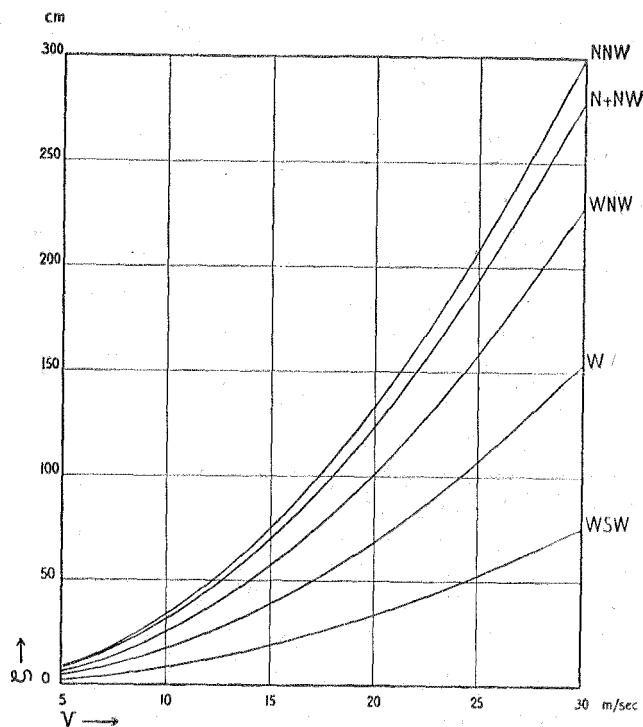


Fig. 2. — Stuwgrafieken volgens Schalkwijk. Deze grafieken gelden voor de evengewichtswaarden van de stuw bij Hoek van Holland, voorzover bepaald door het zuidelijke vak van de Noordzee.

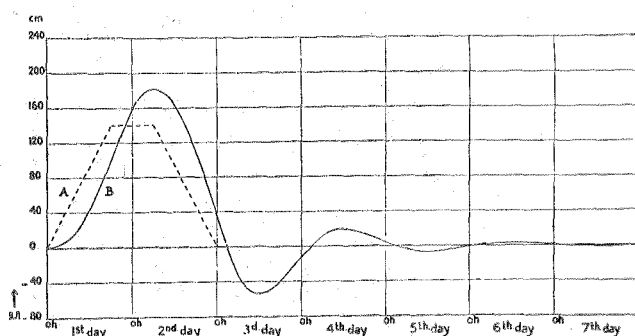


Fig. 3. — Schematisch verloop van de stuw wanneer de evengewichtswaarde daarvan verloopt volgens de stippellijn A. De werkelijke stuw (lijn B) blijft eerst achter, schiet dan over het maximum van de lijn A heen (opzweep-effect) en schommelt ten slotte na het verdwijnen van het windveld nog om de nullijn heen.

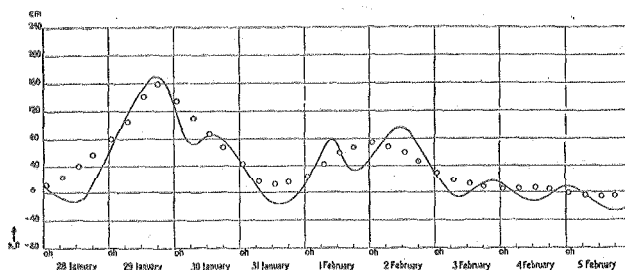


Fig. 4. — Stuwkromme voor de stormvloed van Januari 1938, welke schommelingen vertoont om de lijn der berekende evengewichtswaarden heen (volgens Schalkwijk).

oppervlak is maar niet één waarde, doch een 2-dimensionaal veld van waarden! Dit maakt bijvoorbeeld al dadelijk het schommelleffect veel ingewikkelder; of eigenlijk blijft het nu niet bij een schommelleffect, maar wordt het in 't algemeen een golfeffect.

Het eenvoudigst liggen de zaken nog bij een min of meer homogeen windveld, homogeen vooral wat richting betreft; gaat dit plotseling optreden of plotseling wegvallen, dan zal toch een min of meer eenvoudige schommeling van de zee als geheel optreden, met een bepaalde periode. Wel zal die periode nog afhangen van de richting, waarin het zeepoppervlak scheef stond; men kan zowel schommelingen in de dwarsrichting als in de lengterichting hebben, alsook tussengevallen. In de lengterichting van de Noordzee is zulk een schommeling, als staande golf, te vergelijken met de staande golf in een aan één kant open orgelpijp. Waarbij we dan nog als complicatie hebben het lek bij het Nauw van Calais. Voor zulk een schommeling in de lengterichting is de eigen periode van de Noordzee ongeveer 40 uur.

Bij minder eenvoudige gevallen kan men echter vaak van een soort "vloedgolf" spreken, die, wanneer hij niet meer beantwoordt aan de evenwichtstoestand, naar verschillende kanten weg kan lopen.

De werkelijkheid is dus wel zeer ingewikkeld. En dan komt daar nog de Coriolis-kracht bij, die zelfs het geval van een eenvoudige schommeling — vrij of gedwongen — in zulk een baai als de zuidelijke Noordzee omzet in een ingewikkelder beweging, een langs de kusten rondgaande golf, zoals ook de gewone getijgolf er een is; tijdens de Zuidwaartse toestroming van water vindt dan ophoping tegen de Britse kust, later een ophoping tegen de kusten van het continent plaats. Een voorbeeld van zulk een rondgaande vloedgolf werd gegeven door de stormvloed van 8 Jan. 1949, die zorgvuldig door CORKAN is onderzocht (zie fig. 5 en 6).

Overzien we nu eens het geheel van mogelijkheden, dan kunnen we de verschillende stormvloeden, of — algemener uitgedrukt — de verschillende mogelijke, door wind veroorzaakte standveranderingen van het Noordzeepoppervlak classificeren. Van deze verschillende mogelijkheden kunnen er eventueel wel meer dan één gelijktijdig gerealiseerd zijn!

Om te beginnen kunnen we — zoals reeds gezegd — behalve storingen door de wind nog storingen door de druk onderscheiden. Daar aan 1 mbar de druk van ongeveer 1 cm water beantwoordt, kan bij diepe depressies het drukeffect wel eens in de decimeters lopen. In de regel blijft inmiddels de verhoging van het waterpeil beneden de theoretische evenwichtswaarde. In een enkel bijzonder geval kan de verhoging evenwel méér bedragen, zoals PROUDMAN heeft laten zien: namelijk wanneer een depressie zich verplaatst met een snelheid, die ongeveer gelijk is aan de voortplantingssnelheid van een lange golf in het betrokken zeegebied; er treedt dan een soort resonantie op.

Wat de storingen door de wind betreft, onderscheiden we eerst (A) uitwendige en (B) inwendige vloeden (Corkan's "external" en "internal wind surges").

(A) Eerstgenoemde worden buiten de Noordzee opgewekt, doch maken zich ook binnen de Noordzee merkbaar, van het Zuiden of van het Noorden uit.

(A 1) Een opwaaiing in het Kanaal zal zich door het Nauw van Calais heen ook mededelen aan de zuidelijke Noordzee. Bovendien geeft een stroom door het Nauw heen dank zij de aardrotatie een verhoging op de rechterzijde. Het effect op de Noordzee is des te zwakker naarmate men verder van de opening verwijderd is; in Hoek van Holland zou het in het uiterste geval een 80 cm stuw kunnen geven bij een WZW-orkaan in het Kanaal (die stellig niet met een Noordwesterstorm in de Noordzee zal samenvallen!).

(A 2) In het Noorden kan een storing van de zeespiegel uit de Oceaan de Noordzee binnendringen. Bij een min of meer stationnaire toestand aldaar is het effect in de Noordzee het grootst voor ZW-wind! De afdrijvende kracht van de aardrotatie is dan oorzaak van een verhoging van het waterpeil rechts van de stroom, die dan in Noordoostelijke richting langs N.Schotland en W.Noorwegen loopt. Een stationnaire NW-wind op de oceaan,

die zich niet tot in de Noordzee zou uitstrekken, zou echter gepaard gaan met een stroom dwars daarop, in zuidwestelijke richting, zonder stuw in de Noordzee, daar in dit geval de schuifspanning van de wind door de Coriolis-kracht gecompenseerd zou worden.

In het algemeen zal een storing van de zeespiegel op de Oceaan echter niet stationnaire zijn. Een tijdelijke verheffing van de zee voor de monding van de Noordzee (b.v. optredend bij een daar langs trekkend stormveld) zal dan als een vloedgolf de Noordzee binnenlopen en tot op onze kusten een stuw kunnen geven. Er zal daarbij in het algemeen nog terugkaatsing in de zuidelijke Noordzee optreden, met als eventuele complicatie de mogelijkheid van een soort resonantie; dat hangt af van de tijd waarin de storing in het Noorden voorbij gaat; dit geval is onlangs onderzocht door GOLDSBROUGH.

(B) De hoofdbron van onze stormvloeden is en blijft inmiddels de Noordzee zelf (inwendige vloeden). We onderscheiden in de eerste plaats: (B 1) gestrekte windvelden, met een min of meer rechte windbaan, en (B 2) gekromde windvelden, die in de onmiddellijke omgeving van een depressiekern optreden.

(B 1) Gestrekte stormvelden op de Noordzee laten zich natuurlijk in de eerste plaats naar de windrichting onderscheiden. In het stationnaire geval komen alleen winden tussen W en N als oorzaak van stormvloeden op onze kust in aanmerking.

Zulk een stormveld kan zich tot de noordelijke helft van de Noordzee of tot de zuidelijke helft beperken of ook ongeveer haar volle lengte beslaan. Zoals SCHALKWIK heeft aangetoond, is de zuidelijke helft verreweg het belangrijkste voor ons. Dit gebied alleen (zie fig. 1) kan in het uiterste geval reeds een 3 m stuw in Hoek van Holland geven (zie fig. 2). De noordelijke helft is veel dieper en geeft mede daardoor bij ons hoogstens een zesde deel van wat het zuidelijk gebied onder gelijke omstandigheden doet.

Het niet-stationnaire geval geeft, zoals we reeds zagen, vergeleken met het voorgaande vele complicaties. We willen daar niet opnieuw op ingaan, doch volstaan met een paar bijzondere effecten te noemen, nl. (a) een langs de Noordzeekusten tegen de wijzers van de klok in rondgaande "golf", gevolg van de afdrijvende werking der aardrotatie; (b) de mogelijkheid van een soort resonantie, wanneer het zwaartepunt van het stormveld zich met een bijbehorende vloedgolf mee over de zee verplaatst (in de Noordzee b.v. van Noord naar Zuid); (c) het schommelleffect na snel wegvallende windwerking. In dit laatste geval kan een storm uit het Zuiden ons na afloop indirect — bij het over de "nulstand" heen schommelen — een stuw bezorgen! Ten slotte is bij dit schommelleffect een resonantie mogelijk, wanneer namelijk een afwaaiing gevolgd wordt door een opwaaiing en er tussen deze beide een tijdsinterval van ongeveer de helft der eigen slingerperiode, dus voor de lengterichting van de Noordzee een tijd van ongeveer 20 uur verloopt.

(B 2) Gekromde windbanen vlak bij een depressiekern geven meestal, door de inhomogeniteit van het windveld, niet een zeer grote stuw.

STORMVLOED 1953.

Deze uiteenzetting moge worden besloten met enige opmerkingen over de stormvloed van 1 Februari 1953, hoewel het niet de bedoeling is, vooruit te lopen op de beide volgende voordrachten.

Een eerste vraag, die we ons in dit verband willen stellen, geldt het verloop van de stormvloed langs de Noordzeekusten. Was ook hier te spreken van een rondgaande vloed, zoals b.v. die van fig. 5? Slechts tot op zekere hoogte. Langs de noordelijke helft van de Britse Oostkust kan men van een lopende vloedgolf spreken, doch dan geen vrije maar een gedwongen "golf", die mede bepaald werd door de meteorologische omstandigheden en langzamer liep dan een vrije golf. De top van de stormvloed-golf liep namelijk in ongeveer 10 uur (van 14 tot 24 uur) van Aberdeen naar Immingham, terwijl een min of meer vrije golf, evenals de getijgolf, daar 5 uur over doet. Omstreeks middernacht is dan het maximum van de stuw in het zuidelijke deel van de Noordzee overal ongeveer gelijktijdig, althans van Immingham langs de Engelse oostkust naar het Zuiden en aan de conti-

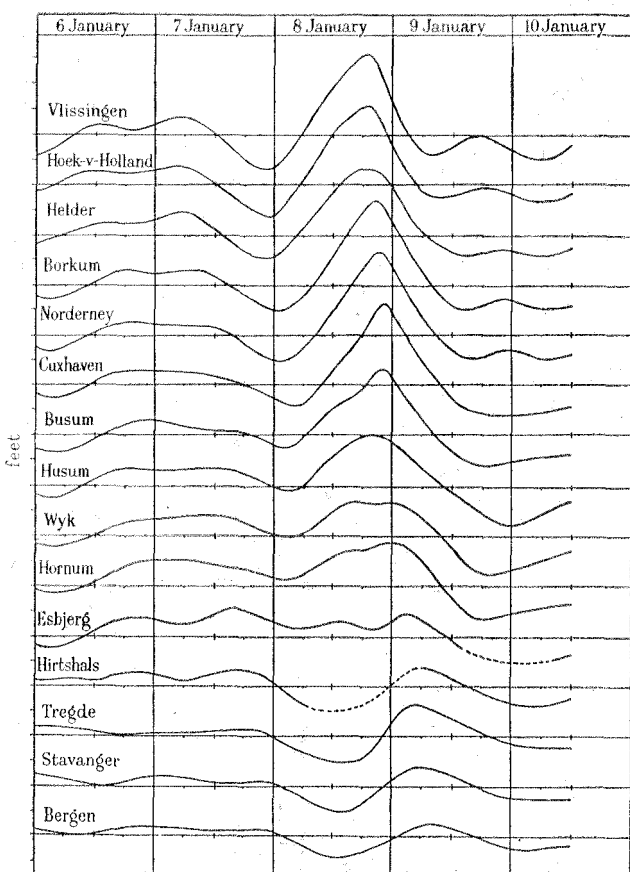
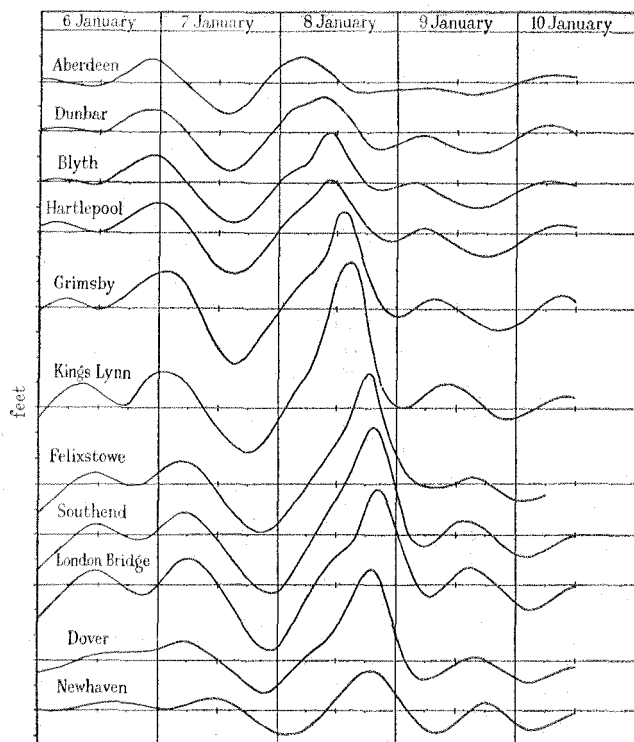


Fig. 5a, 5b. — Stuwkrommen voor verschillende om de Noordzee gelegen plaatsen, van 6 t/m 10 Januari 1949 (volgens CORKAN). Men ziet de top van de stormvloedgolf voortlopen, langs de Britse kust naar het Zuiden, vervolgens langs het continent naar het Noorden.

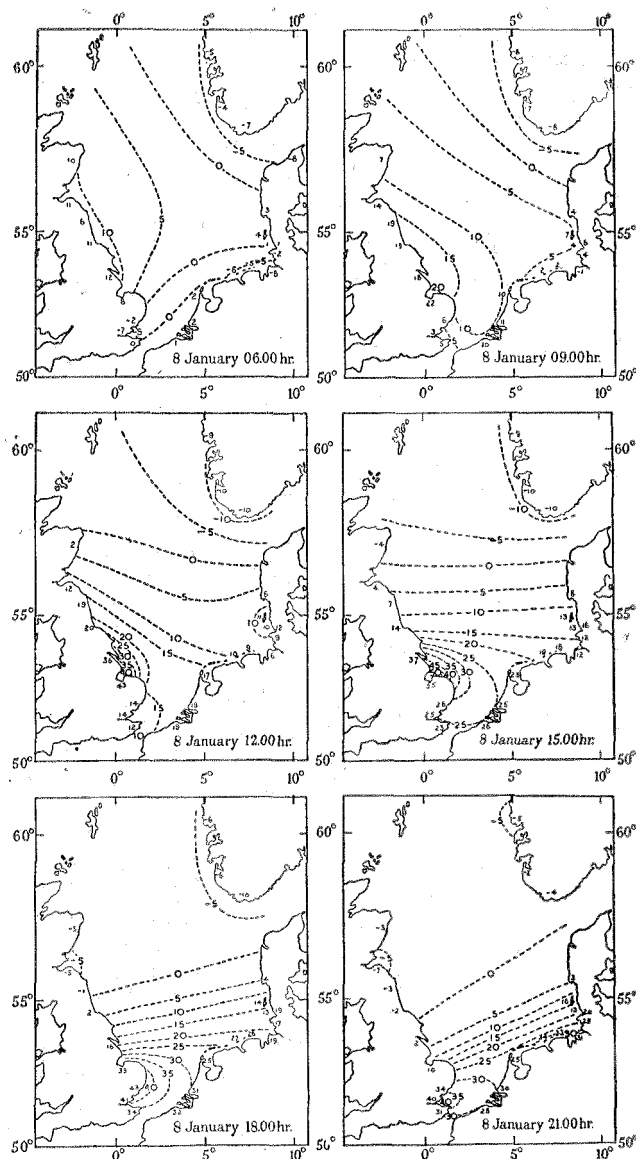


Fig. 6. — Lijnen van gelijke stuw op de Noordzee, van 6 tot 21 uur G.M.T., 8 Jan. 1949 (volgens CORKAN). De hoofdrichting van de gradiënt van de stuw draait tegen de wijzers van de klok in. De stuwwaarden zijn gegeven in 0,1 ft.

nentale kant noordwaarts tot Vlissingen. Langs de Nederlandse kust verloopt dan de top van de stuw weer in de tijd van Zuid naar Noord, met ongeveer dezelfde snelheid als de getijgolf.

In de tweede plaats kunnen we ons afvragen in welke mate we bij deze stormvloed van een evenwichtstoestand hebben kunnen spreken. Na het passeren van de top van de stuw werd zulk een toestand vrij goed benaderd, daar het windeffect toen slechts zeer geleidelijk afnam. Vóór de top was er echter een min of meer normale aanloop, met een grote stijgsnelheid van de stuw (in Hoek van Holland 1,5 m in 6 uur); er is dus stellig wel een "op-zwiepeffect" geweest. Berekening van de stuw achteraf, uit de zorgvuldig nageanalyseerde weerkaarten van de nacht van 31 Jan. op 1 Febr., volgens de methode SCHALKWIJK, levert resultaten, die goed met de werkelijkheid overeenstemmen; voor Hoek van Holland levert deze berekening voor de evenwichtstand reeds een maximale stuw van ongeveer 3 m, terwijl 3,30 m is opgetreden; het verschil kan — afgezien van de onzekerheid, die nog aan die 3 m kleeft, ten gevolge van de begrensd nauwkeurigheid der windgegevens van de Noordzee —

gemakkelijk aan het "opzwiepeffect" worden toegeschreven. Ook de verschuiving in de tijd van de waargenomen stuw-kromme t.o.v. de kromme der evenwichtswaarden — een verlating van ongeveer 2 uur — klopt met wat SCHALKWIJK bij vroegere stormvloedën gevonden heeft.

Een zeer onzekere factor, bij elke berekening van stuw-hoogten uit de weerkaarten, blijft — zoals ik reeds zeide — de windsnelheid. Daar het windeffect evenredig is met het kwadraat van deze snelheid, geeft de relatieve onnauwkeurigheid der grote windsnelheden (boven zee) een dubbel zo grote relatieve onnauwkeurigheid der te berekenen stuwwaarden.

Hieruit volgt, hoe wenselijk een geregelde meteorologische berichtgeving van een vast station midden op de zuidelijke helft van de Noordzee is.

Een ander middel tot verbetering van de mogelijkheid van vooruitberekening van stormvloedën zou de instelling van een continue internationale synoptische waterstandrapportendienst zijn, waardoor elk der landen om de Noordzee steeds op de hoogte zou zijn van de momen-

tane waterstanden elders.

En ten slotte kan er ook theoretisch nog in verschillende richtingen verder gewerkt worden aan onze kennis van het mechanisme der stormvloedën; dit moge, na de voorgaande uiteenzettingen daaromtrent, zonder meer voldoende duidelijk zijn.

LITERATUUR.

- F. L. ORTT, Verhandelingen Kon. Inst. v. Ingenieurs 1896-97, p. 117-130.
P. H. GALLÉ, Stormvloedën langs de Noordzee- en Zuidoostkusten, Leiden 1917.
J. PROUDMAN, Monthly Notices Roy. Astron. Soc., Geophys. Suppl. II 4, 197, 1929.
W. F. SCHALKWIJK, A contribution to the study of storm surges on the Dutch Coast, K.N.M.I. Meded. en Verh. B. No. 7, 1947.
R. H. CORKAN, Phil. Trans. Roy. Soc. Londen A 242, 493-525, 1950.

Boekbesprekingen.

◆ Nederlands taalboek. Delen I en II.

Door M. MARTENS en P. MEYERS. 10^e en 7^e uitg. 15 x 22,5 cm, 211 en 208 p. Standaard-Boekhandel, Antwerpen, 1953. Prijs ing.: F 52,- en F 56,-.

Het "Nederlands Taalboek voor het Technisch Onderwijs" is blijkbaar een succes geworden. Het eerste deel beleeft op zes jaar een tiende druk, en het tweede deel op vijf jaar reeds een zesde.

Dit bewijst dat de boeken zeker gegeerd worden en diensten hebben bewezen. Onze vakschooljongens en leerlingen van de A-scholen hebben nu inderdaad een aangepast boek voor hun soort onderwijs.

Het Taalboek is netjes gepresenteerd en bevat heel wat aangename en leerzame leesstukken, terwijl ook gedacht werd aan een beetje cultuur door het inlassen van enkele dichtwerken. Daarnaast zijn ganse lijsten opgenomen met vaktermen. Laten we hopen dat die termen dan ook gebruikt zullen worden door de collega's uit de werkplaatsen...

De verdiende bijval die aan de boeken te beurt viel bespaart ons de moeite nog veel lof te moeten zenden aan hun adres. Het zijn flinke leerboeken voor ons technisch onderwijs.

Ir. M. TRIOEN, Oostakker.

◆ Neue Ausstellungsgestaltung.

Door R. LOHSE. 24 x 29 cm, 260 p., talr. fig. Verlag für Architektur, Erlenbach-Zürich, 1953. Prijs geb.: FS 52,-.

Van de Zwitserse uitgevers zijn we gewoon goed verzorgde technische werken op de boekenmarkt te zien verschijnen zoals onderhavig werk er een is.

Buiten de 13 bladzijden welke gewijd zijn aan de inleiding geeft de auteur ons niets anders dan foto's van moderne uitstallingen en dat van de volgens hem de best geslaagde:

Parijs 1930 - Zürich 1939 - Milaan 1940 - New-York 1939/1940 - Milaan 1951 - Non-ferrometalententoonstelling Berlijn 1934 - Aviation Building New-York 1939/1943 - Zürich 1947 - Milaan 1947 - Zwitserland 1948 - Milaan 1948 - Parijs 1949 - Michigan 1949 - Chicago 1950 - Milaan 1950 - Luzern 1952 - Wanderausstellung in der Schweiz 1952.

Van blz. 137 tot 220 krijgen we zichten over culturele uitstallingen: tegenwoordige woning Berlijn 1931; de Italiaanse luchtvaart, Milaan 1934; Italiaanse goudsmeedkunst, Milaan 1936; Temps nouveaux, Parijs 1937.

We krijgen ook wel eens een terugblik in het onmiddellijke verleden, zo b.v. Bauhaus 1919-1928 te New York 1931 en 1947. Moderne flatgebouwen waren te zien te Milaan 1947. Moderne reclame: Milaan 1947. Design for use te New York 1949.

Chicago 1949 levert een bijdrage over urbanisatieplannen. We komen terug naar Basel 1949 en 1950 met

gebruiksvoorwerpen en dan hebben we weerom Milaan 1951 met oud en nieuw doorren.

Minneapolis 1950-51. Watersculptuur te Venetië 1952. Kunstfoto's te Luzern 1952.

De laatste voorbeelden: sociale en politieke uitstallingen: Rode Kruis te Geneve, Krijgsgevangenen, Kliniek-uitrusting, Road to Victory New York 1942, De Weerstand Turijn 1946.

Tot hiertoe kregen we zichten van tijdelijke tentoonstellingen. De laatste bladzijden (238-259) behandelen de permanente tentoonstellingen en de tentoonstellingsgebouwen zoals bouwcentrum Rotterdam Ahoy 1950.

In deze uitgave is van belang niet wat er tentoongesteld wordt, maar hoe de zaken voorgesteld worden en dit werd op meesterlijke wijze behandeld.

Hebben wij in ons land niets dergelijks of werden wij systematisch opzij gelaten zoals het nog al eens gebeurt?

De Eeuwfeestpaleizen zijn toch wel de moeite waard om er een fototje van te nemen?

Voor dit mooie werk vraagt men 52 Zwitserse francs. Het is wel duur, maar het is het waard.

Ir. J. VAN COILLIE, Sint-Niklaas.

◆ Technisches Rechnen.

Door R. KURTZ. 15 x 21 cm, 160 p., 131 fig. Carl Hanser Verlag, München, 1953. Prijs ing.: DM 6,40.

"Technisches Rechnen" verschijnt als n^o 10 in een reeks: "Das ABC des Metallarbeiters". Het is bestemd voor de werkman uit de werkplaats, die door zelfstudie of door avondschool zich tracht op te werken.

Zeër kort worden de grondbegrippen gegeven van de vier hoofdbewerkingen, machtsverheffing en worteltrekking. Verder vinden we het gebruik van rekentabellen en rekenlineaal, de functievoorstelling (eerste en tweede graad) en het grafisch oplossen van een vergelijking van de derde graad. Het laatste hoofdstuk handelt over berekening van oppervlakte en inhoud.

Het boekje bevat veel opgaven, waarvan de resultaten op het einde gegeven worden. Vooral wordt uitgezien naar vereenvoudiging in de berekeningen om, zeer vlug, een goede benadering te vinden voor het gevraagde.

Het boekje is zeker niet zonder waarde, doch in België zal het voor de vakman minder geschikt zijn, omdat hij zich zal laten afschrikken door de taal.

Ir. M. TRIOEN, Oostakker.

◆ Meetkunde.

Door E. LOUWAGIE e.a. 3^e herziene druk. 15 x 22,5 cm, 127 p., 147 fig. Uitg. N.V. Standaard-Boekhandel, Antwerpen, 1953. Prijs ing.: F 48,-.

Deze herdruk van de uitgave, die reeds besproken werd in het T.W.T., n^o 11, 1949, blz. 254, verschilt van de voorgaande alleen door een nieuwe nummering van de hoofdstukken en door het invoeren van het decimaal stelsel voor het nummeren der alinea's en figuren.

Aanbevolen voor onze vakscholen en voor het middelbaar technisch onderwijs.

Ir. A. VAN WINGHEM, Antwerpen.