UITTREKSELS

UIT

VREEMDE TIJDSCHRIFTEN,

VOOR DE LEDEN VAN HET

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS.

1866—1867.

Bibliogr. 62.
b 5a
no. 16

TE 'S GRAVENHAGE,
BIJ GEBROEDERS J. & H. VAN LANGENHUYSEN.
1867.

KONINKLIJKE TECHNISCHE SCHOOL

INHOUD.

		Blz.
I.	Over de vijvers bij Versailles als watervoeding, door Vallès. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.) (Plaat 1.)	1
II.	De oostkust van Engeland tusschen de monden van de Theems en de Wash, door J. B. Redman, lid van het instituut van burgerlijke ingenieurs.	7
III.	Proefnemingen omtrent de drukking van grond, door dr. E. Winkler, leeraar aan de polytechnische school te Dresden. (Plaat 2, figuren 1—4.)	8
IV.	Over de aanwending van ijzer in den scheepsbouw, door W. Fairbairn. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.) (Plaat 2, figuren 5—14.).	13
V.	Eene nieuwe wijze van onder water te bouwen, door John Moffat. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.) (Plaat 2, figuren 15—19.) .	25.
VI.	Spoorweg van Santiago naar Valparaiso in Chili. Naar eene mededeeling van den ingenieur W. Lloyd, door wien de weg is aangelegd.	26
VII.	Over de voordeeligste wijze om besproeijings- en drooglegginsgskanalen aan te leggen, door Felix Lucas, ingenieur der bruggen en wegen	27
VIII.	Onderzoek omtrent het maritieme gedeelte der Schelde, door A. Stessels, luitenant ter zee der eerste klasse, belast met de hydrographie der belgische kusten. (Vertaald door J. Tideman, L. K. Inst. I.).	33
IX.	Zwitsersche Alpen-spoorweg. (Bewerkt door P. A. de Feyfer, B. L. K. Inst. I.)	36
X.	Verbetering van den gezondheidstoestand in de steden. (Vertaald door J. Tideman, L. K. Inst. I.)	43
XI.	Over het draagvermogen van gesmeed ijzeren balken bij trillende belasting. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)	45
XII.	Funderingen, dok- en kaaimuren en andere zeewerken zonder kistdammen, door D. Miller. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga.) (Plaat 3.)	48
XIII.	Eigenaardigheden van het ingenieurs-vak in Indie, door den majoor-ingenieur J. G. Medley. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)	58
XIV.	Over torbiet, een nieuw preparaat uit turf, door D. K. Clark. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.).	61
XV.	De inrigting en de uitkomsten van de werking der groote stoombaggermolens op de Clyde, door Andrew Duncan. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.) (Plaat 4.)	63
XVI.	Over de vereeniging van hout en metaal, toegepast in den bouw van oorlogschepen, door Alexander M'Laine. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)	68
XVII.	Over den bouw en het bekleeden van ijzeren schepen, door den heer Daft. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)	69
XVIII.	De brug van Saint-Louis te Parijs. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.) (Plaat 5.)	69
XIX.	Over de zandbedden, waarop eenige gebouwen op het stationsplein te Emden zijn gefundeerd, door den heer Bolenius, Bau-Conducteur te Oker. (Vertaald door A. J. Voorduin, 1ste luitenant-ingenieur, L. K. Inst. I.) (Plaat 6.)	74
XX.	De ijzeren sluisdeuren aan de zeehaven te Geestemünde, door den Obenmaschinenmeister Welkner. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.) (Platen 7—12.)	80
XXI.	Scheepvaart binnen 's lands. Slepen langs kettingen. (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I. (Plaat 13.)	87
XXII.	Kanalen. Verslag aan de fransche akademie van wetenschappen over eene verhandeling van Bazin omtrent de beweging van het water in opene kanalen, door Dupin, Poncelet, Combes, Clapeyron, Morin (rapporteur.) (Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.).	92
XXIII.	Voortbeweging op gewone wegen door middel van stoom. (Vertaald door J. Tideman, L. K. Inst. I.)	105
XXIV.	Hydraulische werken in zee. (Vertaald door J. Tideman, L. K. Inst. I.)	106
XXV.	Verslag omtrent de bepaling van de uiterste belasting van het ijzer bij bruggen, uitgebragt door eene commissie, ingesteld door de oostenrijksche vereeniging van ingenieurs en architekten. (Vertaald door J. Tideman, L. K. Inst. I.).	107

UITTREKSELS

UIT

VREEMDE TIJDSCHRIFTEN,

voor de LEDEN van het

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS.

1866—1867.

OVER DE VIJVERS BIJ VERSAILLES ALS WATERVOEDING, DOOR VALLÈS.

(*Annales des Ponts et Chaussées*, 1864, Janvier et Février, p. 1.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

(Plaat 1.)

De dienst van de wateren der civiele lijst heeft tot doel aan Versailles, Saint-Cloud, Louveciennes en omliggende plaatsen het voor hare behoeften noodige water te verschaffen.

Drie soorten van bronnen worden voor deze bestemming afgezonderd.

De eerste is de Seine, op het punt waar de zoogenaamde raderen van Marly zijn aangebragt, ongeveer op 1 kilometer beneden de brug van Bougival.

De tweede komt voort uit de regens.

Het water wordt verzameld in groote vijvers, gelegen op de heuvelvlakten, die ten westen en ten zuiden van Versailles deze stad beheerschen, en wordt derwaarts geleid.

De laatste bestaat uit wellen.

In de dienst wordt het eerstbedoelde water Seine-water genoemd, het tweede heeft den naam van witte wateren gekregen, om de kleur van de daarin bevatte aarde, het derde heet welwater.

Onafhankelijk van de witte wateren, die van de vermelde heuvelvlakten afdalen en uitsluitend voor Versailles bestemd zijn, zijn er andere in vrij wat geringer hoeveelheid, afkomstig van stroompjes op de glooijingen van Viroflay, Vaucresson en Ville-d'Avray; deze worden opgevangen in de vergaarbakken van la Marche en den vijver van Ville-d'Avray; zij kunnen alleen worden aangewend voor Saint-Cloud en de naburige plaatsen.

Wij zullen ons alleen bezig houden met de middelen, *waardoor*, en de verhouding, *waarin* het water van de tweede soort wordt verdeeld.

OVER HET STELSEL VAN DE VIJVERS EN HUNNE HULPBRONNEN VOOR DE WATERVOEDING.

Algemeene beschrijving van de vijvers en van hunne kanalen.

De vijvers en de verschillende kanalen, die hen voeden, nemen de uitgestrekte heuvelvlakten in ten zuiden en ten westen van Versailles, tusschen Rambouillet en Palaiseau.

Als men de eerste van deze steden verlaat, vindt men achtereenvolgens (zie de kaart op plaat 1) de leidingen van la Tour, le Perray, Saint-Hubert, le Mesnil-Saint-Denis, Trappes of Saint-Quentin, die een eerste stelsel vormen, dat zijne wateren naar Versailles zendt in de vergaarbakken van Gobert. Een tweede stelsel, gevormd door de vijvers le Trou-Salé en Saclay, en later dan het vorige aangelegd, stort eveneens zijne wateren in de vergaarbakken van Gobert, maar lager dan de monding van Trappes.

De vijver la Tour (*A*) wordt bijna uitsluitend gevoed door de leiding van Saint-Benoît, die zich regtstreeks in zijn bekken uitstort. Zijn afvoerkanaal ontvangt in zijnen loop, zoowel regts als links, den toevoer van eenige kleinere kanalen, op het plan aangeduid, en dien van de belangrijker leiding le bois des Vaux.

De vijvers Saint-Hubert en la Hollande (*C C C*), de uitgestrektste van allen na dien van Trappes, en de zeer nabijgelegene vijver le Perray (*B*) hebben juist even hoog peil. Zij staan met elkander in gemeenschap door eene leiding en kunnen worden beschouwd als één en dezelfde kom.

Zij worden gevoed door een wijd vertakt kanalenstelsel, dat duidelijk genoeg op de kaart is afgebeeld. De rigting van de pijltjes wijst den afvoer aan en geeft tevens eenig denkbeeld van de verheffing van den bodem. Bij het verbindingskanaal tusschen de

vijvers le Perray (*B*) en Saint-Hubert (*C*) hebben wij twee pijltjes in tegenovergestelde rigting geplaatst om te kennen te geven, dat eene dubbele lozing in dit kanaal mogelijk is.

De vijver le Mesnil-Saint-Denis (*D*) ontvangt regtstreeks zijn water door het kanaal Maurepas.

Wat den vijver Trappes (*E*) betreft, deze wordt minder gevoed door de wateren van de naburige glooijingen dan door hooger gelegene vijvers, zooals wij aanstonds zullen verklaren.

Het algemeene afvoer- en reinigingskanaal voor de wateren, in de genoemde vijvers opgevangen, heeft zijn aanvang bij den vijver la Tour (*A*). Het verkrijgt dadelijk, te beginnen bij dezen vijver, den naam aqueduct (brugkanaal) en kanaal Viels-Eglises, dien het verwisselt tegen den naam kanaal le Perray bij het naderen van deze kom (*B*), tot dat het den vijver Saint-Hubert (*C*) bereikt. Daarna krijgt het de benaming kanaal l'Arrêtoir, daarna die van les Essarts en eindelijk die van kanaal van het groote rivierbed. Deze laatste aanduiding komt daarvan, dat men bij zijn aanleg er op bedacht was de Eure naar Versailles te leiden en dat het gegraven werd met het oog op deze afleiding. Na bij la Verrière onder den grond te zijn doorgegaan, trekt het den vijver le Mesnil-Saint-Denis (*D*) om, welks water het ontvangt. Het krijgt daarna de namen Villedieu en la Boissière en mondt eindelijk uit in den vijver Trappes (*E*), die de groote vergaarkom is van al de hoogere wateren. Even vóór deze uitlozing vindt men eene vertakking, het kanaal van het kleine rivierbed, dat den vijver Trappes (*E*) ten noorden omtrekt, en vroeger bestemd was tot voeding van de vijvers Bois-d'Arcy (*I*) en Bois-Robert (*J*). Thans zijn deze vijvers uitgedroogd, en dit kanaal werkt alleen nog als middel van ontlasting bij zwaren was van water.

In dezen langen loop ontvangt het reinigingskanaal, onafhankelijk van de wateren, welke de vijvers het toevoeren, de schatting van verscheidene andere kanalen, zooals la Tasse, les Hautes-Bruyères, Etancourt.

Al deze hoogere wateren, aldus opgevangen in den vijver Trappes (*E*), wenden zich bij het verlaten van dezen vergaarbak naar Versailles, door middel van een kanaal, gedeeltelijk onderaardsch, gedeeltelijk open, dat de glooijingen bij den oorsprong van de voornaamste en mindere valleijen van la Bièvre omtrekt en in de kommen van Gobert uitloopt, die aan het einde van den toegang naar Sceaux zijn gegraven.

Wat de vijvers Saclay (*G*) en le Trou-Salé (*F*) betreft, het stelsel van voedingskanalen is daar meer ontwikkeld dan ergens elders. Het beslaat eene ruimte van niet minder dan 4 kilometers gemiddelde breedte en 20 kilometers lengte. Deze kanalen, welker ligging en hellingen genoegzaam op de kaart zijn aangeduid, storten zich uit, hetzij regtstreeks in den vijver Saclay, hetzij in het middenkanaal Guyencourt, dat Trappes (*E*) en Saclay (*G*) verbindt, en waardoor de wateren van de eerste dezer twee kommen bij het bereiken van een zeker peil zich in de andere ontlasten.

Om naar Versailles te komen worden de wateren van Saclay, bij het verlaten van dezen vijver (*G*), door den aqueduct Saclay naar den bodem van de kom le Trou-Salé (*F*) geleid, vervolgens door den aqueduct les Loges naar de vallei van la Bièvre, die zij met behulp van arcades, Buc geheeten, doorsnijden, waarna zij regtstreeks in den vergaarbak Gobert afdalen. Maar dewijl de vijver Saclay (*G*) veel lager ligt dan die van Trappes (*E*), kunnen die van Saclay niet gelijk die van Trappes onverschillig naar alle gedeelten van de stad Versailles worden geleid. Men kan ze alleen in de laagste wijken brengen. Hunne mate van nuttigheid is dus zeer beperkt; maar wij zullen in het vervolg zien, dat zij uit een ander oogpunt eene groote belangrijkheid hebben, en met name voor de verversching van het water der Bièvre en voor de gezondheid van deze rivierstreek.

Onderzoek van de voorwaarden, waaronder zich het regimé van de vijvers bevindt. — Wanneer eene waterverdeeling gevoed wordt door vijvers, is het niet voldoende, tot waardering van hare belangrijkheid, het vermogen van deze vijvers te kennen. Men zoude alzoo wel weten, wat men zou kunnen opvangen, indien deze kommen jaarlijks gevuld waren, maar het is eerst na de zekerheid te hebben verworven, dat deze vulling werkelijk zal plaats vinden, dat men zal kunnen rekenen op de geheele watermassa, die de vijvers kunnen bevatten.

Om op dit punt licht te verkrijgen, is het noodig de maat te hebben van de terrein-oppervlakten, die, door de natuurlijke rigting van hare hellingen of met behulp van kunstmatige kanalen, in staat zijn het regen- of het welwater naar de vijvers te leiden; men moet bovendien zekere gegevens hebben omtrent de hoeveelheid regen, die jaarlijks in de streek valt, omtrent de uiterste grens van inslurping door de aardachtige lagen van de oppervlakte en omtrent het te kort, door verdamping te berokkenen aan de in de vijvers opgevangen wateren.

Wij zullen ons met deze verschillende bepalingen bezig houden.

Vermogen van de vijvers. — De watermassa, in de vijvers vervat, als deze gevuld zijn tot het peil van de uitlooskanalen, bedraagt voor het geheele stelsel 7 971 727 teerling meters, zoo als hieronder nader omschreven wordt:

Benaming van de kommen.	Oppervlakten.			Teerling-inhouden.
	h. a.	a.	c. a.	m³.
La Tour	29	49	00	420 358.04
Le Perray	18	73	00	593 683.51
Saint-Hubert en Hollande . .	203	79	00	2 261 569.94
Mesnil-Saint-Denis	44	64	00	227 832 35
Trappes of Saint-Quentin . .	216	39	40	2 969 796.00
Trou-Salé	66	47	87	457 270.00
Vieux-Saclay	52	25	33	603 055.00
Saclay-Neuf	53	25	30	438 162.00
Totalen . . .	685	02	90	7 971 726.84

De arbeid, waardoor deze cijfers zijn verkregen geworden, werd vóór ongeveer dertig jaren verrigt. Het was natuurlijk zich af te vragen of sedert dit tijdstip ophoopingen van slib en de ontwikkeling van den plantengroei deze capaciteit niet hadden verminderd.

Het is ons voorgekomen, dat, als werkelijk zulk eene afneming heeft plaats gehad, hare uitwerking vooral bij den vijver Saint-Hubert moet waar te nemen zijn, veel meer bijvoorbeeld dan bij den vijver Trappes.

De vijver Trappes ontvangt inderdaad zijn water eerst nadat het opgevangen is geworden in de hoogere vijvers le Perray, la Tour, Saint-Hubert, le Mesnil-Saint-Denis; in deze vijvers hoopt zich merkbaar de meeste slib op; bovendien worden deze wateren reeds eenigzins helderder bij het verlaten van deze vijvers, nog meer gezuiverd gedurende den uitgestrekten loop in het kanaal, dat hen naar Trappes leidt. Zij bereiken alzoo hunne bestemming, bijna geheel bevrijd van de aardachtige stoffen, die zij in den aanvang medevoerden.

Zoo er dus aanslibbingen hebben plaats gehad, is het vooral in het begin, met name in den vijver Saint-Hubert, dat zij de meeste ontwikkeling hebben genomen en dat het van belang is ze aan te wijzen.

Daartoe heb ik den heer Becci, een mijner schranderste opzigters, gelast over te gaan tot het peilen van de vijvers Saint-Hubert, en hem op de plaats zelve al de noodige aanwijzingen gedaan. De arbeid is verrigt geworden op 13, 14, 15, 17, 18, 21, 22 en 23 April 1863. Ik heb alle reden te gelooven, dat hij zeer beleidvol is uitgevoerd geworden en dat men ten volle vertrouwen kan stellen in de uitkomsten.

De vijver Saint-Hubert is door aarden dammen in zes vakken verdeeld; ik deel in de volgende tafel mede wat elk hunner betreft.

Benaming van de vakken.	Lengten.	Teerling-inhouden.
	m.	m³.
Eerste vijver Holland	650	381 345.50
Tweede » »	610	323 796.70
Vijver Bourgneuf	1 010	212 920.10
» Corbet	677	131 845.45
» Pourras	1 060	412 889.46
» Pont-Royal	1 104	811 858.80
Totalen . . .	5 111	2 274 656.01

Bij dit totaal dient men nog den inhoud van het hoofdkanaal te voegen, dat al deze vakken onderling verbindt.

Dit kanaal of riool heeft eene gemiddelde breedte van 6 meters, eene hoogte van 2m.50 en eene lengte van 5111 meters. Zijn inhoud is dus . . . . . 76 665 teerl. m.

Maar aan den anderen kant is dit riool zoo aangelegd geworden, dat het den eersten vijver Holland niet geheel kan ledigen; in dit bekken blijft altijd ongeveer een-derde van het water staan. 127 115 »

Waaruit een verschil volgt van . . . . . 50 450 »

welke hoeveelheid moet worden afgetrokken van den hierboven bepaalden teerling-inhoud . . . 2 274 656 »

Men verkrijgt alzoo voor het nuttig vermogen van den vijver St.-Hubert . . . . . 2 224 206 »

De vóór dertig jaren verrigte arbeid gaf tot uitkomst. . . . . 2 261 570 »

zoodat de capaciteit zoude verminderd zijn met. 37 364 teerl. m. eene zeer geringe vermindering, die overeenkomt met eene aanslibbing van 1245 teerling meters in het jaar.

Dewijl de uitgaaf tot opruiming van 1245 teerling meters in het jaar zeer gering is, zal men altijd, zoo men wil, meester blijven om zich door behoorlijk onderhoud aan de gevolgen van de aanslibbing te onttrekken, en behoeft men dus hiervan in de volgende becijferingen geene rekening te houden.

Oppervlakte van de stroomgebieden. — Ik ga over tot het schatten van de stroomgebieden.

Deze uitgestrektheid is altijd berekend geworden op 15 000 bunders; dit getal komt steeds voor in de verslagen van vroegere commissien.

Enkele voorloopige vergelijkingen, door ons gemaakt tusschen de hoeveelheid regen aan den eenen en het door de vijvers opgevangen water aan den anderen kant, zijn — wij moeten het bekennen — niet zeer gunstig geweest voor de naauwkeurigheid van dit cijfer.

Wij vonden, dat de hoeveelheid jaarlijks opgevangen water zeer gering was voor zulk eene groote oppervlakte. Wij hebben dan ook gemeend tot een onderzoek te moeten overgaan.

Wij hebben ons daartoe bediend van de kaarten, in de archieven van het waterbestuur bewaard, op welker juistheid men mag vertrouwen. De uitkomst van onzen arbeid heeft onzen twijfel opgeheven en de naauwkeurigheid van het getal van 15 000 bunders bevestigd, dat aan de oppervlakte van de stroomgebieden werd toegekend.

Ziehier de splitsing van deze oppervlakte voor elk komstelsel:

		bunders.
Vijver la Tour, stroomgebied		600
Vijvers le Perray en Saint-Hubert, stroomgebied. . .		3400
Vijvers Trappes:		
1ste tusschen la Tour en le Perray	800	
2de » le Perray en Trappes	2900	
Te zamen. .	3700	3700
Vijvers Bois-d'Arcy en Bois-Robert.		1200
Vijvers Saclay Neuf et Vieux		6000
Totaal. . .		14900

Men ziet, dat onze raming, op 100 bunders na, de bevestiging is van die onzer voorgangers.

Laten wij nu eenigzins de aarzeling verklaren, waarmede wij de schatting van 15000 bunders aannamen voor de geheele oppervlakte van de stroomgebieden.

Overdrevene voorstellingen van de ingenieurs omtrent watervoeding door regen. — Eene van de berekeningen, waarvoor de ingenieurs aan de verdrietigste teleurstellingen zijn blootgesteld geweest, is die, welke ten doel heeft de hoeveelheden water te bepalen, die men uit de regens op eene gegevene oppervlakte kan opvangen en jaarlijks bewaren. Men heeft te allen tijde omtrent dit punt groote illusiën gekoesterd, die vooral daardoor ontstonden, dat men bij dit onderwerp niet genoeg had nagedacht over het gewigt der opslurping door de aarde; men had, om zoo te zeggen, dit verschijnsel geheel verwaarloosd en gemeend, dat het voldoende was op de verdamping te letten.

Wij hebben er ons op toegelegd in verscheidene geschriften deze dwaling te bestrijden, die, bij openbare werken, tot de verdrietigste gevolgen kan leiden in al wat de watervoeding betreft voor kanalen met verdeelpunt en voor de behoeften van de steden. Wij verheugen ons te zien, dat tegenwoordig de denkbeelden te dezen opzigte aanmerkelijk gewijzigd zijn. Maar, zoo wij in het tijdstip, toen wij schreven, de merkwaardige feiten gekend hadden, die op het *régime* van de vijvers te Versailles betrekking hebben, zouden wij zeker een' sneller en beslissender ommekeer in de zienswijze hebben bewerkt, gelijk men aanstonds zal kunnen beoordeelen.

Over het algemeen hebben de ingenieurs, die zich met deze vraagstukken onledig hebben gehouden, aangenomen, dat de hoeveelheden regenwater, die langs de oppervlakte blijven loopen en opgevangen kunnen worden, de helft of drie zevenden bedroegen, zelden minder dan twee zevenden, van den jaarlijkschen regenval.

Zij grondden zich, tot regtvaardiging van deze schatting, op dit feit, dat de jaarlijksche waterafvoeren van de rivieren vertegenwoordigd werden door deze zelfde breuken van de hoeveelheid regenwater, die jaarlijks op het gebied van deze rivieren valt.

In ons geval, bijvoorbeeld, zouden zij gezegd hebben, dat de Seine onder de bruggen van Parijs een derde van het regenwater laat doorstroomen, dat op haar hooger gelegen stroomgebied valt, en dat er dus reden is aan te nemen, dat in onze streken twee derden van het water van de oppervlakte verdwijnen en dus een derde kan worden verzameld.

Dit is onbetwistbaar waar voor den thalweg van het dal, maar is het dit in gelijke mate voor alle hoogten? Op deze vraag kan men ontkennend antwoorden zonder vrees van zich te bedriegen.

Men begrijpt inderdaad, dat, hoe lager de punten zijn, waarop het water wordt opgevangen, des te grooter de kans zal zijn door de wellen een gedeelte van het water terug te vinden, dat door het hoogere terrein was opgeslurpt geworden, en het is in dit opzigt, dat de speling van de opslurping, tot heden bijna geheel onbekend, onbetwistbaar in belangrijkheid wint.

Er volgt uit, dat op de bergvlakten alles, wat in den grond dringt, onherroepelijk verloren is voor de watervoeding, terwijl dit niet alleen in de dalen niet het geval is, maar integendeel het aanwezen van hoogere vergaarbakken, welker bodems en wanden niet altijd volkomen waterdigt zijn, zeer krachtdadig kan bijdragen tot vermeerdering van de massa's water, die er komen uitloopen.

Schatting van de gemiddelde jaarlijksche voeding van de vijvers. — Als wij van deze opmerkingen partij trekken en op eenige gegevens van de ondervinding afgaan, die wij in enkele geschriften hebben neergelegd en die wij getracht hebben tot een geheel te vereenigen in het eerste hoofdstuk van onze *Études sur les inondations*, komen wij als volgt tot de raming van het gedeelte regenwater, dat tot voeding van de vijvers kan bijdragen.

De hoogte van den jaarlijks vallenden regen is		0m.500
De hoeveelheid water, die tot minstens 1 meter beneden de oppervlakte dringt, wisselt naar de terreinen af van 21 tot 45 ten honderd. Nemen wij, om alle misrekening te voorkomen, het grootste van deze getallen, zoo moeten wij reeds dadelijk van de hoogte gevallen regenwater aftrekken	0m.253	
Het getal regendagen in den omtrek van Parijs bedraagt gemiddeld 148, en de verdamping aan de oppervlakte van den grond bedraagt 1 millimeter voor elken regendag, wij zullen dus nog moeten aftrekken	0m.148	
Eindelijk kan de hoeveelheid, die aan de aarde ontnomen wordt en aan den dampkring teruggegeven voor de behoeften van de planten, gesteld worden op	0m.055	
In het geheel af te trekken . .	0m.438	0m.438
Blijft dus over wat langs de oppervlakte stroomt . .		0m.062

Men zal geneigd zijn dit getal als te gering aan te merken, en wij zullen niet ontveinzen zelf deze gedachte te hebben gehad; men zal evenwel zien, dat het veel te groot is, en daarom hebben wij een oogenblik getwijfeld aan de juistheid van het getal van 15000 bunders voor de gezamenlijke oppervlakte van het stroomgebied; maar dewijl op dit laatste punt geene aarzeling meer mogelijk is, is men gedwongen tot de meening, dat het cijfer van het opgevangen water overdreven is.

En werkelijk als men dit cijfer (0.062) vermenigvuldigt met het getal vierkante meters, vervat in de 15000 bunders stroomgebied, verkrijgt men 9300000 teerling meters voor de voeding, zoodat de vijvers, die een inhoud hebben van 7971726 teerling meters, elk jaar meer dan gevuld moesten worden. Niet alleen maakt deze vulling niet den normalen toestand uit, maar slechts zelden gaat zij de 6000000 te boven. Men is dus verpligt te erkennen, dat de hoeveelheid regen, die de jaarlijksche voeding van de vijvers ten gevolge heeft, slechts eene kolom van 3 tot 4 centimeters vormt, dus ongeveer $\frac{1}{16}$ van de geheele regenmassa bedraagt.

Wij blijven dus zeer verre, gelijk men ziet, van de zeer overdreven breuken, die men tot deze laatste tijden heeft aangenomen, wat volkomen rekenschap geeft van de tallooze teleurstellingen, die de ontwerpen tot voeding van bijna al onze kanalen hebben beschaamd.

Nu heeft eene ondervinding van vijftien jaren ons geleerd, dat, bij het in rekening brengen van de verdamping, de vijvers gemiddeld op niet meer dan 4300000 teerling meters opgevangen regenwater kunnen rekenen.

Opmerkingen voor het geval, waarin de voeding tot haar minimum daalt. — Het kan gebeuren, dat men aanmerkelijk boven dit cijfer stijgt en dat men er aanmerkelijk beneden blijft, wat even gemakkelijk te verklaren is uit de ontwikkelde denkbeelden als het tot heden moeijelijk te vatten viel.

Laten wij omtrent dit punt de volgende woorden uit het verslag der commissie van 1852 aanhalen:

«Er zijn jaren, waarin de regens niet zeer overvloedig zijn en «waarin geene sneeuw valt; de vijvers raken dan niet vol en men «haalt enkele winters aan, waarin men slechts 1300000 teerling «meters heeft kunnen vergaderen. Maar men doet de exceptionele «omstandigheden niet kennen, die zulk een gebrek aan water hebben «kunnen veroorzaken in bakken, ingerigt tot het opvangen van «het regenwater van eene oppervlakte van 15000 bunders, waarop «in de ongunstigste jaren 0m.30 water valt, waarvan twee vijfden «in de kanalen moeten uitloopen en in de vergaarbakken 1800000 «meters brengen.»

Men ziet hier weder eene breuk noemen gelijk die, waarop wij hierboven wezen, en dit regtvaardigt onze bewering omtrent de overdreven voorstellingen van onze voorgangers ten aanzien van watervoeding door den regen.

Al maakte zij evenwel gebruik van zulk eene groote breuk, kwam de commissie slechts tot een cijfer van 1800000 teerling meters, terwijl wij, bij het bezigen van eene veel zwakkere breuk, meer dan 9 millioen verkregen. Het verschil verdwijnt echter als men er op let, dat het cijfer in de memorie door eene fout slechts $\frac{1}{10}$ is van wat het wezen moest. Inderdaad, $\frac{2}{3}$ van 0.30 zijn gelijk 0.12, en dit cijfer, vermenigvuldigd met de 150000000 vierkante meters, vervat in 15000 bunders, geeft 18000000.

Zeer vermoedelijk zouden reeds vroeger de denkbeelden omtrent het gewigt, dat men hechten moet aan het gedeelte, dat langs de oppervlakte stroomt, aanmerkelijk gewijzigd zijn, als die fout niet begaan was, als men tegenover 18000000 teerling meters gestaan had in plaats van 1800000, vooral dewijl men over minima streed. Eene vergeten nul heeft de gemoederen in hunne eerste opvatting bevestigd.

Berekening van de jaarlijksche voeding voor hoeveelheden regen van 0m.382 *tot* 0m.607. — Laten wij nu terugkomen op de berekening, die wij gemaakt hebben voor een jaarlijkschen regenval van 0m.50, die den gewonen toestand van het klimaat van Parijs voorstelt.

Dewijl wij pas erkend hebben, dat deze berekening met de gebezigde gegevens tot eene veel te groote uitkomst leidt, doet dit ons denken, dat enkele van deze gegevens te laag geschat zijn en gewijzigd moeten worden. Het is hier de plaats niet om uiteen te zetten, op welken grond wij tot die wijzigingen besloten. Het zal voldoende zijn voor het oogenblik te doen uitkomen, dat, als wij, in plaats van 1 millimeter te rekenen voor de verdamping op elken regendag, wij deze waarde met $\frac{1}{5}$ vermeerderen, wij ook zullen vinden, dat het water, hetwelk langs de oppervlakte blijft stroomen, in plaats van vertegenwoordigd te worden door 0m.062, slechts door 0m.036 wordt voorgesteld, wat overeenkomt met 5400000 teerling meters. Dit getal, verminderd met het verlies, dat uit de verdamping van de vijvers voortvloeit, geeft de hoeveelheid van 4300000 teerling meters, waarover men, volgens de ondervinding, jaarlijks beschikken kan.

Om bij dit alles zekerheid te verkrijgen omtrent vraagstukken van onbetwistbaar belang, hebben wij deze berekeningen met de aangeduide verbetering toegepast op zekere gegevens uit de tegenwoordige eeuw, waarin de hoeveelheden regen eene toenemende reeks vormen van 0m.382 tot 0m.607.

Jaartallen	1814		1826		1834		1825		1809		1838		1816		1828		1836	
Getal regendagen	122 dagen		128 dagen		135 dagen		135 dagen		140 dagen		159 dagen		167 dagen		163 dagen		177 dagen	
Hoogte van den jaarlijks gevallen regen	met. „	met. 0.382	met. „	met. 0.410	met. „	met. 0.442	met. „	met. 0.468	met. „	met. 0.490	met. „	met. 0.514	met. „	met. 0.546	met. „	met. 0.587	met. „	met. 0.607
Af te trekken: voor de opslorping (45 percent)	0.172	„	0.184	„	0.199	„	0.211	„	0.221	„	0.231	„	0.246	„	0.264	„	0.273	„
Af te trekken: voor den plantengroei (standvastig)	0.055	„	0.055	„	0.055	„	0.055	„	0.055	„	0.055	„	0.055	„	0.055	„	0.055	„
Af te trekken: voor verdamping boven den grond, 0m.0012 voor elken regendag	0.146	„	0.154	„	0.162	„	0.162	„	0.168	„	0.191	„	0.200	„	0.196	„	0.212	„
Af te trekken totalen	0.373	0.373	0.393	0.393	0.416	0.416	0.428	0.428	0.444	0.444	0.477	0.477	0.501	0.501	0.515	0.515	0.540	0.540
Blijft over voor wat langs den grond stroomt		0.009		0.017		0.026		0.040		0.046		0.037		0.045		0.072		0.067
Massa's water, overeenkomende met deze overschotten	m³. (1) 1350000		m³. 2550000		m³. 3900000		m³. 6000000		m³. 6900000		m³. 5550000		m³. 6750000		m³. 10800000		m³. 10500000	
Af te trekken voor verdamping boven de vijvers	350000		550000		700000		1300000		1400000		1250000		1350000		1600000		1600000	
Blijft over aan jaarlijksch beschikbaar watervolumen	1000000		2000000		3200000		4700000		5500000		4300000		5400000		9200000		8900000	

(1) In den franschen tekst staat 1450000.

Deze uitkomsten zijn in volmaakte overeenstemming met de waargenomen feiten; gelijk deze leeren zij, dat de vijvers in enkele jaren vol kunnen raken, dat de gemiddelde watervoeding tusschen 4 en 5 millioen teerling meters begrepen is. Eindelijk doen zij zien, dat deze voeding niet alleen dalen kan tot 1300000, ja zelfs 1000000 teerling meters, maar tevens doen zij de atmospherische omstandigheden kennen, waaronder dit exceptionele feit zich kan openbaren. Eene verklaring is, dunkt ons, vrij nabij de waarheid, als zij zoo naauwkeurig rekenschap weet te geven van wat eene langdurige ondervinding geleerd heeft.

Verklaring van de uitwerkselen, voortgebragt door de hevige onweders. — Zoo de feiten omtrent de jaarlijksche minima verbazing en twijfel hebben opgewekt, zijn die omtrent exceptionele overstroomingen van betrekkelijk korten duur niet minder onverklaarbaar voorgekomen.

Hoe komt het — heeft men gezegd — dat, als de regen een geheel jaar behoeft om eene voeding van 4 tot 5 millioen voort te brengen, die niet eens twee derden van het vermogen der vijvers bereikt, op zekere tijdstippen binnen anderhalven dag of hoogstens twee dagen deze kommen geheel gevuld zijn geworden?

Als men zich de ontwikkelde denkbeelden voor den geest brengt, is niets gemakkelijker dan zich rekenschap te geven van wat dergelijk verschijnsel bij den eersten aanblik buitengewoons schijnt op te leveren.

Als men uitgaat van dit feit, dat de hoogte van den jaarlijks gevallen regen 0m.50 en het getal regendagen in het jaar 148 bedraagt, ziet men dat de gemiddeld dagelijks gevallen regen wordt vertegenwoordigd door 0m.0034 hoogte.

Maar er doen zich, wel is waar, zeer exceptionele omstandigheden voor, waarin regens, binnen 24 uren en zelfs minder tijd, tien malen en twintig malen meer water geven. Bijvoorbeeld, den 16den October 1846 is er in de bovenkom van de Seine eene kolom

water gevallen van 0m.0775 hoogte. Den volgenden dag is de hoeveelheid nog overvloediger geweest en gestegen tot 0m.0880.

Laten wij zien, wat in het bekken van de vijvers zoude zijn voorgevallen, indien daar op dat tijdstip even veel regen was gevallen.

Als wij voor éénen dag eene hoogte van 0m.08 aannemen, zou de opslorping deze tot 0m.044 hebben verminderd; in het tijdsverloop van éénen dag, en vooral van zulk een' regenachtigen dag, zoude de verdamping bijna nul geweest zijn. Laten wij niettemin, om de oorzaken van vermindering zoo ruim mogelijk in rekening te brengen, het genoemde cijfer op 0m.04 stellen, dan nog bedraagt de hoeveelheid water, welke dien dag langs de oppervlakte zou zijn blijven stroomen, 6 millioen teerling meters. Een voorraad van 1 972 000 teerling meters zou dus voldoende geweest zijn om met de opbrengst van den eersten dag de vijvers geheel te vullen.

En zoo de regen den volgenden dag was blijven voortgaan, in welk geval de opslorping, den eersten dag geheel volbragt, bijna niets zou hebben ontnomen aan de op den tweeden dag neêrgestorte watermassa's, zoude een nieuwe toevoer van 10 tot 12 millioenen zich bij dien van den vorigen dag hebben gevoegd.

Gevallen van dezen aard hebben zich dan ook bij de vijvers voorgedaan; wij beweren niet, dat zij met betrekking tot de cijfers het gewigt gehad hebben van het beschrevene, maar werkelijk is eenmaal de vijver van Saint-Hubert in minder dan 48 uren gevuld geworden, en heeft men, om de ongelukken van eene overstrooming te voorkomen, waardoor de dijken zouden zijn meêgesleept geworden, op enkele punten gaten moeten maken, hetzij in den dam, hetzij in de aardedijkjes, langs de afvoerkanalen opgeworpen.

Men ziet dus uit de voorafgaande verklaringen, dat alles, wat bij den eersten aanblik buitengewoon en onverklaarbaar schijnt in de plotselinge opkomst van die watervloeden, een onvermijdelijk gevolg is van zekere natuurlijke feiten, een gevolg, dat wij door de ontwikkelde beschouwingen kunnen vatten en in cijfers brengen.

Wij vermeenen te hebben in het licht gesteld, dat het vermogen van de vijvers, zoowel in zijn' normalen toestand als in zijne afwijkingen, aan eenvoudige regels gehoorzaamt, die gemakkelijk te begrijpen zijn en waarvan de ondervinding de naauwkeurigheid heeft bevestigd.

Bij gelijke oppervlakte van stroomgebied, is de jaarlijksche voeding niet voor alle vijvers even groot; raming van de verschillen. — Als men de overlevering vertrouwen mag, zou de voeding van de vijvers vroeger overvloediger zijn geweest dan in onze dagen. Er bestaan evenwel geene geschrevene bescheiden om de geloofwaardigheid hiervan te staven.

Als het feit juist is, kan men het niet verklaren door eene grootere hoeveelheid jaarlijkschen regen; het tegendeel is gebeurd. Vroeger regende het minder; zoo is het gemiddelde van de 95 jaren tusschen 1689 en 1784 (1) slechts 0m.456 geweest, terwijl dat van de 36 (2) jaren tusschen 1806 en 1841 tot 0m.502 stijgt.

Men kan zich van dit feit geene rekenschap geven dan door de wijzigingen en vorderingen in den landbouw. Vroeger waren de 15 000 bunders, die de vijvers voeden, voor het grootste deel met bosch bedekt, en bovendien bleef een derde van de bouwbaarde steeds braak liggen. Deze twee omstandigheden verminderden aanmerkelijk het opslorpend vermogen van den grond, en vermeerderden dus de hoeveelheid water, die langs de oppervlakte stroomde. Wij zullen niet langer bij deze feiten stil staan, waarvan — wij herhalen het — de geloofwaardigheid alleen op overlevering berust; maar zeker is het, dat tegenwoordig de vulling van de vijvers Saint-Hubert, in het tijdstip van de zware regens, veel gemakkelijker plaats heeft dan die van de vijvers Saclay, en toch is, terwijl aan den eenen kant de inhoud van de eersten dien van de laatsten overtreft, het stroomgebied van Saclay het dubbel van dat te Saint-Hubert.

Maar te Saclay is alles ontgonnen, terwijl te Saint-Hubert ongeveer één-derde van het bekken door bosschen wordt ingenomen. Men moet nog hierbij voegen, dat bij dezen laatsten vijver de glooijingen van het stroomgebied in het oog loopend steiler zijn dan te Saclay.

Het is dus zeker, dat, onder den invloed van een' zelfden regen, de eenheid stroomgebied meer water naar Saint-Hubert zal afvoeren dan naar Saclay; wat Saint-Quentin betreft, moet men het op dezelfde lijn stellen als Saclay, omdat de plaatselijke omstandigheden gelijk zijn uit het oogpunt van terreinsgesteldheid en landbouw.

Het is niet van belang ontbloot in een vraagstuk, dat betrekking heeft tot de mogelijkheid later wijzigingen in te voeren in den waterafvoer, het verschil tusschen de vijvers in cijfers uit te drukken. Wij willen dit beproeven voor het verschil, dat wij pas hebben aangegeven.

Wij hebben doen uitkomen, dat gemiddeld de jaarlijksche hoeveelheid in de vijvers opgevangen water, na aftrek van de verdamping boven de natte oppervlakte, geschat moet worden op 4 300 000 teerling meters. De oppervlakte van het stroomgebied is 15 000 bunders, zoodat de zuivere toevoer door elken bunder 290 teerling meters is.

Volgens hetgeen wij gezegd hebben, zal deze aanvoer grooter dan de gemiddelde zijn bij Saint-Hubert en kleiner bij Saclay en Saint-Quentin.

Als wij ons gronden op waarnemingen, door ons zelf gedaan, worden wij er toe gebragt voor het gemiddelde getal van 290 teerling meters per bunder stroomgebied de volgende cijfers te stellen:

Voor den vijver Saint-Hubert.	360
» de vijvers Saint-Quentin en Saclay. . . .	265

Deze wijzigingen steunen niet op naauwkeurige gegevens; de proeven ontbreken; niets is gedaan geworden om tot zekerheid te geraken. Onze meening, gegrond op hetgeen wij in enkele streken gezien hebben, is, dat deze getallen geschikt zijn om zooveel mogelijk bij benadering de verschillen te kenschetsen, waargenomen tusschen het afstroomen naar Saint-Hubert en dat naar de overige vijvers.

Maar wij herhalen het, men moet hierin slechts eene persoonlijke opvatting zien. De eenige voorwaarde, waaraan deze getallen moeten voldoen, is het volumen van 4 300 000 teerling meters terug te geven, dat de gemiddelde jaarlijksche voeding voorstelt.

Werkelijk geven de 3 400 bunders stroomgebied van den vijver Saint-Hubert tegen 360 teerling meters per bunder . . . . . 1 224 000 teerl. meters

De 11 600 bunders stroomgebied van de andere vijvers, tegen 265 teerling meters per bunder . . . . . 3 074 000 »

Totaal . . . 4 298 000 teerl. meters

(1) In den franschen tekst staat 1754. (Vert.)

(2) In den franschen tekst staat 46. (Vert.)

De overeenstemming blijkt dus genoeg.

Wij zullen, om te besluiten, zeggen, dat, als men het gemiddeld voedingsvermogen van al de stroomgebieden te zamen 1 noemt, dat van het bekken van Saint-Hubert wordt voorgesteld door $\frac{360}{290} = 1.24$ en dat van de andere bekkens door $\frac{265}{290} = 0.91$.

DE OOSTKUST VAN ENGELAND TUSSCHEN DE MONDEN VAN DE THEEMS EN DE WASH, DOOR J. B. REDMAN,

lid van het instituut van burgerlijke ingenieurs.

(*The Civil Engineer and Architect's Journal*, March 1864, p. 72.)

In het jaar 1852 werd in het instituut van burgerlijke ingenieurs een stuk voorgedragen, waarin de zuidkust van Engeland van de Theems tot aan Portland werd beschreven. Daaruit bleek, dat door den invloed der zuidwestewinden de welbekende keibanken zijn ontstaan, zoo als de Chesilbank, Portland, Hurstbank aan den ingang der Solent, Portsmouthbank, Brightonbank, waar ten tijde van Elisabeth de stad lag, die later door de zee verzwolgen werd, Langleypunt, welke na de verwoesting van Oud Brigthon beneden Beachyhead ontstond en de oude haven van Pemsey of Pevensey versperde, zoodat deze thans niet meer dan een spuikanaal is, en Dungeness, die zich vier mijlen ver in de zee uitstrekt, gerekend van de kustlijn, zoo als die in een betrekkelijk niet lang geleden historisch tijdvak was, en achtereenvolgens tot hare grootste lengte toenam, naarmate Langleypunt westwaarts afnam. Tevens werden in dat stuk de oostwaartsche verschuivingen der bank te Dover en te Deal geschetst en hoe zij zich langzamerhand voorbij Sandown nederzette, waar sedert eenige jaren zulke merkwaardige veranderingen hebben plaats gehad, dat daardoor ook het kasteel van Hendrik VIII te Shingle-end te gronde ging. Shingle-end is, zoo als de naam aanduidt, het benedeneinde van de bank, welke in oostelijke rigting voortschuift, den loop der Stour afleidt, de romeinsche havens te Richborough en te Reculver verstopt en er toe bijdraagt om den zeearm tusschen het vaste land en het eiland Thanet in te sluiten.

Het kan alzoo niet onbelangrijk zijn, als een vervolg op het bovengenoemde stuk, eene beschrijving te geven van de bijzonderheden der oostkust van Engeland, van de Theems tot aan de Wash, met inbegrip van de welbekende zoogenoemde «Nesses», welke ten gevolge van het afslaan der naburige klippen ontstaan, wanneer deze bij noordoostelijke stormen aan de werking der hoog opgejaagde golven bloot staan.

Op de oostkust van Engeland kan men Landguardpunt als het einde der oostelijke keibanken beschouwen. Deze volgden eene tegengestelde beweging van die der banken in het Engelsch kanaal en bedreigden eindelijk zelfs het bestaan van de haven van Harwich, als haven voor diepgaande schepen. Uit teekeningen uit den tijd van Hendrik VIII blijkt het, welke groote veranderingen er in deze merkwaardige banken hebben plaats gehad. In een ver verwijderd tijdperk werd de reeks keigordels gevormd, die evenwijdig met het strand liggen, terwijl die van lateren tijd de eersten onder eenen scherpen hoek snijden, in eene zuidwestelijke rigting zich ombuigen en dwars door den ingang der haven loopen. Oudtijds stroomden de wateren van de Stour en de Orwell in eene meer oostelijke rigting onder den vasten wal naar zee en werden trapsgewijze naar het westen verlegd, ten gevolge van het langer worden van Lunger of Landguardpunt, welke zich eens in eene meer zuidelijke rigting zeewaarts uitstrekte. Het hoofd, hetwelk voor eenige jaren aan de westzijde van den havenmond werd aangelegd, bragt niet de geringste vertraging in den westwaartschen voortgang der keibank te weeg.

De tegenwoordige toestand van Harwich, als nationale zeehaven, is eene ernstige overweging wel waard, want, dewijl de ligte tertiaire klippen snel afnemen en tegelijk zich hoe langer zoo meer landwaarts (van de Naze tot de Colne) terugtrekken, zoo kan men de aanhoudende zuidwestelijke uitbreiding van Landguard, evenwijdig met het strand, te gemoet zien, zoo als zij te Orfordness heeft plaats gehad. De banken van Orford, Orfordness en Aldborough zijn te zamen 10 engelsche mijlen lang. Uit oude teekeningen blijkt, dat onder de regering van Hendrik VIII de geul te Orford, tegenover Orford Castle, vier mijlen ten noordoosten van de plaats lag, waar zij zich thans bevindt, en het zou gemakkelijk zijn de sporen van de voormalige haven nu nog in de golvingen der keibank te vinden. De Ness onderging in lateren tijd eene plaatselijke verandering, welke eene verplaatsing van de kustlichten ten gevolge had en door eene plaatselijke noordelijke af- en eene oostelijke toeneming (van denzelfden aard als die, welke te Dungeness plaats heeft,) veroorzaakt werd. Ook de stad Alborough strekte zich in vroegere jaren verder oostwaarts uit.

De grootte der verschillende banken is als volgt:

Landguardbank . . .	2	mijlen bij	$\frac{3}{4}$ mijl.
Felixstowbank	3	»	
Bawdseybank	5	» »	$\frac{1}{4}$ »
Orfordbank	5	» »	$\frac{1}{4}$ »
Orfordnessbank. . . .	2	» »	$\frac{3}{4}$ »
Aldboroughbank . . .	3	» »	$\frac{1}{4}$ »

Zij vormen alzoo eene doorloopende keibank van 20 mijlen lengte. In den tijd van Hendrik VIII was Southwold eene breede tijgeul, die zich met twee armen over de tegenwoordige moerassen aldaar uitstrekte; maar bij het onderzoek van de «Tidal Harbours commissie» in 1845 is op historische gronden bewezen, dat zelfs toen, vóór de insluiting der moerassen, waaraan men het verergeren van de haven had toegeschreven, deze even slecht was als te eeniger tijd daarna. Lowestoft Ness is, na het bouwen van de kerk in de vijftiende eeuw, toegenomen; ten gevolge van den toestand der haven en het aanbrengen van kapitalen heeft de handel eene groote uitbreiding ondergaan en de buitenste zandbanken vormen eene voortreffelijke natuurlijke reede. Die banken strekken zich zuidwaarts hoe langer zoo verder uit, in eenige gevallen sluiten de tusschenliggende openingen zich en de noordelijke uiteinden dier banken, welke de reede van Yarmouth en die van Lowestoft vormen, nemen af. Die veranderingen blijken uit de kort geledene verplaatsing der bakens; volgens de schatting van loodsen en andere personen op de plaats zelve bedraagt zij op een enkel punt wel twee mijlen binnen het tijdsverloop van dertig jaren. Deze evenwijdige uitbreiding van de zandbanken naar het zuiden en de daarmede gepaard gaande strandnederzettingen kunnen niet aan dezelfde, maar aan evenwijdig werkende oorzaken toegeschreven worden, want de hoofdrigting van de groote Atlantische vloedgolf van het noorden naar het zuiden van de Theems doet die uitwerking op de zandbanken, terwijl de windgolven de strandnederzettingen veroorzaken. De door deze banken

gevormde reeden strekken zich wel 20 mijlen uit en zijn aan de zeelieden wel bekend. De groote veranderingen, die te Yarmouth moeten hebben plaats gehad, kan men opmaken uit de omstandigheid, dat er eene zandbank ligt tegenover de plaats, waar, ten tijde dat de Romeinen deze eilanden bezet hielden, een zeearm was met een post te Caistor ten noorden en een post te Burgh ten zuiden. De zandbanken, die 5 mijlen lengte en 1000 acres (ruim 400 bunders) oppervlakte hebben, zijn aan groote wisselingen onderhevig geweest. Somtijds had de haven twee ingangen, somtijds waren zij geheel versperd, en op verschillende tijden waren de ingangen zeer verschillend. De beweging der banken was vooruitgaande in eene zuidelijke rigting; en op een tijdstip vóór de vorming van Lowestoft Ness lag de buitengeul op de hoogte van Corton, dat is vier mijlen ten zuiden van de plaats, waar zij zich nu bevindt. Hieraan werd door de thans aanwezige reeds onder de regering van Elisabeth aangevangene werken perk gezet en de haven is nu eene van de belangrijkste op de kust, met tien voet diepte bij laagwater. Zij bezit eene handelsvloot van vijf honderd schepen, beeft bloeijende scheepswerven en belangrijke instellingen voor de marine, en de stad is als waterplaats in de laatste tijden aanmerkelijk toegenomen. Over eene lengte van 16 mijlen ten noordwesten van Yarmouth strekt zich een voortloopende gordel van «marrams» of zandheuvels uit, die voor de verschillende valleijen en het tusschen de buiten uitspringende tertiaire duinen liggende moerassig land eenen ongestadigen verdedigingsmuur vormen. Te Caistor zijn deze zandheuvels zeer veel door de zee afgeslagen; de heuveltjes die in de «Ordnance Survey» als geheel worden voorgesteld zijn nu half afgesneden. Winterton Ness heeft 50 tot 60 voet hooge zandheuvels aan de zeezijde en eene enkele noordwaarts naar Waxham loopende rij van omstreeks 70 voet hoogte, welke op sommige plaatsen bijna zijn doorgebroken. Die te Eccles verminderen evenzeer. Te Happisburgh zijn gedurende de laatste zestig jaren de tertiaire klippen gemiddeld $2\frac{1}{4}$ yards (2 meters) per jaar in hoogte afgenomen en, naarmate zij terugweken, zijn de zandheuvels zuidoostwaarts naar Yarmouth voortgedrongen. Te Mundesley was de teruggang van de gele zandklippen zoo groot, dat de voorkant nu door middel van steenen muren beschermd wordt, die veel van de zee hebben geleden; en noordwaarts wordt het gemiddelde verlies sedert de uitgave der «Ordnance Survey» op $4\frac{3}{4}$ yards (bijna $4^{m}.5$) per jaar geschat. Te Trimingham vormt de 200 voet hooge klip eenen aanhoudenden zandval. Te Sidestrand groeijen de benedenklippen en de ruggen aan en voorbij Overstrand ontmoet men dezelfde verbazende afstortingen. Cromer, dat op den uitspringenden noordoosthoek van het graafschap staat, heeft veel geleden; het gedeelte, dat er van de stad nog overgebleven is, belendt aan de zeemuren, die eene vooruitstekende punt vormen, terwijl de klippen, die er ten oosten en ten westen van liggen, snel afnemen. Te East Runton en Beeston, waar het krijt in meer bepaalde massa's, vermengd met zand, voorkomt, bedraagt de gemiddelde vermindering per jaar, over het laatste vierde deel eener eeuw, $2\frac{1}{2}$ yards ($2^{m}.3$). Te Sherrington vangt eene reeks van banken aan, die westwaarts naar de Wash loopen en de Weybourn-, Salthouse-, Cley- en Blakeney-banken vormen en de buitenwerken voor de natuurlijke havens op die plaatsen uitmaken. Tusschen Blakeney en Wells en vandaar westwaarts naar Brancaster vormt eene rij van zandheuvels (marrams) bij hoogwater eenen buitenslagboom, die, evenwijdig aan de hooge kust, vloedarmen van aanmerkelijke uitgestrektheid insluit, welke door middel van de laagwater-kanalen van den vroegsten historischen tijd af tot havens dienden.

De banken op de oostzijde van de Wash, van Hunstanton of St. Edmundspunt tot Woolverton kreek, de grens van den Norfolk zeearm, zijn omstreeks tien mijlen lang en beneden de hooge kust van Snettisham, Sandringham, Woolverton, enz. ontstaan. Zij bewegen zich kennelijk zuidwaarts, en uit de omstandigheid, dat men ver in het land keijen met moerasgrond vermengd vindt, blijkt, dat zij van de vroegste tijden af zijn toegenomen. Het einde der keibanken in dit district wordt door eene opvolgende reeks van hoornen aangewezen, die zich bij Woolverton Kreek bevinden. Verderop is de geheele bodem van den Norfolk zeearm zuiver slib, zoodat de keibanken bezuiden de kreek ophouden.

Uit het bovenstaande blijkt alzoo, welke veranderingen er op eene bepaalde streek van de kust door standvastige natuurlijke oorzaken worden te weeg gebragt en welken invloed die veranderingen op de verschillende havens uitoefenen. Zoo zijn die van Harwich, van Orford, van Southwold, van Yarmouth, van Blakeney, van Wells en van Brancaster hoofdzakelijk van de beschrevene natuurlijke slagboomen afhankelijk. Bij die van Yarmouth bijvoorbeeld werd daarentegen de toestand door het met oordeel aanleggen van kunstwerken merkelijk verbeterd, terwijl te Orford, waar men niets gedaan heeft, groote veranderingen zijn voorgevallen. Eindelijk is het moeijelijk te bepalen, waarop te Harwich de standvastig voortgaande verandering, te weeg gebragt door de voortdurende werking van natuurkrachten, welke niet door kunstwerken worden beteugeld, zal uitloopen.

PROEFNEMINGEN OMTRENT DE DRUKKING VAN GROND,

DOOR DR. E. WINKLER,

leeraar aan de polytechnische school te Dresden.

(*Der Civilingenieur*, Band XI, Heft 1, Sp. 1.)

(Plaat 2, figuren 1—4.)

Het is tot heden toe nog niet gelukt, eene juiste theorie van de drukking van grond vast te stellen. De schrijver van dit opstel is er wel in geslaagd, de naauwkeurige differentiaalvergelijkingen van die drukking te ontwikkelen; maar deze verkeeren in hetzelfde geval als die van de elasticiteit; zij kunnen niet algemeen geïntregreerd worden. Daardoor is althans het bewijs geleverd, dat eene juiste theorie nog tot de onmogelijkheden behoort en dat men derhalve, om ten minste eene benaderingstheorie vast te stellen, hier zijne toevlugt tot het stellen van hypothesen moet nemen. De onderstelling, dat een tezamenhangend prisma aarde volgens een plat vlak loslaat, ligt natuurlijk voor de hand. In hoeverre de zoo verkregene uitkomsten met de werkelijkheid overeenstemmen, kan slechts door proeven aangewezen worden. Nu ontbreekt het wel is waar niet aan dergelijke proeven, maar deze alle laten nog veel te wenschen over; zij zijn of te onnaauwkeurig, of daarbij is niet alles op behoorlijke wijze in rekening gebragt.

Bij de uitgebreide proefnemingen van Mayniel, zoowel als bij die van Martony de Köszegh en Woltmann, heeft men de wrijving tegen de zijwanden van den bak, waarin de voor de proeven bestemde grond is besloten, buiten rekening gelaten; en toch mag die niet verwaarloosd worden. De proeven van Hagen, bij welke de zijwanden vermeden waren, zijn daarentegen op te kleine schaal genomen.

Vroeger nam men steeds aan, dat de drukking van den grond loodregt op het wandvlak werkte. Eerst Scheffler heeft eene theorie ontwikkeld, die op de onderstelling rust, dat de drukking onder den wrijvingshoek tegen de verticaal des wands werkt. De tot heden gedane proeven beslissen daaromtrent niets. Uit dien hoofde was het mijn doel om, door middel van zoo naauwkeurig mogelijke proeven, zoowel de grootte als de rigting der drukking te bepalen en daarbij ook de wrijving tegen de zijwanden behoorlijk in rekening te brengen. Zie hier de beschrijving van de wijze, waarop die proeven in de maanden Junij en Julij 1863 genomen, alsmede de uitkomsten, welke daarmede verkregen zijn.

1. *Beschrijving van den toestel* (figuren 1 en 2.)

Tegen de opene voorzijde van eenen houten bak, die, in den dag gemeten, 40 centimeters lang, 40 centimeters breed en 25 centimeters hoog is, staat een vertikale wand A, welke om twee stalen messen B kan draaijen. Boven in het midden van dien wand is een mes C bevestigd, waartegen eene stalen pan rust, die aan eenen beugel D vast zit. Van dezen gaat eene 0.2 centimeter dikke koord over eene aan het achtereinde van den bak liggende rol E van 3 centimeters straal naar de weegschaal F.

Deze bak rust van voren op eenen wand van den bak G, welke bestemd is om het zand, dat bij het omslaan van den beweegbaren wand uitvalt, op te vangen. In dezen bak heeft men zeven kleine bakken geplaatst, over welke het zand zich verdeelt, zoodat het gemakkelijker uit den ondersten in den bovensten bak teruggebragt kan worden.

Op dezen bak G liggen 2 ribben H, waarop de steunplaten voor de messen bevestigd zijn, zoo als figuur 2 nader aantoont.

De drukking, die op den wand werkt, kan in eenen horizontalen en eenen verticalen druk ontbonden worden. Om alzoo de rigting dier drukking te vinden, zal men de beide zamenstellenden moeten bepalen. Wanneer echter de draaijingsas der klep in haar vlak zelf ligt, dan is het moment der verticale drukking nul, zoodat men op deze wijze derhalve alleen den horizontalen druk kan bepalen. Om alzoo ook de verticale drukking te kunnen vinden, mag de draaijingsas niet in het vlak der klep liggen. Uit dien hoofde heeft men van twee paren messen gebruik gemaakt, een paar B_1, dat in in het vlak der klep en een paar B_2, dat 5 centimeters daar buiten lag. De messen vielen naauwkeurig in het verlengde van het binnenbodemvlak des baks.

Om de wrijving van het zand tegen de zijwanden van den bak te bepalen, werd er na eene reeks van proeven een tusschenwand J in geplaatst, waardoor natuurlijk de wrijving verdubbeld werd, en hiermede eene nieuwe reeks van proeven genomen. Uit het verschil der op deze wijze verkregene uitkomsten kan men blijkbaar de wrijving bepalen en alzoo elimineren. Professor Schubert had mij dit middel aangeraden.

Om het gewigt op de schaal langzamerhand te kunnen verminderen, had men daarop eene bus met zand geplaatst, waaruit het zand door eene opening in den bodem langzaam in den bak L liep. Nu was het echter noodig het gewigt van het zand naauwkeurig te kennen op het oogenblik, dat de klep begon om te slaan. Daartoe had men de volgende inrigting aangebragt. Het deksel van den bak L, was eveneens een bak L_1, die om eenen kant draaibaar was; deze werd door middel van de pen a open gehouden, doch sloeg, wanneer de pen werd uitgetrokken, neer en sloot alzoo den bak L. Het uitrukken der pen werd door den toestel zelven te weeg gebragt; de pen was namelijk met het ondereinde van den hefboom b verbonden, terwijl aan diens boveneinde een metaaldraad c was vastgemaakt, welke tot aan de klep liep. Op deze was eene pen bevestigd, voor welke het omgebogene vooreinde van den draad werd gelegd. Bij eene geringe beweging van de klep werd hierdoor de pen a uitgerukt, de bak L_1 sloeg om, het zand liep van nu af aan in dezen bank L_1 en kon alzoo afzonderlijk gewogen worden. Bij de verdere beweging der klep werd de draad c door middel van de op den dwarsligger M bevestigde pen e losgerukt.

Niettegenstaande dat de klep naauwkeurig tegen de voorvlakken van de wanden des baks aansloot, zoo bleek het toch, dat die sluiting voor het fijne, drooge zand, dat men gebruikte, niet voldoende was. Want voor dat de klep nog kon omslaan, liep het zand op enkele plaatsen langzaam naar buiten en wel in grootere hoeveelheid naarmate het gewigt op de schaal verminderde. Dit was zeer ten nadeele van de naauwkeurigheid der proeven. Men poogde dit gebrek te verhelpen en vond na eenige vergeefsche pogingen, als het geschikste middel daartoe, de vlakken, tegen welke de klep drukt, met flanel te beleggen. Hierdoor verkreeg men eene volkomene sluiting en het omslaan der klep had nu niet langzamerhand maar eensklaps plaats, zoodat de belasting op het oogenblik van het omslaan nu naauwkeurig kan worden bepaald.

De beide messen B, zoowel als de beugel D en de rol E, werden gedurende het vullen van den bovenbak met bordpapieren kappen gedekt, om ze tegen stof te beschutten.

In weerwil van alle voorzorgen vertoonden de uitkomsten der proeven toch noch menigvuldige afwijkingen. De hoofdoorzaak daarvan zal wel in de ongelijkmatigheid der zandlagen gezocht moeten worden.

Voor de proeven werd zeer fijn geel zand gebruikt. Na de eerste reeks van proeven werd het gewasschen om het lastige stuiven te doen ophouden.

2. *Ontwikkeling der noodige formules.*

In het volgende (figuur 3) beteekenen:

h de hoogte van het zand achter de klep;

b de breedte in den dag van den bak in het algemeen; b', b'' echter die breedte in het bijzondere geval dat er *niet* of *wel* een tusschenwand in den bak is geplaatst;

s den afstand der draaijingsas van het vlak der klep;

g den afstand van het zwaartepunt der klep tot hare oppervlakte;

p de hoogte van de horizontale koord boven de draaijingsas;

G het gewigt der klep;

P_1 het gewigt, dat aan de vertikale koord hangt;

P de spanning van de horizontale koord in het algemeen; P', P'' echter die spanning in het bijzondere geval, dat er *niet* of *wel* een tusschenwand is aangebragt;

F de spanning, waarmede de spanning van de horizontale koord,

tengevolge van de wrijving tegen eenen enkelen zijwand, verminderd wordt;

P de spanning van de horizontale koord, wanneer de klep 1 meter breed is, er geen wrijving tegen de zijwanden plaats heeft en de klep geen gewigt heeft;

D den door het zand uitgeoefenden druk bij eene breedte van 1 meter, eene hoogte van 1 meter en een gewigt van 1 kilogram den liter zand;

H de horizontale drukking onder dezelfde omstandigheden als bij D;

V de verticale drukking in hetzelfde geval;

γ het gewigt van een liter zand;

φ den hoek van het natuurlijk talud van zand;

φ_1 den wrijvingshoek voor de wrijving van het zand tegen den wand.

Alle lengten zullen in meters, alle krachten in kilogrammen opgegeven worden.

Allereerst komt het er op aan, om uit de uitkomsten der proeven de spanning P van de koord per breedte-eenheid te berekenen, in de onderstelling dat er geene wrijving tegen de zijwanden plaats heeft en de klep zonder gewigt is. De spanning van de koord zelve zou in dit geval $P\,b'$ of $P\,b''$ ziju, al naardat de tusschenwand *wel* of *niet* is aangebragt.

Voor het evenwigt betrekkelijk het draaijen om het mes is derhalve

$$\left.\begin{aligned} P\,b' &= \mathrm{P}' + \mathrm{G}\,\tfrac{s-g}{p} + 2\,\mathrm{F} \\ P\,b'' &= \mathrm{P}'' + \mathrm{G}\,\tfrac{s-g}{p} + 4\,\mathrm{F} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

en hieruit vindt men

$$\mathrm{F} = \frac{\mathrm{P}'\,b'' - \mathrm{P}''\,b'}{2\,(2\,b' - b'')} - \mathrm{G}\,.\,\frac{s-g}{p}\,.\,\frac{b'-b''}{2\,(2\,b'-b'')} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

$$P = \frac{(2\,\mathrm{P}' - \mathrm{P}'')\,p + \mathrm{G}\,(s-g)}{p\,(2\,b' - b'')} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

P' en P'' kunnen echter onmiddellijk uit het door waarneming gevondene gewigt P_1 berekend worden, wanneer men de wrijving tegen de rol kent. Dewijl de drukking tegen de tappen zeer nabij met P_1 evenredig is, zoo kunnen wij stellen

$$P = (1+k)\,\mathrm{P}_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

waarin k een getal beteekent, dat door middel van proeven bepaald is.

Na vervolgens dan P berekend te hebben, vindt men ook zeer gemakkelijk H en V.

De werkelijke horizontale drukking is $\mathrm{H}\,b\,h^2\,\gamma$ en de verticale $\mathrm{V}\,b\,h^2\,\gamma$, derhalve

$$P\,b\,p = \tfrac{1}{3}\,\mathrm{H}\,b\,h^3\,\gamma - \mathrm{V}\,b\,h^2\,s\,\gamma$$

of

$$P\,p = \tfrac{1}{3}\,\mathrm{H}\,h^3\,\gamma - \mathrm{V}\,h^2\,s\,\gamma. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

H verkrijgt men aanstonds door middel van proefnemingen, bij welke $s = 0$ is, namelijk:

$$\mathrm{H} = \frac{3\,P\,p}{h^3\,\gamma} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Na alzoo H bepaald te hebben, vindt men V uit proeven, waarbij s niet gelijk nul is, namelijk:

$$\mathrm{V} = \frac{\mathrm{H}\,h}{3\,s} - \frac{P\,p}{h^2\,s\,\gamma} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Volgens de theorie heeft men, zonder de wrijving tegen den wand in rekening te brengen,

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{D} &= 500\,\mathrm{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \\ \mathrm{H} &= \mathrm{D},\ \mathrm{V} = 0 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

en met inachtneming van de wrijving

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{D} &= 500\,.\,\frac{\sin\varphi}{\cos^2(\varphi+\varphi_1)}\left\{\sqrt{\frac{\cos\varphi_1}{\sin\varphi}} - \sqrt{\sin(\varphi+\varphi_1)}\right\}^2 \\ \mathrm{H} &= \mathrm{D}.\cos\varphi_1,\quad \mathrm{V} = \mathrm{D}.\sin\varphi_1 \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

3. *Voorloopige proeven.*

Er zijn in het geheel twee reeksen van proeven gedaan; bij de eerste lag de draaijingsas in het vlak der klep, bij de tweede 5 centimeters daar buiten. Zoo als boven gezegd is, werd het zand, na het volbrengen van de eerste reeks, gewasschen, waardoor zijn gewigt en de hoek van zijn natuurlijk talud een weinig werd veranderd.

a. *Hoek van het natuurlijk talud.* — Deze hoek werd bepaald door na het vullen van den bak de klep als eene schuif langzaam naar boven te trekken en alzoo te verwijderen, zoodat het zand gedeeltelijk uitstortte. Door vervolgens de hoogte en den aanleg van het talud, dat zich zoo vormde, te meten, vond men gemakkelijk de waarde van φ. Zes proeven van de eerste reeks gaven alle ten naastenbij

$$\mathrm{tg}\,\varphi = 0.672,\quad \varphi = 33^\circ\,54'$$

en evenzoo vier proeven der tweede reeks

$$\mathrm{tg}\,\varphi = 0.658,\quad \varphi = 33^\circ\,16'.$$

b. *Wrijving op de rol.* — Om deze te bepalen werden aan de over de rol loopende koord twee weegschalen gehangen en eerst even zwaar belast. Vervolgens liet men in de eene zoo lang zand loopen tot dat de beweging begon. Zij nu G het totale gewigt met inbegrip van het gewigt der rol en der koord en g het overgewigt, dan bedroeg G 0.5 tot 1.5 kilogram. Bij ongesmeerde tappen vond men $\frac{g}{\mathrm{G}} = 0.017$ tot 0.022 en voor de gemiddelde uit 11 proeven $= 0.0198$. Nadat de tappen met talk waren ingesmeerd, verkreeg men $\frac{g}{\mathrm{G}} = 0.019$ tot 0.023 en voor de gemiddelde uit 9 proeven $= 0.0213$.

De tappen hadden 0.25 centimeters en de rol 3 centimeters straal, derhalve is de wrijvingscoëfficiënt

$$\frac{3}{0.25}\,.\,\frac{g}{\mathrm{G}} = 12\,\frac{g}{\mathrm{G}},$$

dat is droog $= 0.238$, gesmeerd $= 0.256$ (1).

Bij de proeven zelven werden de tappen niet gesmeerd. Daar hierbij de rigting der koord 90 graden verandert, zoo is de drukking

(1) De wrijvingscoëfficient voor gesmeerde tappen wordt hooger opgegeven dan die voor drooge. Misschien zijn de opgaven bij vergissing verwisseld. (Red.)

op de tappen $\sqrt{2}$ maal de spanning der koord. De vermeerdering van de spanning, ten gevolge van de wrijving, is derhalve volgens het bovengevondene $0.0198\sqrt{2}$ maal de spanning der koord. De in (4) door k voorgestelde coëfficient is alzoo $k = 0.0198\sqrt{2}$, dat is:

$$k = 0.028.$$

c. *Wrijving van het zand tegen den wand.* — Om deze te bepalen, werd de klep op naauwkeurig horizontaal vlak gemaakt zand gelegd en met gewigten bezwaard. Vervolgens werd de weegschaal, welke aan de koord hing, die over de bovenbeschrevene rol liep, zooveel belast, dat de klep in beweging kwam (figuur 4). Ook hier werd de belasting uiterst langzaam vergroot door zand met eenen dunnen straal in de schaal te laten loopen. De belasting, met inbegrip van het gewigt der klep, bedroeg 1.5 tot 4 kilogrammen. Met inachtneming van de wrijving op de rol verkreeg men voor de eerste reeks van proeven $\mathrm{tg}\,\varphi_1 = 0.547$ tot 0.570 en voor de gemiddelde van zeven proeven

$$\mathrm{tg}\,\varphi_1 = 0.555,\quad \text{of}\quad \varphi_1 = 29^\circ\,2'.$$

Voor de tweede reeks vond men $\mathrm{tg}\,\varphi_1 = 0.584$ tot 0.594 en voor de gemiddelde uit zeven proeven

$$\mathrm{tg}\,\varphi_1 = 0.585\quad \text{of}\quad \varphi_1 = 30^\circ\,20'.$$

d. *Gewigt van het zand.* — Het gewigt van het zand werd naar 6 verschillende proeven der eerste en 23 verschillende proeven der tweede reeks bepaald. Telkens werd 1 liter gewogen. Voor de eerste reeks vond men $\gamma = 1.368$ tot 1.386 en gemiddeld

$$\gamma = 1.380$$

en voor de tweede reeks $\gamma = 1.412$ tot 1.451 en gemiddeld

$$\gamma = 1.431.$$

Het blijkt hieruit, dat door het wasschen van het zand het gewigt een weinig is toegenomen.

e. *Gewigt der klep.* — Voor de eerste reeks van proeven vond men

$$\mathrm{G} = 1.1057\ \text{kil.}$$

en voor de tweede was

$$\mathrm{G} = 1.0996.$$

f. *Metingen.* — Voor de noodige afmetingen vond men:

Eerste reeks.	Tweede reeks.
$b' = 0.4027$	$b' = 0.4018$
$b'' = 0.3910$	$b'' = 0.3896$
$h = 0.2512$	$h = 0.2528$
$g = 0.0198$	$g = 0.0200$
$p = 0.2694$	$p = 0.2715$
$s = 0.$	$s = 0.0528.$

4. *Eerste reeks van proeven* ($s = 0$).

Aanvankelijk mislukten de proeven wegens de slechte sluiting der klep. De uitkomsten, welke men verkreeg, nadat de voorvlakken van de zijwanden en de bodem des baks met flanel waren belegd, zijn de volgende:

N°.	Zonder tusschenschot.		N°.	Met tusschenschot.	
	P_1	P'		P_1	P''
6	1.133	1.164	14	0.985	1.013
5	1.142	1.174	13	0.989	1.017
3	1.168	1.200	11	1.005	1.033
2	1.181	1.214	10	1.007	1.035
7	1.182	1.215	12	1.021	1.050
1	1.195	1.228	8	1.024	1.053
4	1.217	1.251	9	1.031	1.060
(1) Gem.	1.174	1.207	Gemidd.	1.009	1.037

Substitueert men deze gemiddelde waarden van P' en P'' en de onder n°. 3 gevondene waarden van G, g, p, b', b'' en h in de vergelijkingen (1), zoo verkrijgt men:

$$0.4027\,P = 1.207 - 0.081 + 2\,\mathrm{F}$$
$$0.3940\,P = 1.037 - 0.081 + 4\,\mathrm{F}$$

of

$$0.4027\,P = 1.126 + 2\,\mathrm{F}$$
$$0.3940\,P = 0.956 + 4\,\mathrm{F}.$$

Daardoor wordt

$$\mathrm{F} = 0.067.$$

Door deze waarde geven de vergelijkingen (1) voor eene enkele proef

$$\left.\begin{aligned} P &= 2.483\,\mathrm{P}' + 0.132 \\ P &= 2.558\,\mathrm{P}'' + 0.478 \end{aligned}\right\}$$

Uit de vergelijking (6) volgt nu $\mathrm{H} = 36.947\,P$, dat is:

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{H} &= 92.74\,\mathrm{P}' + 4.88 \\ \mathrm{H} &= 94.51\,\mathrm{P}'' + 17.66 \end{aligned}\right\}$$

De theorie geeft voor $\varphi = 33^\circ\,54'$, $\varphi_1 = 24^\circ\,2'$, met verwaarloozing van de wrijving tegen wand $\mathrm{H} = 142.0$, met inachtneming van die wrijving $\mathrm{H} = 112.0$, volgens Hagen $\mathrm{H} = 86.3$.

In de volgende tafel vindt men de waarden van H, zoo als zij uit elke proef afzonderlijk berekend zijn, alsmede hare betrekkelijke afwijkingen van de theoretische uitkomsten.

N°.	H	Afwijking in procenten		
		zonder wrijving.	met wrijving.	volgens Hagen.
6	111.1	— 21.8	— 0.8	+ 22.3
14	112.3	— 20.9	+ 0.2	+ 23.3
5	112.3	— 20.9	+ 0.2	+ 23.3
13	112.6	— 20.7	+ 0.5	+ 23.4
11	114.2	— 19.6	+ 1.8	+ 24.4
10	114.3	— 19.5	+ 1.8	+ 24.5
3	114.4	— 19.4	+ 1.9	+ 24.6
2	115.7	— 18.5	+ 3.0	+ 25.4
12	115.8	— 18.4	+ 3.0	+ 25.5
7	115.8	— 18.4	+ 3.0	+ 25.5
8	116.0	— 18.3	+ 3.2	+ 25.6
9	116.7	— 17.8	+ 3.8	+ 26.0
1	117.0	— 17.6	+ 4.0	+ 26.2
4	119.1	— 16.1	+ 6.7	+ 27.6
Gemidd.	114.8	— 19.1	+ 2.3	+ 24.8

(1) In het oorspronkelijke worden de gemiddelden 1.167 en 1.201 opgegeven; ook de volgende uitkomsten zijn in deze vertaling eenigzins gewijzigd. (Vert.)

Volgens deze tafel derhalve is gemiddeld

$$H = 114.8$$

Hiervan wijkt de theoretische uitkomst voor het geval, waarin de wrijving tegen den wand in rekening gebragt wordt, het minst en wel slechts zeer weinig af.

5. *Tweede reeks van proeven* ($s = 5$ centimeters).

De tweede reeks van proeven, bij welke de messen, die de draaijingsas vormden, 5 centimeters of naauwkeuriger 0m.0528 van het vlak der klep verwijderd waren, gaf de volgende uitkomsten:

N°.	Zonder tusschenwand.		N°.	Met tusschenwand.	
	P_1	P′		P_1	P″
5	0.674	0.693	13	0.524	0.538
2	0.682	0.701	12	0.531	0.546
6	0.686	0.705	10	0.533	0.548
7	0.700	0.719	14	0.536	0.551
3	0.710	0.723	8	0.552	0.571
1	0.720	0.740	11	0.562	0.577
4	0.725	0.745	9	0.565	0.581
Gemidd.	0.700	0.718	Gemidd.	0.543	0.559

Volgens de vergelijkingen (1) wordt derhalve:

$$0.4018\,P = 0.718 + 0.133 + 2\,F$$
$$0.3896\,P = 0.559 + 0.133 + 4\,F$$

of

$$\left.\begin{aligned} 0.4018\,P &= 0.851 + 2\,F \\ 0.3896\,P &= 0.692 + 4\,F \end{aligned}\right\}$$

Hieruit vindt men

$$F = 0.065.$$

Door deze waarde in de vergelijkingen (1) te schrijven, verkrijgt men voor eene enkele proef

$$P = 2.489\,P' + 0.655$$
$$P = 2.567\,P'' + 1.009.$$

De gemiddelde horizontale drukking, welke men bij de eerste reeks van proeven verkreeg, was 114.8, de berekende was daarentegen 112.0. In het geval, dat wij nu behandelen, vindt men voor $\Phi = 33^\circ 16'$ en $\Phi_1 = 30^\circ 20'$ door berekening $H = 113.6$; gevolgelijk zal de werkelijke horizontale druk voor de tweede reeks van proeven vrij naauwkeurig $114.8 \times \frac{113.6}{112.0} = 116.4$ bedragen. Volgens de vergelijking (7) wordt derhalve

$$(1)\quad V = 185.77 - 56.206\,P$$

dat is:

$$\left.\begin{aligned} V &= 148.85 - 139.90\,P' \\ V &= 129.06 - 144.28\,P'' \end{aligned}\right\}$$

(1) De schrijver vindt

$$V = 192.91 - 57.173\,P$$

en

$$V = 155.63 - 142.30\,P'$$
$$V = 135.53 - 146.76\,P''$$

naar welke de volgende tafel derhalve is berekend.

In de volgende tafel vindt men de hiernaar berekende waarden van V bijeen.

N°.	V	N°.	V	N°.	V
4	49.62	3	52.75	6	55.21
9	50.26	7	53.32	2	55.88
1	50.33	14	54.11	13	56.68
11	50.85	12	54.85	5	57.02
8	51.73	10	55.20		
				Gemidd.	53.41

De theorie geeft voor $\Phi = 33^\circ 16'$, $\Phi_1 = 30^\circ 20'$, met verwaarloozing van de wrijving tegen den wand

$$D = 145.77,\quad H = 145.77,\quad V = 0$$

en met inachtneming van die wrijving

$$D = 131.57,\quad H = 113.56,\quad V = 66.45.$$

Het blijkt alzoo, dat, wanneer de wrijving in rekening gebragt wordt, de waarde van V, door de proeven verkregen, slechts 80.4 procent van de theoretische waarde bedraagt. Ofschoon nu de overeenstemming niet bijzonder gunstig is te noemen, zoo toonen de proefnemingen toch aan, dat de wrijving niet verwaarloosd mag worden.

Op grond van deze proeven zou men welligt bij de berekening van bekleedingsmuren de horizontale drukking H kunnen invoeren, zoo als zij door de theorie, met inachtneming der wrijving tegen den wand, gegeven wordt, en daarentegen van de theoretische waarde van V slechts 80 procent, derhalve 0.8 V nemen.

Wanneer men den hoek, dien de drukking van den grond met de normaal op het vlak van den wand maakt, door Φ_2 voorstelt, dan is

$$\operatorname{tg}\Phi_2 = \frac{V}{H} = \frac{53.4}{116.4} = 0.459 \text{ of } \Phi_2 = 24^\circ 39'$$

en daar $\operatorname{tg}\Phi_1 = 0.585$ is, zoo wordt $\operatorname{tg}\Phi_2 = 0.785\,\operatorname{tg}\Phi_1$ of ten naastenbij $\operatorname{tg}\Phi_2 = 0.8\,\operatorname{tg}\Phi_1$. Nemen wij in de theorie aan, dat de drukking van den grond deze rigting heeft; dat wil zeggen: schrijven wij in de formule (9) Φ_2 in plaats van Φ_1, zoo wordt $D = 129.2$, $H = 117.4$ en $V = 53.9$, terwijl de meting $H = 116.4$, $V = 53.4$ gaf. Het is alzoo welligt nog raadzamer bij de berekening van bekleedingsmuren aan te nemen, dat de drukking van den grond met de verticaal op het vlak van den wand niet den wrijvingshoek Φ_1 maakt, maar eenen hoek Φ_2, wiens tangens slechts gelijk aan $0.8\,\operatorname{tg}\Phi_1$ is.

Om deze zaak nog tot meerdere klaarheid te brengen, heb ik het voornemen om deze proefnemingen ook over andere aardsoorten uit te strekken en den invloed van de vochtigheid alsmede van den vorm des wands na te gaan.

6. *Wrijving tegen de zijwanden.*

Uit onze proeven kan eene formule afgeleid worden, waardoor men de wrijving tegen de zijwanden bij andere proefnemingen, als zij niet gemeten is, ten naastenbij kan berekenen.

Indien F_1 de wrijving tegen eenen zijwand van $\frac{1}{3}$ der hoogte van den wand voorstelt, dan is $F\,p = \frac{1}{3} F_1\,h$, dus $F_1 = \frac{3\,F\,p}{h}$, waarin F de door ons aangenomene beteekenis heeft. Bij de eerste reeks van proeven is alzoo $F = 0.2156$ (1) en bij de tweede reeks $F_1 = 0.2094$. De normale druk op een element van het vlak is met het gewigt der aardmassa en de diepte van het element onder het bovenvlak evenredig.

Dewijl nu hier de wrijving op eenen driehoek werkt, wiens inhoud met het kwadraat der hoogte evenredig is, zoo is F_1 steeds met het gewigt der aardmassa en de derde magt der hoogte evenredig. Onderstellen wij bovendien, dat deze wrijving met de tangens van den wrijvingshoek Φ_1 evenredig is, zoo is voor andere gevallen volgens de eerste reeks van proeven, waarbij $F_1 = 0.2156$, $h = 0.2512$, $\gamma = 1.380$ en $\operatorname{tg}\Phi_1 = 0.555$ was,

$$F_1 = 0.2156 \times \frac{h^3\,\gamma\,\operatorname{tg}\Phi_1}{0.2512^3 \times 1.380 \times 0.555} = 17.76\,h^3\,\gamma\,\operatorname{tg}\Phi_1$$

en volgens de tweede reeks, waar $F_1 = 0.2094$, $h = 0.2528$, $\gamma = 1.431$ en $\operatorname{tg}\Phi_1 = 0.585$ was,

$$F_1 = 0.2094 \times \frac{h^3\,\gamma\,\operatorname{tg}\Phi_1}{0.2528^3 \times 1.451 \times 0.585} = 15.27\,h^3\,\gamma\,\operatorname{tg}\Phi_1$$

alzoo gemiddeld

$$F_1 = 16.51\,h^3\,\gamma\,\operatorname{tg}\Phi_1. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

De waarde, waarmede de horizontale drukking van den grond H, voor 1 meter hoogte, 1 meter breedte en het gewigt van het zand, tegen 1 kilogram den liter gerekend, verminderd wordt, is derhalve

$$\frac{F_1}{b\,h^2\,\gamma} = 16.51\,\frac{h}{b}\,\operatorname{tg}\Phi_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

7. *Proeven van Martony de Köszegh.*

Martony de Köszegh heeft vier proeven met zand genomen. Hierbij was $h = 6$ oostenrijksche voeten $= 1.8967$ meter, $b = 3$ voeten $= 0.9483$ meter. Een kubiek voet zand woog 98.6 pond, derhalve 1 liter 1.748 kilogram. De gemetene horizontale drukking bedroeg 847, 819, 830, 707, alzoo gemiddeld 801 kilogrammen. De horizontale druk op den vierkanten meter, bij een gewigt van 1 kilogram den liter zand, wordt dan

$$H = \frac{801}{0.9483 \times 1.8967^2 \times 1.748} = 134.32.$$

Wanneer wij nu, ter bepaling van de wrijving tegen de zijwanden, bij gebrek aan eene meer naauwkeurige opgave, even als bij onze proeven $\operatorname{tg}\Phi_1 = 0.570$ als gemiddelde aannemen, dan wordt, volgens de formule (11), $\frac{F_1}{b\,h^2\,\gamma} = 16.22 \times 2 \times 0.570 = 18.49$. Voorts is dan, dewijl er twee zijwanden waren, naauwkeuriger $H = 134.31 - 2 \times 18.49 = 97.33$.

De theorie geeft met verwaarloozing van de wrijving tegen den wand $H = 124.30$ en met inachtneming daarvan $H = 98.26$. De laatste uitkomst stemt bijkans naauwkeurig met die van de proeven overeen.

(1) Ten gevolge van de vorige fout heeft de schrijver 0.2059 en vindt daardoor ook de volgende waarden van F_1, eenigzins anders.

OVER DE AANWENDING VAN IJZER IN DEN SCHEEPSBOUW, DOOR W. FAIRBAIRN (1).

(*The Civil Engineer and Architect's Journal*, December 1864, p. 343, en January 1865, p. 15.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.).

(Plaat 2, figuren 5—14.)

Van de vroegste tijden der geschiedenis tot den tegenwoordigen toestand van hooge beschaving aanschouwen wij eene lange en belangwekkende reeks van verbeteringen in het vervaardigen van oorlogstuig. In zijn' wilden staat maakte de mensch werktuigen tot verdediging zoowel als tot den aanval. Tomahawks (bijlen), speren en pijlen van hout, met punten van steen of been, werden het eerst gebezigd. Naarmate hij in beschaving toenam en met de metalen bekend werd, begon hij deze ruw te smelten en hun gebruik uit te strekken zoowel voor vredelievende als voor oorlogszuchtige doeleinden. Hij bevond, dat het aanwenden van hitte op de ijzerertsen eene half-vloeibare of weeke massa voortbragt, die onder aanhoudende slagen den vereischten vorm kon aannemen tot voorziening in zijne behoeften. Op deze wijze maakten de eerste ijzerwerkers — de Tubal Kaïns van vroeger dagen — wapenen voor aanval en verdediging. Ongetwijfeld moesten zij spoedig bevinden, toen eenmaal die ontdekking gedaan was, dat het ijzer onder verschillende warmtegraden en onder verschillende voorwaarden van tijd en van de hitte, waaraan het was blootgesteld, verschilde in hardheid, weekheid enz., en, zonder eenige kennis aan koolstofverbindingen, zuurstof, enz. (de vrucht van den nieuweren tijd), werden zij later gewaar, dat een zeker proces onder deze voorwaarden staal gaf; waarvan de beroemde wapens, als «Damaskus-klingen» bekend werden gemaakt.

Van deze eerste schreden der kunst tot het midden van de vorige eeuw hebben wij weinig te roemen op vorderingen in het voortbrengen van ijzer en staal. Wel werd er in deze lange tijdsruimte iets gedaan, maar wij vinden geen spoor van eenige gewigtige verbetering vóór 1784, toen Cort den puddel- (roer- of vlam-) oven en het pletten (*to roll*) van plaat- en staafijzer uitvond. Gehamerde ijzeren platen werden nu en dan gemaakt, maar zelden gebruikt, tenzij voor bijzondere oogmerken, en eerst na de invoering van de pletrollen kon men op beduidende schaal gewalste platen verkrijgen. Te dien tijde en nog vele jaren daarna werd er weinig of niets gedaan om de bewerking van ijzer aan te moedigen, maar het pletten vereenvoudigde den arbeid en bragt reeds groot gemak in het bereiden van dit belangrijk handels-artikel. Gewalste platen werden het eerst gebezigd voor het maken van ketels, en die van den hooiberg-vorm werden reeds in 1786 vervaardigd en voornamelijk gebruikt om stoom te maken voor de Cornwallische atmosferische pompwerktuigen en die in de kolenmijnen van Northumberland en Durham. Later, of omstreeks denzelfden tijd, voerde Watt den wagenvormigen ketel voor zijn werktuig (*reciprocating sun-and-planet wheel engine*) in, maar wij vinden geene sporen van ijzeren booten of schepen vóór Cort en Watt.

Zeer vermoedelijk was het in het begin van de tegenwoordige eeuw, dat de eerste aanbouw van ijzeren kanaalbooten plaats vond, en wij vinden melding van haar aanzijn in Staffordshire

(1) Voorgelezen in *the Society of Arts*.

omstreeks het jaar 1812 of 1813. Sedert dien tijd tot heden zijn ijzeren booten met goed gevolg op kanalen gebezigd geworden.

Van 1812 tot 1822 was er — om eene gewone uitdrukking te bezigen — eene tusschenregering in den vooruitgang, en wij vernemen niets van ijzer als bouwstof voor schepen, tot dat de Horsely Company den *Aaron Manby* bouwde, die in gedeelten naar Londen werd gezonden, in een der dokken weder ineengezet werd en onder wijlen den admiraal Napier naar Havre en Parijs voer.

Het liet zich denken, dat de gunstige uitslag van den *Aaron Manby* het streven in dezelfde rigting zou hebben aangemoedigd, maar gewigtige ontdekkingen vorderen, gelijk alles wat groot is, geruimen tijd tot rijpen, en er volgde een nieuw tijdperk van stilstand van 1822 tot 1829, toen de heer Houston uit Johnstone, nabij Paisley, de nieuwe ontdekking deed, dat eene ligte boot, door twee paarden getrokken, genoeg vermogen bezat om passagiers op een kanaal te vervoeren met eene snelheid van 9 tot 10 engelsche mijlen in het uur. Deze ontdekking werd gedaan, toen gelijktijdig onverwacht een nieuw tijdvak in de geschiedenis van het vervoer langs spoorwegen aanbrak en proeven met locomotieven te Rainhill werden genomen. De uitkomsten van deze proeftogten baarden onrust in de gemoederen van alle kanaaleigenaren in het koningrijk. Zij werden beangst omtrent hun eigendom, en de snelheid van tien mijlen in het uur, door den heer Houston met zijne sloep bereikt, was de eenige kans, die hun overbleef om met eenigzins gunstigen uitslag de onrustbarende en magtige mededinging van de locomotief het hoofd te bieden.

De zaken stonden aldus toen de gouverneur en de raad van het Forth- en Clyde-kanaal den schrijver eene reeks van proeven deden nemen omtrent de wetten van de trekkracht en de oorzaak opsporen van het gemis van deining bij groote snelheid op kanalen. Deze proeven waren belangwekkend en beslissend, en het verslag werd kort daarna openbaar gemaakt, op verzoek van den gouverneur en den raad van de Forth- en Clyde-kanaalmaatschappij.

In dit rapport zal men een uitvoerig verslag van de proefnemingen vinden, ook van de gevolgtrekkingen en aanbevelingen, waartoe men gekomen is, waaronder voornamelijk de invoering van ijzeren schepen en stoomkracht volgens het beginsel der locomotieven, tot vervanging van paarden. Volgens dezen wenk werden vier stoomschepen te Manchester gebouwd, waaronder een met het rad in het midden, en een ander, *the Lord Dundas*, met de raderen in het slemphout (? *dead wood*) van den achtersteven. Het eerste was slechts als proef gebouwd, maar het tweede voer verscheidene jaren tot vervoer van personen tusschen Port Dundas en Sluis 16. Gelijktijdig met deze vaartuigen werd een grooter ijzeren schip, 84 voeten (26 meters) lang, 14 voeten (4m.27) breed, ook te Manchester gebouwd (in 1831), en voer door de sluizen van de Mersey en Irwell naar Liverpool, en vandaar naar Greenock. Dit was het tweede ijzeren schip, dat zee bouwde, indien wij de ligte boot *Lord Dundas* uitzonderen, die in het vorige jaar eveneens de reis van Liverpool naar Glasgow maakte. De naam van dit schip was de *Manchester*, en gedurende vele jaren werd het als kustvaarder gebezigd voor het vervoer van personen en goederen tusschen Port Dundas, Grangemouth en Dundee.

In denzelfden tijd waren de heeren John en McGregor Laird betrokken in gelijksoortige ondernemingen op de iersche kanalen en ooggetuigen van de meeste proefnemingen met ligte booten op de Irwell. Deze booten werden te Birkenhead gebouwd en in gedeelten naar Ierland gezonden. Omstreeks dezen tijd of kort na de indienststelling van de Manchester-booten op het Forth- en Clyde-kanaal, bouwden de heeren Laird de *Alburka*, een klein ijzeren schip, dat met de (landers) en den heer McGregor Laird naar Afrika zeilde tot onderzoek van den Niger. Al deze schepen bevestigden de voortreffelijkheid van ijzer boven hout als bouwstof voor schepen, en wij behoeven slechts te wijzen op het veelvuldig gebruik en de ontzettende toeneming in de aanwending, niet alleen in dit land, maar bij elke zeemogendheid van den aardbol, om overtuigd te worden van het gezonde gronddenkbeeld en de groote voortreffelijkheid van het ijzeren schip.

Na in het kort den oorsprong en de achtereenvolgende verbeteringen van den ijzeren scheepsbouw te hebben vermeld, is het voor den scheepsbouwmeester van belang, alle mogelijke inlichtingen te hebben, en hebben wij omtrent dit zeer gewigtige onderwerp de aandacht te vestigen op: (1)

1. de sterkte van platen, als zij vaneen gescheurd worden door eene regtstreeksche uitrekkende kracht in de rigting van de vezel zoowel als dwars op die rigting;

2. de sterkte der verbindingen van platen, als zij door klinkbouten vereenigd zijn, vergeleken met de sterkte van de platen zelve;

3. den wederstand van platen van verschillenden vorm tegen zamendrukking;

4. de verdeeling, sterkte en waarde van gesmeed ijzeren platen en geraamten voor schepen en kleinere vaartuigen.

1. *Omtrent de sterkte van platen, die vaneen gereten werden in de rigting van de vezel, zoowel als dwars op die rigting*, werden de volgende uitkomsten verkregen:

TAFEL I.

Onschrijving van de platen.	Gemiddeld verbrekingsgewigt in de rigting der vezel, in tonnen per vierkanten engelschen duim (langdraads).	Gemiddeld verbrekingsgewigt dwars op de rigting der vezel, in tonnen per vierkanten engelschen duim (dwarsdraads).
Yorkshire platen . .	25.770	27.490
Yorkshire platen . .	22.760	26.037
Derbyshire platen .	21.680	18.650
Shropshire platen .	22.826	22.000
Staffordshire platen	19.563	21.010
Gemiddelde . .	22.519	23.037

Uit het bovenstaande volgt, dat de gemiddelde sterkte van platen ongeveer 22½ ton op den vierkanten engelschen duim is (3544 kilogrammen per vierkanten centimeter); het maximum is bij de Yorkshire-, het minimum bij de Staffordshire-platen.

Het zoude niet opgaan platen op ééne lijn te stellen met staafijzer van dezelfde hoedanigheid, dewijl staafijzer meer uitgerekt en tot vezels gevormd wordt onder de pletrollen dan hetzelfde materiaal als het tot platen wordt bereid; wij kunnen evenwel platen vergelijken met staven, waaromtrent wijlen de heer Telford

(1) Zie *Uittreksels* 1863—1864, blz. 74. (Vert.)

proeven nam vóór den bouw van de Menai-hangbrug, die uit negen bundels gewelde monsters, gekozen uit Zweedsch-, Wallisch- en Staffordshire-ijzer, 29.25 tonnen per vierkanten engelschen duim voor den wederstand tegen uitrekking verkreeg.

Als men dit vergelijkt met de sterkte van staafijzer der beste hoedanigheid, en in aanmerking neemt, dat dit laatste meer geplet en tot vezels gevormd is dan platen, is het verschil in sterkte niet zoo groot als verwacht mogt worden, en bedraagt de verhouding slechts 29:23 of nagenoeg 1:0.8.

Platen van gewone bereiding, zooals voor scheepsbouw, overschrijden zelden 20 tonnen per vierkanten engelschen duim (3140 kilogrammen per vierkanten centimeter). Ongelukkig zijn vele aanmerkelijk beneden deze grens, maar in geen geval moet men eenige plaat voor een zeeschip dulden met minder wederstandsvermogen tegen uitrekking dan 20 tot 22 tonnen per vierkanten engelschen duim. Kleine schepen, zooals booten voor kanalen en rivieren, mogen het wagen met materiaal van mindere hoedanigheid, maar toch is er evenmin besparing als veiligheid en duurzaamheid te vinden in het gebruik van slechte bouwstoffen.

Kapitein Brown's proeven tot hetzelfde doel gaven	25	tonnen per vierk. eng. duim
Minord en Desame's	25	» » » » »
Yorkshire platen	24.50	» » » » »
Shropshire »	22.82	» » » » »
Derbyshire »	21.68	» » » » »
Staffordshire »	20.32	» » » » »
Gemiddelde sterkte van platen.	23.22	» » » » »

of 3657 kilogrammen per vierkanten centimeter.

Rekbaarheid, *smeedbaarheid*, enz. — Wij hebben reeds aangestipt, dat rekbaarheid eene eigenschap van hooge waarde bij het ijzer is, en wij mogen er bijvoegen, dat zij dit in nog hoogere mate wordt als zij met vastheid gepaard gaat; inderdaad is de rekbaarheid of taaiheid de ware maatstaf voor sterkte en praktisch nut. Dewijl deze eigenschappen van groot gewigt zijn bij de vervaardiging van het ijzer, kan het nuttig zijn eenige weinige voorbeelden te geven, afgeleid uit onlangs genomen proeven, die het beginsel in het licht stellen, waarop men aanneemt, dat goed ijzer zwicht en verzwakt wordt onder de werking van krachten, die het in de rigting van de vezel uitrekken.

Het is vermeld geworden, dat ijzer, gelijk de meeste andere metalen, rekbaar van aard is. In dit opzigt evenwel staat het achter bij goud, zilver en platina, maar boven koper, zink en tin, en verdient boven al deze metalen de voorkeur wegens zijne vastheid, waaraan het zijn gebruik als bouwstof en zijne waarde als handelsartikel te danken heeft. Het ijzer is daarom van onschatbare waarde, en, daar het eigenschappen als de genoemde vereenigt, wordt het een van de belangrijkste en nuttigste metalen.

De volgende uitkomsten van proeven werden afgeleid uit zeven verschillende dikten van plaatijzer, afkomstig van vier verschillende firma's, en gemerkt A, B, C en D:

A. Zes monsters van ijzeren platen (gehamerd).

B. Zeven monsters.

C. Zeven monsters gelijkslachtig (homogeneous) ijzer.

D. Zeven monsters gewalst ijzer.

Al deze monsters werden door uitrekking in de rigting van de lengte vaneen gereten. De uitkomsten zijn in het volgende overzigt vervat:

TAFEL II.

Gemiddeld uitrekkingsvermogen van elke reeks platen. Vastheidsmodul.

Benaderde dikte van de platen in engelsche duimen.	Brekingsgewigt per vierk. engelschen duim, bij uitrekking. A platen.	B platen.	C platen.	D platen.	Gemiddelde in tonnen.
	tonnen	tonnen	tonnen	tonnen	
Dunne platen ¼	24.334	24.167	30.703	17.470	24.171
Dunne platen ½	25.750	23.220	33.694	11.055	23.430
Dunne platen ¾	—	29.432	30.913	26.473	—
Dikke platen 1½	24.158	22.299	26.197	25.158	24.453
Dikke platen 2	25.348	23.657	27.038	24.634	25.169
Dikke platen 2½	24.110	23.921	27.506	22.732	24.569
Dikke platen 3	25.039	23.540	27.386	24.159	25.031
Gemiddelde der dunne platen	25.047	25.606	31.770	18.333	—
Gemiddelde der dikke platen	24.644	23.354	27.032	24.171	—
Gemiddelde van al de platen	24.792	24.319	29.063	21.669	—

De dunne platen volgen elkander in sterkte aldus op: 1) C, 2) B, 3) A, 4) D. Bij de dikkere platen is de volgorde aldus: 1) C, 2) A, 3) D, 4) B. Het gemiddelde van al de platen geeft deze reeks: 1) C, 2) A, 3) B, 4) D.

De gelijkslachtige stalen (*homogeneous*) platen vertoonen steeds de grootste vastheid, die evenwel afneemt naarmate de platen dikker zijn. Van de platen zijn die gemerkt A onderling het meest gelijk in sterkte en bedraagt het verschil tusschen de uitersten slechts 1.64 ton, bij de B-platen beloopt dit 7.133 tonnen en de D-platen 14.103 tonnen, maar die van deze reeks, welke ¼ en ½ engelsche duim dik waren, schijnen onder de bereiding gebarsten of beschadigd te zijn geworden.

Als wij de gemiddelden in de laatste kolom nemen, zien wij, dat er in doorslag geene groote afwisseling heerscht tusschen de dikkere en dunnere platen. Het verschil tusschen de uiterste dezer gemiddelden is 1.74 ton. Indien wij deze gemiddelden [van de dikke platen] vergelijken met de overeenkomstige gemiddelde digtheid, is er eene blijkbare overeenstemming:

	Digtheid.	Vastheid.
1½ duims-platen.	7.7471	24.453
2 »	7.7684	25.169
2½ «	7.7660	24.569
3 »	7.7666	25.031

Hier nemen digtheid en vastheid hand aan hand toe en af. In het algemeen zal dezelfde overeenstemming gevonden worden in elk bijzonder geval, maar bij de D-platen heeft eene uitzondering plaats. Als men in aanmerking neemt, dat het monster, gekozen tot bepaling van het soortelijk gewigt, afgehakt werd op 10 engelsche duimen afstands van de breuk, veroorzaakt door de uitrekking, is de overeenstemming al zeer treffend. De onderlinge

vergelijking gaat ook, met slechts ééne uitzondering, door, als wij de gemiddelden nemen van platen uit dezelfde fabriek.

	Digtheid.	Vastheid.
A-platen	7.8083	24.644
B »	7.7035	23.354
C »	7.9042	27.032
D »	7.6322	24.171

TAFEL III.

Overzigt van de uiterste uitrekking per lengte-eenheid.

Benaderde dikte van de platen in engelsche duimen.		Uiterste uitrekking per lengte-eenheid. A platen.	B platen.	C platen.	D platen.	Gemiddelden.
Dunne platen	¼	0.0620	0.0300	0.2560	0.0080	0.0890(1)
	½	0.0760	0.0400	0.1000	0.0111	0.0568
	¾	—	0.1000	0.2080	0.0400	0.1160
Dikke platen	1½	0.1763	0.1462	0.1925	0.1925	0.1769
	2	0.3050	0.2525	0.3450	0.1788	0.2703
	2½	0.2880	0.3200	0.2950	0.1600	0.2658
	3	0.3200	0.2650	0.2575	0.2333	0.2689
Gemiddelde der dunne platen		0.690 (?0.0710)	0.0566	0.1880	0.0197	—
Gemiddelde der dikke platen		0.2723	0.2459	0.2725	0.1913	—
Gemiddelde van al de platen		0.2046 (?0.2052)	0.1650	02363	0.1176	—

Als men bij vergelijking met tafel II de platen van gelijke dikte beschouwt, ziet men nagenoeg gelijke verhouding tusschen de kolommen onderling; let men daarentegen op de cijfers van ééne en dezelfde kolom der tafel III, zoo blijkt, dat de uiterste uitrekking toeneemt naarmate de platen dikker worden, terwijl geene wet van dien aard bij de gemiddelde vastheid merkbaar is.

De heer Mallet heeft bij deze soort van onderzoekingen een nieuwen coëfficient van sterkte van zeer groot gewigt ingevoerd, namelijk den dynamischen weerstand tegen breking, of den arbeid in voetponden, verrigt bij het breken van het materiaal. Deze kan met genoegzame naauwkeurigheid geschat worden door het brekingsgewigt in ponden te vermenigvuldigen met het cijfer van de helft der uiterste uitrekking, als wanneer men de uitkomsten van tafel IV verkrijgt.

Het zal de aandacht trekken, dat de getallen voor de dunnere platen onderling zeer verschillen, ten gevolge van de groote afwisselingen in de waarde van de uiterste uitrekking bij deze platen. Deze onregelmatigheid zoude ontweken zijn geworden, als van elke soort verscheidene monsters de proef hadden doorgestaan, of nog beter, als de monsters zoo lang waren geweest, dat de uitrekking van eene veel grootere uitgestrektheid metaal had kunnen worden nagegaan. De uitkomsten, verkregen bij dikkere platen met volkomen gelijkvormige ronde staven, komen elkander meer nabij.

(1) Is er eenige nuttige, ja zelfs redelijke, gevolgtrekking te maken, als men het gemiddelde neemt van vier cijfers, waarvan het grootste 31 malen het kleinste overtreft? (Vert.)

Als men dit in de gedachte houdt, vertoont de tafel verscheidene merkwaardige uitkomsten. Als men in de eerste plaats de gemiddelden van platen van gelijke dikte beschouwt, blijkt het dat de dynamische weerstand evenredig toeneemt met die dikten; werkelijk wijzen de dikke platen op een' weerstand, 2½ maal zoo groot als dien van de dunne. De eenige uitzondering op deze algemeene wet is de homogene (gelijkslachtige) ¼-duims-plaat, die zeer week was.

TAFEL IV.

Mallet's coëfficient of arbeid, verrigt tot het breken, overeenkomende met den weerstand tegen den schok.

Benaderde dikte der platen in engelsche duimen.		Voet-ponden arbeid tot breken. A platen.	B platen.	C platen	D platen.	Gemiddelden.
Dunne	¼	1 690.5	812.0	8 802.7	156.5	2 865.4
	½	2 191.8	1 040.2	3 773.7	137.4	1 785.8
	¾	—	3 296.5	7 201.5	1 186.0	3 895.0
Dikke	1½	4 767.5	3 651.3	5 648.0	5 424.0	4 872.7
	2	8 659.0	6 690.2	10 448.0	4 933.1	7 682.6
	2½	7 776.8	8 573.4	9 087.2	4 073.7	7 377.7
	3	8 973.7	6 987.0	7 878.0	6 312.7	7 787.8
Gemiddelde van dunne		1 941.1	1 716.2	6 592.6	493.3	—
Gemiddelde van dikke		7 544.2	6 475.5	8 265.3	5 185.9	—
Gemiddelde van alle platen. .		5 676.6	4 435.8	8 806.5	3 174.8	—

In de tweede plaats valt op te merken, dat de toeneming van dynamischen weerstand bij meerdere dikte in sterker verhouding plaats heeft bij de ijzeren platen dan bij de gelijkslachtige stalen platen (? homogeneous metal), gelijk hieronder nader te zien is.

Omschrijving van de platen.		Dunne platen voet-ponden.	Dikke platen voet-ponden.	Verhouding.
A-platen	ijzeren	1941.1	7544.2	1 tot 3.82
B »	ijzeren	1716.2	6475.5	1 » 3.77
D »	ijzeren	493.3	5185.9	1 » 10.52
C »	stalen	6592.6	8265.3	1 » 1.25

Hieruit blijkt de voortreffelijkheid van het staal (?) boven ijzer bij dunne platen, die meer en meer afneemt naarmate de platen in dikte toenemen. Als wij de beste onder de ijzeren platen, namelijk de reeks A, tot vergelijking nemen, dan hebben wij de volgende verhouding tusschen ijzer en staal:

Dikte in eng. duimen.	A-platen voet-ponden.	C-platen voet-ponden.	Verhouding tusschen de dynamische wederstanden.
¼ duim	1690.5	8202.7	1 : 5.21
½ »	2191.8	3773.7	1 : 1.72
¾ »	»	7201.5	»
1½ »	4767.5	5648.0	1 : 1.19
2 »	8659.0	10448.0	1 : 1.20
2½ »	7776.8	9087.2	1 : 1.17
3 »	8973.7	7878.0	1 : 0.88

Wij zien uit deze tafel, dat de verhouding afneemt van 1 : 5.21 tot 1 : 0.88, dus, dat de arbeid tot verbreking van ¼ duims-platen vijfmalen zoo groot is bij staal als bij ijzer, maar deze voortreffelijkheid neemt af, en bij 3 duims-platen is de weerstand van het ijzer 12 ten honderd grooter dan van het staal. Deze uitkomst stemt overeen met de uitkomsten, verkregen bij de artillerie-proeven (1). Indien wij alzoo het gemiddelde nemen tusschen de dunste plaat, die het projectiel van een gegeven gewigt weerstond, en de dikste, die er mede doorboord werd, als het maximum der diepte van indringing van dat projectiel, verkrijgen wij uit de proeven te Shoeburyness de volgende uitkomsten:

Getrokken geschut.	Gewigt van het projectiel in engelsche ponden. ?	Geringste dikte in engelsche duimen, die het schot zoude weerstaan. A platen. (2)	C platen.	Verhouding van den weerstand bij platen van gelijke dikte.
Vestinggeschut	0.344	0.87	1.62	1 : 1.97
Armstrong . . .	6.25	1.25	1.15	1 : 1.18
» . . .	11.56	1.75	1.75	1 : 1.00
» . . .	24.81	2.25	2.50	1 : 0.84

De uitkomsten in deze tafel zijn slechts ruw benaderend, maar zij toonen toch een afnemenden wederstand in de C platen, vergeleken met de A platen. De uitkomsten der laatste kolom stemmen treffend overeen met die in de voorgaande tafel, als men platen van gelijke dikte vergelijkt. Als men de tafel IV omtrent Mallet's coëfficiënt vergelijkt met de soortelijke gewigten, dan is er gelijke overeenstemming waar te nemen als die, welke opgemerkt werd bij het brekingsgewigt ingeval van uitrekking. Wederom grijpen de uitzonderingen plaats in dezelfde reeks, namelijk bij de D platen. Onder de ijzeren platen van verschillende fabrikanten vertoont de reeks A doorgaande den grootsten dynamischen weerstand. Daarnaast komen de gehamerde B platen in aanmerking en het laatst de geplette reeks D. Als wij de dikkere platen beschouwen, die de naauwkeurigste uitkomsten geven, en de ijzeren platen van de reeks A tot maatstaf van vergelijking bezigen, dan krijgen wij de volgende verhouding tusschen de dynamische weerstanden:

A platen	1 000
B »	858
C »	1 095
D »	688

Het maximum-verschil bedraagt 41 ten honderd tusschen A en C en 31 ten honderd tusschen A en D.

Bij het bovenstaande uittreksel van het «*verslag van het speciale comité voor het ijzer*» kunnen wij nog de uitkomsten van eenige proeven voegen omtrent den weerstand tegen uitrekking, eenige jaren geleden te Woolwich genomen, onder leiding van den heer Lloyd, inspecteur van de werktuigen. Aan dezen heer danken wij de mededeeling van de volgende uitkomsten:

(1) Zie Fairbairn, *Experimental Researches*, 1*st Report of the Special Committee on Iron.*

(2) Is hier niet te denken aan eene schrijffout? Mij dunkt, dat in de 3de kolom bedoeld worden C platen en in de vierde A platen. (Vert.)

TAFEL V.

Overzigt van uitkomsten omtrent de sterkte van staven.

Lengte der staaf, in engelsche duimen.	Middellijn der staaf, in engelsche duimen.	Brekingsgewigt in tonnen.	Uitrekking in engelsche duimen.	Uitrekking per lengte-eenheid.
120	1.375	32.210	26.0	0.216
42	1.375	32.125	9.8	0.233
36	1.375	32.350	8.8	0.244
24	1.375	32.000	6.2	0.258
10	1 375	32 290	4.2	0.420

Bij eene andere reeks proeven werd bevonden, dat de aanhoudende spanning tot een bedrag van drievierden van het brekingsgewigt geene uitwerking op de staven had, en dat zij zonder schade voor de kracht van zamenhang, waardoor de deeltjes waren vereenigd, onbepaald had kunnen worden voortgezet. Deze feiten, in der tijd reeds buitengewoon belangrijk, zijn sedert met zorg onderzocht geworden, en daar wij er in het vervolg naar moeten verwijzen, zal het voor ons tegenwoordig doel genoeg zijn te wijzen op de rekbaarheid van het ijzer, waardoor de staven eene uitrekking doorstonden, grooter dan die van de meeste ijzersoorten.

Het blijkt uit tafel V, dat de verhouding der uitrekking van gesmeed-ijzeren staven toeneemt met de afneming van hare lengte; terwijl dus eene staaf van 120 engelsche duimen lengte eene uitrekking heeft van 0.216 duim per lengte-eenheid, heeft eene staaf van 10 duimen lengte eene uitrekking van 0.420 duim per lengte-eenheid of bijna het dubbel van de eerste. De verhouding tusschen de lengte van eene staaf en hare maximum-uitrekking per lengte-eenheid laat zich uitdrukken door de volgende formule:

$$l = 0.18 + \frac{2.5}{L},$$

waarin L de lengte van de staaf [in engelsche duimen] voorstelt en l de uitrekking per lengte-eenheid van de staaf. Deze uitkomsten zijn van eenige waarde, omdat zij de weekheid van gesmeed ijzer bij lagen warmtegraad aantoonen en tevens de in hooge mate toegenomen sterkte, die zij in geval van spanning vertoont bij verminderde dwarsdoorsnede.

2. *Over de sterkte der verbindingen van aaneengeklonken platen, vergeleken met de sterkte van de platen zelven.* — Om de feiten na te gaan en om aan te toonen, hoe de natuur in dit opzigt werkt, zijn wij verpligt de toevlugt te nemen tot den ouden maar zekeren weg der proefneming. Dit scheen mij de eenige zekere methode toe om bij physische nasporingen tot de waarheid te geraken. Terwijl wij alzoo dit middel aangrijpen, zal het noodig zijn te doen uitkomen, wat duidelijk is voor iederen waarnemer, gemeenzaam met mechanische bewerkingen, dat het bij de vereeniging van platen wenschelijk is de verbindingen zoo te maken alsof de platen eene enkele, gelijkslachtige massa vormden. Het

zoude, bijvoorbeeld, wenschelijk zijn, dat er in den buitensten wand van onze schepen geene openingen volgens de lengte in de platen of voegen waren, maar dit kan niet verkregen worden door solderen, en wij moeten dus hier de toevlugt nemen tot bouten of klinkbouten. Het is bevonden, dat het laatste middel verreweg het beste en duurzaamste is, daar de klinkbouten gewoonlijk gloeijend aangebragt en in de voor hunne ontvangst bestemde gaten met den hamer gedreven, of, wat bepaald verkieslijk is, door het klinkwerktuig zaamgedrukt worden. Een goede klinkbout vereischt aan elk eind een' kop, gelijk een bout en moer, maar met dit verschil, dat de klinkbout, met zorg ingebragt, een deel van de plaat wordt, en bij behoorlijke verhouding van grootte en aantal, gelijk in sterkte is aan de plaat zelve, verminderd met het gedeelte, dat door de klinkbouten uitgeponst is. Het is daarom wenschelijk in elk geval, waarin platen verbonden moeten worden, ze door klinkbouten te vereenigen.

In den scheepsbouw en in elke andere zamenstelling, waar gesmeed ijzeren platen de voornaamste bouwstof uitmaken, is het noodzakelijk, dat dit gedeelte van het onderzoek zoo helder en duidelijk mogelijk zij. Het is daarom hoogst wenschelijk, dat het vraagstuk grondig wordt onderzocht, en dat allen, die betrokken zijn in zamenstellingen van dezen aard, zich doordringen van zijn gewigt, niet alleen wat de vermeerdering van kennis betreft, maar ook de zware verantwoordelijkheid voor werken, waarvan levens en eigendom van de natie en van bijzondere personen afhangen. Met zulk eene opvatting van mijne taak mag ik het wagen den ingenieur en scheepsbouwmeester de uitkomsten van proeven mede te deelen, die van tijd tot tijd en sinds eene lange reeks van jaren mijne aandacht hebben bezig gehouden. Als wij platen door klinkbouten vereenigen, hebben wij in de eerste plaats te letten op:

Het ponsen. — Dit maakt een zeer gewigtig deel van den scheepsbouw uit. Ten eerste moeten de gaten schoon en zuiver gevormd zijn, en wel door een volkomen stalen ponswerktuig; ten tweede moeten de gaten vlak in de platen, wanneer deze aaneen gevoegd worden, met elkander overeenkomen, een gemeenschappelijk middenpunt hebben en elkander bedekken. Om dit te bereiken is het wenschelijk het ponsen, zoo mogelijk, te verrigten met een zelfregelend werktuig, maar als dit niet te verkrijgen is, moet de grootste zorg gedragen worden door den werkman, dat de gaten met elkander overeenstemmen en niet *half blind* zijn, gelijk men in de praktijk zegt, of bijna geheel blind, wat bij ruw onvolkomen werk maar al te dikwijls plaats grijpt.

Het is zeer te betreuren, dat er niet meer aandacht gewijd wordt aan dezen arbeid, dewijl onnaauwkeurig ponsen zeer nadeelig voor de platen is; en niets is schadelijker voor de zekerheid en digtheid der voegen dan slecht klinken. Het middel tegen gebrek aan overeenstemming, gewoonlijk door de werklieden aangewend, is het drijven door beide gaten van eene spitse stalen pin of prop, die de plaat in elke rigting wringt en scheurt, en opdat zij zouden gehoorzamen aan de aanwending van physieke kracht, aangebragt door een' moker in de handen van iemand, wiens spierontwikkeling verreweg de overhand heeft boven de oefening van het denkvermogen, worden de gaten verwijd en sluit de klinkbout zeer onvolkomen onder een' scheeven hoek met het vlak van de plaat. Deze wijze van werken kan niet genoeg veroordeeld worden en schijnt het krachtigste argument tegen het ponsen te zijn. Sommige ingenieurs dringen er op aan, tot vermijding van dit kwaad, de gaten in de platen te boren, maar, naar ons oordeel, leent zich dit stelsel beter voor bouten dan voor klinkbouten, dewijl de boor een volmaakt cilindrisch gat vormt, dat nimmer zoo doelmatig en veilig is als het geponste, daar dit niet naauwkeurig cilindrisch of evenwijdig of glad is, maar een afgeknotte kegel, waaruit de digter verbinding volgt en de bout met de plaat meer één ligchaam wordt. Het zal niet noodig zijn te dezer plaatse de wet te bepalen, waardoor deze bijzondere vorm beheerscht wordt; het zij voldoende aan te teekenen, dat de middellijn van de pons staat tot die van het gat in het ondervlak van het ponswerktuig als 1 : 1.15 of 1 : 1.20 voor gewoon werk, en wij krijgen dus een gat in de plaat met schuinsche wanden, waarvan de hoeken afwisselen in verhouding tot de dikte der platen, wat, bij overeenstemming van de gaten, eene volmaakte klinking geeft.

Deze vorm nu is niet schadelijk maar integendeel van groote waarde, wat de sterkte der platen betreft, dewijl de kegelvorm der gaten beantwoordt aan een' verzonken kop van den bout aan elk einde. Die vorm is vooral zeer voordeelig bij den scheepsbouw, waar de klinkbouten aan den eenen kant verzonken zijn en waar aan den buitenkant een volkomen gladde oppervlakte voor het stroomen van het water noodig is.

Om de sterkste aaneenvoeging te bereiken, is het in dit geval noodig de platen te ponsen, zoodat de naauwe zijden van de gaten met elkander in aanraking komen. Dit is te meer noodzakelijk, omdat de koppen van de klinkbouten gemakkelijker gemaakt en de gaten beter gevuld worden, als dit geschiedt door den hamer of zamendrukking. Door de laatste manier — klinken met behulp van een perswerktuig — worden de randen digter bij elkaar gebragt, terwijl de klinkbout afkoelt, en de aanraking van de twee oppervlakken wordt zeer vermeerderd.

Het klinken. — Gedurende de eerste tijdperken van de ijzerconstructie en tot den tijd, waarop wij hebben gedoeld, toen de bouw van ijzeren schepen het eerst werd ingevoerd, was er slechts één stelsel om de randen van ijzeren platen te verbinden, namelijk de enkelvoudige overslag-klinking.

Nu echter is de toestand geheel verschillend, daar de verscheidenheid van doeleinden, waartoe platen worden aangewend, een nieuw en geheel verschillend beginsel van klinking noodzakelijk maakt. Wanneer de dubbel geklonken rand in zwang kwam, is onzeker, maar zijne voordeelen kwamen het eerst aan het licht gedurende mijne eerste proeven. Deze proeven waren beslissend voor de waarde van den dubbel geklonken rand, maar bij de proeven, die tot den vorm en de zamenstelling van de Britannia- en Conway-kokerbruggen leidden, ontwikkelde zich een nieuw stelsel van ijzer-constructie. Bij deze bouwstukken was het een gebiedende eisch, dat de verbindingen, die aan uitrekking onderworpen waren, gelijk of ten minste zoo nabij mogelijk gelijk aan de sterkte der plaat wierden, en na een groot aantal proeven werd bevonden, dat het oude stelsel van enkelvoudig en dubbel geklonken randen niet alleen niet toepasselijk, maar zwak en en onveilig was. Deze onveiligheid leidde tot eene reeks van uitvoeriger proeven, tot uitkomsten, waarvan ik nu een overzigt zal geven ten behoeven van hen, die niet gemeenzaam zijn met de

feiten, en voor wie het nuttig kan zijn bij de verschillende constructie-vormen, bij schepen en bruggen in gebruik.

Algemeen overzigt van uitkomsten, door proeven verkregen.

Nummer der proeven	Kracht van zamenhang der platen. Brekingsgewigt in engelsche ponden per vierk. eng. duim.	Sterkte van dubbel geklonken randen van gelijke doorsnede als de platen, genomen volgens de lijn der klinkbouten. Brekingsgewigt in ponden per vierk. eng. duim.	Sterkte van enkelvoudig geklonken randen van gelijke doorsnede als de platen, genomen volgens de lijn der klinknagels. Brekingsgewigt in eng. ponden per vierk. eng. duim.
1	52.724	52.352	45.743
2	61.579	48.821	36.606
3	58.322	58.286	43.141
4	50.983	54.594	43.515
5	51.130	53.879	40.249
6	49.281	53.879	44.715
7	43.805	—	37.161
8	47.062	—	—

De betrekkelijke sterkten zullen daarom zijn:

Voor de plaat	1000
» » dubbel geklonken verbinding	1021
» » enkelvoudig geklonken verbinding	791

Uit het bovenstaande zal men zien, dat de enkelvoudig geklonken verbindingen één-vijfde van de werkelijke sterkte der platen verloren hebben, terwijl de dubbel geklonkene haar weerstandsvermogen onverzwakt hebben behouden. Dit zijn gewigtige en overtuigende bewijzen voor de meerdere waarde van de dubbele verbinding; en in alle gevallen, waar sterkte vereischt wordt, behoort deze wijze nimmer te worden verlaten. Het blijkt, als platen op deze wijze worden geklonken, dat de sterkte der verbindingen tot die van platen van gelijke doorsneden staat als de getallen

Plaat.	Dubbel geklonken verbinding.	Enkelvoudig geklonken verbinding.
1000	: 1021 en	791
Bij eene vorige analyse was het. 1000	: 933 en	731
Gemiddeld . . . 1000	: 977 en	761

welke getallen wij in de praktijk veilig mogen aannemen als de werkelijke waarde.

Onafhankelijk van dit verschil moeten wij 30 ten honderd aftrekken voor het verlies aan metaal, dat voor de ontvangst van de klinknagels wordt uitgeponst, en de volstrekte sterkte der platen zal dan tot die van de geklonken verbindingen in verhouding staan als de getallen 100, 68 en 46. In enkele gevallen, waar de klinkbouten verder uiteen liggen, is het ondergane verlies evenwel zoo groot niet, maar in ketels en schepen, waar de nagels digt bij elkander behooren te staan, worden de randen van de platen tot de lijn der bouten week gemaakt. Bij deze raming moeten wij evenwel de omstandigheden in het oog houden, waaronder de uitkomsten werden verkregen, daar slechts twee of drie nagels binnen het bereik van de proef kwamen, en als wij bovendien letten op de toeneming van sterkte, die men wint door een grooter getal bouten voor de verbinding, en op de kleving van de twee elkander aanrakende oppervlakten, die aanzienlijk is bij de door een werktuig ingeperste nagels, kunnen wij gerust de volgende betrekkelijke sterkten als de waarde van platen met hare geklonken randen aannemen:

De sterkte van de plaat aangenomen als	100
wordt de sterkte van den dubbel geklonken rand . . .	70
en » » » » enkel » » . . .	56.

Deze verhoudingen kunnen alzoo in de praktijk veilig worden aangenomen als de maatstaf voor de waarde van verbindingen, bij schepen in gebruik, waar zij stoom- of waterdigt behooren te zijn en bloot staan aan een druk, die van 10 tot 100 engelsche ponden op den vierkanten engelschen duim afwisselt.

Klinknagels. — Bij deze moeten wij letten op de middellijn, den onderlingen afstand en de lengte, die de voorwaarden zijn voor zuivere en digte verbindingen zonder ander verlies dan de hoeveelheid metaal, die uitgeponst wordt voor de ontvangst van de nagels. Ik heb dit vraagstuk met groote zorg onderzocht, en uit mijne eigene kennis en die van anderen een getal feiten verzameld, gelijk alleen lange ervaring geven kon. Uit deze gegevens heb ik de volgende tafel kunnen zamenstellen, die ik van hooge waarde voor het gebruik in de praktijk heb bevonden tot het bepalen van de onderlinge afstanden en sterkte der klinkbouten in verbindingen, die stoom- of waterdigt behooren te zijn.

Tafel, die de sterkste vormen en beste verhoudingen van geklonken verbindingen aantoont, afgeleid uit proeven en gewone praktijk.

Dikte van platen in eng. duimen.	Middellijn der nagels in eng. duimen.	Lengte der nagels in duimen.	Afstand der nagels van as tot as in eng. duimen.	Hoeveelheid overslag bij enkele klinking, in eng. duimen.	Hoeveelheid overslag bij dubbele klinking, in eng. duimen.	
0.19 = 3/16	0.38	0.88	1.25 (6	1.25		
0.25 = 1/4	0.50 (2	1.13	1.50 (6	1.50 (6		
0.31 = 5/16	0.63 (2	1.38 (4.5	1.63 (5	1.88 (5	2.06 5.5	
0.38 = 6/16	0.75	1.68	1.88	2.06		
0.50 = 8/16	0.81	2.25	2.00	2.25		
0.63 = 10/16	0.94 (1.5	2.75	2.50 (4	2.75 (4.5		
0.75 = 12/16	1.13	3.25	3.00	3.25		

Zie bij te voegen van elk getal in de onmiddellijk vorige kolom.

De cijfers 2, 1.5, 4.5, 6, 5 enz. zijn de vermenigvuldigers, waardoor de middellijn, lengte en onderlinge afstand der klinknagels verkregen zijn, gelijk ook de hoeveelheid overslag, toe te laten bij enkele en dubbele klinkingen. Nemen wij, bij voorbeeld, drie-achtste-duims-platen van den sterksten vorm van verbinding, dan verkrijgen wij:

0.375 × 2 = 0.750	middellijn van den bout .	= 3/4 duim.
0.375 × 4½ = 1.688	lengte	= 1 11/16 »
0.375 × 5 = 1.875	onderlinge afstand tusschen	= 1 7/8 »
0.375 × 5½ = 2.063	hoeveelheid overslag, enkele klink	= 2 »
0.375 × (5½ + ⅔ × 5½) = 3.438	hoeveelheid overslag, dubbele klink	= 3½ »

3) *Over den wederstand van platen in verschillende vormen tegen de kracht van zamendrukking.* — Wij hebben reeds aangestipt, toen wij over de kracht van uitrekking spraken, waaraan een schip onderworpen is, dat er nog eene andere even gewigtige kracht in het spel is bij de bewegingen van het schip, die van verbrijzeling of zamendrukking. Deze is meer blijkbaar bij ijzeren dan bij houten zamenstellingen, daar dunne platen onderhevig zijn aan verwringing als zij in de rigting harer lengte met kracht worden zamengedrukt, en zoowel bij den scheepsbouw als bij de koker-traliebruggen behoort men zorgvuldig op zijne hoede te zijn tegen deze poging tot «verfrommelen». Bij het besturen van de proefnemingen voor de Conway- en Britanniabruggen kwam deze zwakte in het oog vallend uit en werd met zorg nagegaan, en daar de spanningen in een schip en in eene monster-kokerbrug overeenstemmen, is het noodig bij beide soorten van zamenstellingen het wederstandsvermogen helder in te zien, de twee krachten tegen elkander te doen opwegen en de poging tot ombuigen tegen te gaan.

Om den scheepsbouwmeester in staat te stellen deze kennis te verkrijgen en gemeenzaam te worden met de wetten, die ijzerconstructies van verschillende gedaanten beheerschen, zal het noodig zijn dit vraagstuk met aandacht te onderzoeken en te trachten gezonde beginselen van constructieleer te leggen in hen, wien ontwerpen van zoo groot algemeen belang zijn toevertrouwd.

Om een volkomen veilig ijzeren schip te bouwen moet elke der dwarsnaden effen zijn, opdat de einden van de platen sluiten en eene stevige verbinding vormen. Deze vereeniging is van te meer gewigt, omdat het stampen van een schip op zee eene reeks van beurtelingsche uitrekkingen en zamendrukkingen te weeg brengt. Deze beweging is de geweldigste, waaraan een vaartuig te water onderhevig is, en zij brengt de meeste beschadiging van de zamenstelling aan. Een gepantserd oorlogschip of een koopvaarder met zware lading stampt zwaar op zee en de golven beuken het vaartuig zoo geweldig, dat zij zijne snelheid verminderen en het op hare kruin doen beven of trillen. Deze beweging is eenigzins gelijk die van het slingeren (rollen), maar veel bedenkelijker, dewijl dat gedeelte van het schip, hetwelk zonder steun wordt gelaten, als een met gewigten bezwaarde hefboom werkt op eene dwarsas, die door het zwaartepunt van het schip gaat en dus bedenkelijke spanningen middenscheeps te weeg brengt. Door het gewigt of de lading te vermeerderen nabij voor- en achtersteven, worden deze spanningen grooter, hetgeen in het algemeen vermeden moet worden door de lading zooveel mogelijk in het midden van het schip te bergen.

Laten wij een schip onderstellen in het midden van den Atlantischen of van den Stillen Oceaan, dat in een storm met eene deinende zee heeft te kampen, waar het verschil in hoogte van de holte tusschen twee golven en hare kruin 24 voeten en de afstand van kruin tot kruin 380 tot 400 voeten is; en laten wij aannemen, dat deze golven zich bewegen met eene snelheid van 10 engelsche mijlen in het uur, en dat wij een schip hebben (gelijk voorgesteld is in figuur 5) op twee golven, eene aan den voor- en eene aan den achtersteven en in het midden gedeeltelijk niet ondersteund, alsof twee vloeibare rollen (indien deze uitdrukking gebezigd kan worden) onder hare kiel gingen. In dezen stand zouden de spanningen trachten het materiaal, dat het bovendek bij *A* uitmaakt, te verbrijzelen en de kiel of den bodem *B* vaneen te rijten. Vandaar de noodzakelijkheid tot meer weerstandsvermogen in die gedeelten. Als wij den stand veranderen en onderstellen, dat de vloeibare rollen of golven voor- en achtersteven verlaten hebben, en tot het midden van het schip zijn gekomen en dat het in evenwigt is gelijk een weegschaalstaander, gelijk in figuur 6, aan beide einden slechts gedeeltelijk ondersteund, dan zijn in dien stand de spanningen in tegenovergestelde rigting, en wij hebben de kracht van zamendrukking of verbrijzeling bij *B* in den bodem, en die van uitrekking of uiteenrijting bij *A* in het bovendek.

Laten wij ook onderstellen, dat de golf van het midden van het schip gekomen is tot halverwege den achtersteven (figuur 7), dan hebben wij dezelfde krachten bij voortduring in werking, namelijk het maximum van uitrekking in het bovendek bij het punt *A*, onmiddellijk boven de kruin der golf, en de zamendrukking bij *B* daaronder.

In deze drie standen hebben wij bijna al de storingen en afwisselende spanningen, onafhankelijk van slingeren en wringing, waaraan de schepen te water onderhevig zijn. Onder andere omstandigheden, zoals van een schip, dat op den lijwal (*lee shore*) gestrand is, op rotsen of zandbanken gebeukt wordt, treden gelijke krachten op veel grootere mate in werking, en de eenige waarborg onder zulke omstandigheden ligt in vermeerderde sterkte middenscheeps en in een toereikend getal waterdigte beschotten, die het vaartuig in vijf of zes verschillende vakken verdeelen.

Uit het bovenstaande zal men zien, dat beurtelings spanningen van afwisselenden graad gedurig in werking zijn als het schip op zee zich beweegt met zijne volle lading aan boord.

Omtrent het vraagstuk der sterkte van ijzeren schepen kunnen wij geen treffender voorbeeld van de rampspoedige gevolgen van gebrekkige zamenstelling vinden, dan het geval van den Montreal-Ocean-Mail-stoomer Jura, die, slechts eenige weken geleden, door eene vergissing van den loods, op de Crosbyspits liep, eene smalle zandbank bij den ingang van de Mersey. Hij liep toen met volle vaart. Het voorste gedeelte van zijne kiel raakte vast aan de bank, de achtersteven bleef in dieper water, waarvan het gevolg was, dat hij bij het midden in tweeën spleet (zooals in figuur 8 afgebeeld is), geheel door gebrek aan eene oordeelkundige aanwending van ijzeren langsbalken aan elke zijde van het schip, berekend om aan het bezwaar van den meer gebogen vorm in het midden te gemoet te komen en weerstand te bieden aan de uitrekkende kracht, die het vaneen scheurde bij het bovendek.

Omtrent dit zeer gewigtig onderzoek van beurtelingsche spanningen, zijn wij gelukkig genoeg eene reeks van proeven te kunnen mededeelen omtrent het vermogen van ijzeren zamengestelde balken, die aan deze veranderingen onderworpen waren. De werking was niet volkomen gelijk aan die bij eene stoombalans, maar de drukking was minder door het bij afwisseling aanbrengen en wegnemen van het gewigt. Men zal begrijpen, dat hier slechts eene gestadige afwisseling van uitrekking in één rigting en zamendrukking in de andere plaats vond, terwijl een schip gelijktijdig is bloot gesteld èn aan uitrekking èn aan zamendrukking in bodem en bovendek, naarmate het te midden van de golven rijst en daalt.

Uit de bedoelde proeven leeren wij het merkwaardige, belangwekkende feit, dat de verbindingen van een' ijzeren aaneengeklonken balk meer dan 1 000 000 afwisselende spanningen doorstonden, die $\frac{1}{4}$ van het breekgewigt bedroegen, zonder eenige merkbare verzwakking van zijn uiterst weerstandsvermogen. Hij brak evenwel na nog 313 000 afwisselende spanningen, waarbij het gewigt $\frac{1}{3}$ van het breekgewigt bedroeg, waaruit duidelijk bleek, dat de constructie niet veilig is, als de proef genomen wordt met afwisselende spanningen, waarbij het gewigt $\frac{1}{3}$ van het breekgewigt bedraagt.

Deze uitkomsten zijn vermoedelijk niet van belang ontbloot met betrekking tot den bouw van ijzeren schepen, daar zij schijnen te bewijzen, dat de tijd een factor is in de sterkte van bouwwerken, als zij onderworpen worden aan groote spanningen, die hun uiterst weerstandsvermogen bedreigen. Het valt moeijelijk uit te maken, wat de juiste maat van veiligheid is, òf een-vijfde òf een-vierde van het breekgewigt, maar wij hebben genoeg gegevens om ons verzekerd te houden, dat elke storing, hoe gering ook, in den moleculairen zamenhang van de ligchamen eindelijk tot hunne vernieling leidt, en het ontstaan van de breuk is slechts eene vraag van tijd. Wij kunnen evenwel zeker zijn, dat een schip, zoowel als een balk, in de praktijk veilig is, als de spanningen 5 ton op den vierkanten engelschen duim (850 kilogrammen op den vierkanten centimeter) niet te boven gaan voor de gesmeed-ijzeren platen, waaruit het is zamengesteld.

Dr. Rankine heeft dit vraagstuk onderzocht en in eene voordragt, gehouden voor de werktuigkundige afdeeling van *the British Association for the advancement of Science*, te Bath, deelt hij mede, dat men bij vroegere wetenschappelijke nasporingen omtrent de spanningen, die schepen te verduren hebben, gewoon was het schip te onderstellen als slingerende op de punt van eene rots of met de einden op twee rotsen steunende. De spanningen in zulk eene stelling teweeg gebragt zijn veel grooter dan eenige spanningen, die het schip te water heeft te verduren. De schrijver houdt rekening van de grootste spanning, die op een schip te water kan werken, namelijk die, welke plaats grijpt als het met het midden op de kruin van eene golf rust en aan de einden droog is, en hij bevindt, dat de zamendrukkende kracht niet grooter kan zijn dan die, welke voortgebragt wordt door het gewigt van het schip en een' hefboom van een-twintigste zijner lengte en de uitrekkende kracht niet grooter dan ongeveer zestien honderdsten van zijn gewigt. Deze regelen toepassende op twee bijzonder goede voorbeelden van schepen van 2680 tonnen waterverplaatsing, het eene van ijzer en het andere van hout, beschreven door den heer John Vernon in eene voordragt, gehouden voor *the Institution of Mechanical Engineers* in 1863, vindt hij de volgende waarden voor de grootste krachten van verschillende soort, die op de bouwstof van het schip worden uitgeoefend: in het ijzeren schip buigende kracht 3.98 tonnen op den vierkanten engelschen duim (677 kilogrammen op den vierkanten centimeter); zamendrukkende kracht 2.35 (400 kilogrammen op den vierkanten centimeter); uitrekkende kracht 0.975 (166 kilogrammen op den vierkanten centimeter). Hieruit volgt, dat in het ijzeren schip de factor tegen buiging en zamendrukking tusschen 5 en 6 ligt, wat naauwkeurig overeenstemt met den praktischen regel van de beste ingenieurs, en dat er veel meer dan het noodige weerstandsvermogen tegen uitrekking aanwezig is.

In het houten schip is de buigende kracht 0.375 ton op den vierkanten engelschen duim (64 kilogrammen op den vierkanten centimeter); de zamendrukkende 0.293 (50 kilogrammen op den vierkanten centimeter). Hier ligt de veiligheids-factor tusschen 10 en 15, wat ook met eene goede praktijk bij timmerwerk overeenkomt. Wat de uitrekkende kracht betreft, zouden de ijzeren kruisschoren, volgens Lloyd's voorschriften noodig, toereikende zijn om één derde daarvan te weerstaan, terwijl het overige weerstaan wordt door de wrijving en de aanklemming van de beplanking.

Uit deze onderzoekingen schijnt te blijken, dat de spanningen bij een ijzeren schip aanzienlijk zijn —, de buigende kracht 3.98 of 4 tonnen op den vierkanten engelschen duim, de zamendrukking 2.35 tonnen, en de uitrekkende kracht 0.975; waaruit duidelijk blijkt, dat een schip, hetwelk op zee is, bloot staat aan zware beproevingen van herhaalde spanningen, onafhankelijk van de schokken, die door verplaatsing van de lading of door grootere golven ontstaan, welke elkander bij zware buijen met zekere tusschenruimten opvolgen. Maar het moge zijn gelijk het wil, ijzeren schepen moeten noodwendig veilig en sterk gebouwd zijn.

Buiging en verbrijzeling. — Het is bekend, dat de uitwerking van zamendrukking op eenig ligchaam bestaat in verkorting van zijne hoogte en verbreeding van zijn' grondslag in horizontale rigting. Als wij evenwel onderstellen, dat het ligchaam besloten is en zich niet horizontaal kan uitzetten, zal men bevinden, dat het gewigt van eene ton per vierkanten engelschen duim het gesmede ijzer omstreeks een tienduizendste zamendrukt, en bij het gegotene ijzer, dat veel harder is, stuiten wij op de tegenstrijdigheid, dat, bij gelijk gewigt en gelijken vorm van het ligchaam, de inkrimping twee tienduizendsten, dus het dubbele, is. Dit vloeit vermoedelijk voort uit de poreusheid van zijn kristallijn weefsel, vergeleken met gesmeed ijzer, dat bij het hameren en pletten digter is geworden.

Eene andere merkwaardige omstandigheid bij het aan zamendrukking onderworpene gesmede ijzer is, dat het elke drukking zal doorstaan als het slechts week genoeg is. Het verwringt zich evenwel bij eene betrekkelijk geringe belasting en zijn weerstandsvermogen vermindert in ernstige mate bij 12 tonnen op den vierkanten engelschen duim (2043 kilogrammen op den vierkanten centimeter). Voorbij deze grens kan het onbepaald worden zamengedrukt, mits het week genoeg zij, waarbij zijne bazis vergroot en zijne hoogte verkort wordt, totdat het eene volkomen platte plaat wordt. Bij 12 tonnen wordt zijne veerkracht zeer verminderd, en neemt het eene aanmerkelijke blijvende zetting aan, die aangroeit in verhouding tot de tweede magten van de belastingen, en in de meeste gevallen is het zeer wenschelijk, zoo niet volstrekt noodzakelijk, binnen de grenzen van zijne veerkracht te blijven.

Wij hebben reeds gezien, dat èn het bovengedeelte èn het benedengedeelte van een schip eene kracht van zamendrukking moeten weerstaan gelijk die, welke door kolommen wordt gedragen, en het is daarom wenschelijk bekend te worden met het weerstandsvermogen van gesmeed ijzer in dezen vorm. Het is ook noodig de wetten op te sporen, waardoor deze wederstand beheerscht wordt in het bovendek en de benedenhuid van een

schip. Het is duidelijk, dat, om deze krachten van uitrekking en zamendrukking te weerstaan, de platen der benedenhuid en de boven-dekplaten stijf behooren te zijn, met andere woorden, dat zij uit eene reeks van horizontale pilaren worden zamengesteld, berekend om even krachtigen weerstand uit te oefenen tegen zamendrukking als tegen uitrekking. Voor dat doeleinde nam wijlen de hoogleeraar Hodgkinson, in vereeniging met den schrijver, voor den bouw van de Britannia- en Conway-bruggen eene groote reeks proeven omtrent de zamendrukking van gesmeed ijzeren platen en kokers, die het bovenste gedeelte van deze twee reusachtige bouwwerken uitmaken. Deze proeven zijn even toepasselijk op ijzeren schepen als op bruggen, en het zal niet overtollig zijn daaromtrent eenige opmerkingen in het midden te brengen.

Bij de vroegere proeven werd bevonden, dat ronde, vierkante en regthoekige kokers van eene gegevene lengte bijna het dubbele wederstandsvermogen vertoonden, als gelijk gewigt aan materiaal den vorm van een' koker of van eene cel had, vergeleken bij het wederstandsvermogen van massieve platen. Deze feiten werden bevestigd door de proeven van den hoogleeraar Hodgkinson, waarvan de volgende tafel een uittreksel is:

Wederstand van regthoekige kokers, allen tien voeten lang, tegen eene zamendrukkende kracht in de rigting aan hunne lengte.

Uitwendige afmetingen van den koker.	Dikte der platen.	Gewigt, waarbij buiging of merkbare golving werd waargenomen.	Gewigt bij den grootsten wederstand (verbrijzel-gewigt).	Vorm der doorsnede van den koker.	Inhoud der doorsnede van de kokerplaten.	Gewigt per vierk. eng. duim bij den grootsten wederstand.
eng. duimen	eng. duimen	eng. ponden	eng. ponden		vierk. eng. duimen	tonnen
4.1 × 4.1	0.03	—	5 534		0.5040	4.9020
4.1 × 4.1	0.06	—	19 646		1.0200	8.5986
4.25 × 4.25	0.083	29 290	37 354		1.4840	11.2370
4.25 × 4.25	0.134	46 314	51 690		2.3947	9.6360
8.175× 4.1	0.061	13 209	23 289		1.532	6.786
8.5 × 4.75	0.264	—	197 163		7.326	12.015
8.4 × 4.25	0.26 en 0.126	99 916 (?)	206 571 = 92.2 tonnen		6.89 (bijna)	13.3845
8.1 × 4.1	0.059	37 401	43 673		1.885	9.877
8.5 × 4 75	0.25 (bijna)	—	—		8.3466	Niet verbrijzeld bij 11.12 tonnen.
8.1 × 8.1	0.06 (bijna)	15 897	27 545		2.070	5.926
8.37 × 8.37	0.139	82 475	100 × 395		4.9262	9.098
8 5 × 8.375	0.2191	—	198 955		7.7367	11.48
8.5 × 8 4	0.245 en 0.238	—	—		8.4665	Niet verbrijzeld bij 11.05 tonnen.
8.1 × 8.1	0.0637	56 630	70 070		3.551	8.809
8.1 × 8.1	0.0637	46 635	82 027		3.551	10.312

Eene plaat, als pijler gebruikt, biedt in veel hoogeren graad wederstand aan buiging dan in evenredigheid van hare dikte, en hare stijfheid of sterkte is gelijk aan de dwarsche stijfheid van een balk; daarom zal het, even als bij een' balk, ten hoogste voordeelig zijn, eenig gegeven materiaal zoodanig in dien koker te verdeelen, dat de grootst mogelijke diepte verkregen wordt in de rigting der doorbuiging. De heer Hodgkinson beweert, dat, als de pijlers kort zijn in verhouding tot hunne middellijn, zulke voorzorg onnoodig is; de teerling duim gesmeed ijzer kan niet voordeeliger worden aangewend, maar als deze geplet wordt tot eene zeer lange en zeer dunne plaat, 1 duim breed, en op haren kant geplaatst, zal de geringste kracht haar doen doorbuigen.

Als wij deze dunne plaat verkorten, terwijl wij hare dikte doen toenemen, maar dezelfde hoogte van 1 duim behouden, zullen wij haar wederstandsvermogen tegen buiging verhoogen in reden van de derde magten der dikten en in omgekeerde reden van de lengten; dewijl de lengte afneemt in gelijke verhouding als de dikte toeneemt, zal de sterkte toenemen in regte reden van de vierkanten der toenemende dikten, of in omgekeerde reden van de vierkanten der afnemende lengten, tot dat de plaat zulk eene dikte bereikt, dat zij alleen door verbrijzeling bezwijkt.

Deze wet zal nu beginnen te veranderen naarmate wij de dikte vermeerderen ten koste van de lengte, en ten laatste zal, als wij weder tot den teerling zelven naderen, de sterkte, in plaats van te veranderen in verhouding tot de vierkanten van de toenemende dikten, geheel ophouden volgens de dikte af te wisselen; de sterkte

zal daarom gedurende al deze veranderingen verschillend geweest zijn, gelijk elke magt van de dikte tusschen 0 en het vierkant van de dikte, terwijl het wederstandsvermogen zelf bij opklimming zoude worden voorgesteld door elke hoeveelheid tusschen 16 tonnen (2723 kilogrammen op den vierkanten centimeter) en 0, bij standvastige waarden van de hoeveelheid materiaal, van de doorsnede en van de hoogte, zoodat n vierkante duimen doorsnede aan den top van een' koker wederstand kunnen bieden aan elke zamendrukking tusschen 0 en $n \times 16$ tonnen, naar gelang van den vorm, dien hij verkrijgt. Wij zouden dus de dikste platen voor het bovengedeelte van een schip of koker kiezen, tot dat hare dikte de grens bereikt, waarbij vermeerdering geene overeenkomstige verhooging van het wederstandsvermogen tegen zamendrukking ten gevolge heeft; voorbij die grens behalen wij geen voordeel. Zoo wij evenwel gedwongen zijn dunne platen te bezigen, zouden wij ze zoo aanbrengen, dat de diepte den wederstand tegen doorbuiging verzekert. Als één teerling duim, die, tot eene lange reep uitgeplet, door buiging zwicht, bij voorbeeld, tot eene golvende plaat wordt vervormd (zie figuur 9), zoude hij in deze gedaante aanmerkelijk meer kunnen dragen dan als vlakke plaat, want in stede van in doorsnede eene regte lijn te zijn zonder diepte, zoude hij eene diepte bezitten gelijk aan den sinus versus der golvingen, of gelijk aan den afstand tusschen twee bolle rondingen, en in dezen geribden vorm zouden wij het maximum van wederstandsvermogen tegen drukking bereiken, te weten 16 tonnen, met platen veel dunner dan noodig is voor regte. De diepte zoude nog grooter zijn, indien wij twee geribde platen tegen elkander aanbragten, zoodat wij eene reeks van kokers verkregen, en zorg droegen, ze in de aanrakingspunten stevig te verbinden (zie figuur 10). Er zijn tallooze algemeen bekende voorbeelden van de stijfheid, die door deze wijze van constructie wordt verkregen. Een gewone papieren waaijer en vele tinnen artikelen in de huishouding, ofschoon vervaardigd van dunne en buigzame stof, zijn buitengewoon sterk en stijf door de diepte, die zij verkrijgen door het ronden van de stof. Het theeblad en het stofblik in onze huizen zijn voorbeelden, die ons dadelijk voor den geest komen. Het wordt dus de vraag, hoe men, met eene gegevene doorsnede materiaal van eene gegevene dikte, den sterksten vorm voor een' koker of eene reeks van kokers zal verkrijgen, en hoe men met dezen vorm de grens van 16 tonnen per vierkanten engelschen duim zal kunnen naderen.

Dewijl eene platte plaat om de ontwikkelde redenen spoediger zal buigen dan eene gebogene, konde er natuurlijk uit worden afgeleid, dat een ronde koker van niet te groote afmetingen en van gegevene dikte en doorsnede eene grootere sterkte zou hebben dan dezelfde plaat in regthoekigen vorm, waarbij de wederstand tegen misvorming alleen van de vier hoeken moet afhangen; en dewijl de stijfheid, door de vier hoeken verkregen, zich over de vier zijden van een' regthoekigen koker eenigermate in evenredigheid tot de afstanden van de hoeken uitstrekt, konde er uit worden besloten, dat een vierkante koker □ sterker zoude zijn dan een regthoekige ▭, uit dezelfde plaat vervaardigd, in zooverre als de middengedeelten der twee langste regthoeksziden ten gevolge van hunne grooteren afstand van de hoeken minder in hunnen stijven stand zullen worden gehouden. Eveneens kon men grootere sterkte verwachten van dezen vorm ▭▭. Deze onderstellingen werden allen aan proefneming onderworpen en bevestigd. Voor dit oogmerk werd een getal kokers of cellen vervaardigd van gesmeed ijzer, allen tien voeten (3 meters) lang en of 4 of 8 duimen (1 of 2 decimeters) vierkant, of van regthoekigen vorm, ongeveer 4 bij 8 duimen; hunne einden waren volkomen glad, en zij werden door middel van een' hefboom gedrukt, zoodanig tusschen twee stalen platen geplaatst, dat de druk volkomen vertikaal was; de wanden van de kokers werden gesteund. Het doel was de waarde van elken kokervorm na te gaan, en in elk van deze gevallen het wederstandsvermogen per vierkanten duim doorsnede te bepalen. De afmetingen van de wanden dezer kokers of cellen zijn zoo groot, dat bij eene lengte van 10 voeten de pijlers niet door buiging vernield werden, zoo als bij een' langen niet hollen pijler het geval zoude zijn geweest, maar door verbrijzeling. De sterkste vorm gaf alzoo ongeveer 16 tonnen per vierkanten engelschen duim doorsnede.

Gelijksoortige proeven werden toen tot vergelijking genomen met cirkelvormige cellen of kokers, onder volkomen gelijke omstandigheden. De cilinders wisselden af van 1½ duim (0m.038) tot 6 duim (0m.150); waar in enkele gevallen de middellijn in vergelijking met de lengte zoo gering was, bezweken de pijlers door buiging, en volgden de wet van lange niet holle pijlers, want het weerstandsvermogen nam ongeveer in omgekeerde reden van de vierkanten der lengten toe; maar waar de middellijn 6 duimen (0m.150) was bij eene lengte van 10 voeten, kon geene buiging plaats vinden, en die kokers bezweken door verbrijzeling, even als de regthoekige. Bij zulke pijlers is de sterkte onafhankelijk van de lengte.

Om te doen zien, hoe de regthoekige en cilindrische kokers bezweken, kunnen de figuren 11, 12, 13 en 14 dienen.

Uit deze onderzoekingen is het duidelijk, dat na de vlakke plaat de vierkante koker met dunne platen bij de proeven het zwakst in weerstand tegen zamendrukking bleek te zijn; daarop volgt in sterkte de regthoekige vorm met een beschot in het midden, gelijk bij *a* ▭, maar de beste verdeeling van het materiaal ligt in den cilindervorm. Deze laatste kan evenwel niet gemakkelijk bij schepen worden aangewend, maar de regthoekige cellenbouw is toepasselijk in alle gevallen, waar wederstand tegen zamendrukking, zoowel als uitrekking, noodig is in den romp en het bovendek van schepen.

4. *Over de verdeeling, sterkte en waarde van gesmeed ijzeren platen en geraamten voor schepen.* — Bij dit gedeelte van het onderzoek hebben wij niet alleen te letten op den aard van de spanningen, waaraan de zijden en andere gedeelten van een vaartuig onderworpen zijn, maar wij moeten de verdeeling van het materiaal in verschillende gedeelten van het schip zoo bepalen, dat er zooveel mogelijk volmaakte eenvormigheid van sterkte wordt aangebragt. Door eenvormigheid verstaan wij, dat het weerstandsvermogen in eenig deel van het schip geëvenredigd is aan de spanning, en dat er geen materiaal worde gebruikt boven hetgeen noodig is om evenwigt te behouden tusschen de tegenovergestelde krachten van spanning en tegenstand.

Bij ons streven om de voortreffelijkheid van het ijzer als bouwstof voor schepen te doen uitkomen, zijn wij niet in de vraag omtrent de verdeeling getreden. Dit is evenwel een der gewigtigste deelen van de constructie, en ten einde zooveel mogelijk de een-

vormigheid van sterkte te naderen, moeten wij het materiaal aanbrengen in zulken vorm en zulken stand, dat het werkelijk al de verschillende spanningen, waaraan het schip blootgesteld is, weêrstaat.

Men zal opgemerkt hebben, dat wij in het voorafgaande onderzoek steeds schepen op het oog hadden, gelijk zij nu gebouwd worden, die aan veel sterker spanningen onderworpen zijn dan vroeger, toen zij uit hout werden zamengesteld. De tegenwoordige soort van stoomers heeft het dubbel der lengte van de vorige zeilschepen, en de diepgang is betrekkelijk veel geringer, zoodat hun weerstandsvermogen tegen de werking van de zee minder dan de helft is dan bij den vorm volgens het oude beginsel. Vandaar dan ook, dat er eene reeks spanningen van dubbele kracht wordt te voorschijn geroepen, waartegen men zich hoeden moet om veilige schepen volgens het nieuwe constructie-beginsel te verkrijgen. Al deze veranderingen zijn factoren van zwakte, tenzij men hierin tegemoet kome door oordeelkundige verdeeling van het materiaal, en daarom hebben wij over holle liggers voor den bouw van schepen gehandeld. Laten wij, bijvoorbeeld, een oorlogschip van de eerste klasse kiezen, dat vóór zeven jaren gebouwd is, *the Victory*. Wij hebben dan:

	Voeten. Duimen.	Meters.
Voor de lengte tusschen voor- en achtersteven (? *the perpendiculars*) . . .	260— 0	79
Breedte in het midden	60— 1	18.3
Diepte (Hol)	53—10	16.2

Dit schip zoude, volgens de formule $W = \frac{a\,d\,c}{l}$, zoo het van ijzer gebouwd was en behoorlijk voorzien van kokers van 800 vierkante engelsche duimen doorsnede, in twee punten (voor- en achtersteven) ondersteund, eene belasting kunnen dragen van 8785 tonnen in het midden of van 19570, gelijkmatig verdeeld.

Als wij dezelfde doorsnede nemen en toepassen op een schip als den *Warrior*, dan hebben wij, bij gelijke doorsneden en dezelfde standvastige waarde 60 (de dekken behoorlijk evenredig zijnde aan de kiel).

	Voeten. Duimen.	Meters.
Voor de lengte	380—0	116
Breedte	58—4	17.8
Diepte (Hol)	42—0	12.8

Hieruit volgt $W = \frac{800 \times 42 \times 60}{380} = 5305$ tonnen voor breekgewigt in het midden, of 10610 tonnen gelijkmatig over de lengte verdeelde belasting, dus een weinig meer dan de helft van het eerste voorbeeld.

Uit deze feiten zal men zien, dat wij bij het tweede schip de doorsneden van de kokers met 675 vierkante engelsche duimen moeten vergrooten, om het evenveel wederstandsvermogen te geven als het eerste, waaruit duidelijk blijkt, dat de tegenwoordige schepen, bij meer lengte en minder diepte, en uit hetzelfde materiaal gebouwd, eene vermeerdering van weerstandsvermogen vereischen in reden van $1475 : 800 = 1 : 0.542$. Maar dit is nog niet alles, daar wij uit proeven omtrent de uitwerking op gesmeed ijzer, hetwelk aan beurtelingsche veranderingen van belasting bloot staat, gezien hebben, dat wij, om een duurzaam schip te bouwen, de doorsneden van romp en bovendek behooren te berekenen; zal het bestand zijn tegen de afwisselende spanningen, waaraan het onderhevig is, dan mogen deze geene 5 ton per vierkanten engelschen duim van de ijzerdoorsnede te boven gaan.

Een aldus gebouwd schip zou, naar onze meening, in elken toestand volkomen veilig zijn, zoo lang het aan de werking van de golven blootgesteld blijft, maar als het strandde op eene rots of ondiepte met kolen en lading aan boord, en aan eene onstuimige zee was prijs gegeven, zoude het bij het gestadige op- en nedergaan eene zware proef te doorstaan hebben door de kracht van den stoot. Maar zelfs in dezen neteligen toestand zoude het nog zeer aan twijfel onderhevig zijn of het uiteen zou gaan. Wij gelooven integendeel, dat het, als het met waterdigte schotten, sterke lange zaadhouten (*keelsons*) en dubbelen bodem gemaakt werd, het in negen gevallen van de tien het zou uithouden, en dat al de menschen aan boord gespaard zouden blijven.

Bij de verdeeling van het materiaal is er nog eene beschouwing van groot gewigt, namelijk, dat in alle ligchamen, die den vorm van een' balk hebben, hetzij hol of vol (zij volgen dezelfde wet voor de dwarsspanning), de spanningen altijd het grootst zijn in het midden en trapsgewijze naar de steunpunten aan elk einde afnemen. Deze feiten spreken van zelf en toonen, dat bij een ijzeren schip dezelfde dikte van de platen niet vereischt wordt, als men van middenscheeps naar voor- en achtersteven werkt. Werkelijk behoorden zij schuins af te loopen en in dikte af te nemen in reden van hare afstanden van het midden, tot dat zij de uiteinden bereiken. Theoretisch is dit waar, maar in de praktijk moeten wij er op letten hoeveel de dikte kan afnemen zonder gevaar voor de zamenstelling, en hieromtrent moeten wij doen opmerken, dat tusschen het midden en de einden de afneming van de dikte der platen niet meer dan $\frac{1}{3}$ mag bedragen.

Of, met andere woorden, als wij aannemen, dat de buitenbeklampingen van de kiel en om den buik van het schip tot het onderdek of tot een vijfde van de geheele diepte $\frac{7}{8}$ engelsche duim dik zijn, dan mag hare dikte trapsgewijze veilig tot $\frac{5}{8}$ duim nabij voor- en achtersteven worden verminderd. Dezelfde vermindering tot $\frac{5}{8}$ duim mag plaats hebben van dat punt (het benedenste een vijfde van de diepte) tot de ongedrukte as van de dwarsspanningen, of ongeveer halverwege den wand van het schip, terwijl de platen weder $\frac{7}{8}$ duim dik moeten zijn voor de beklamping ter hoogte van het bovendek, waar zij de rol van schoren moeten vervullen onder de werking der twee krachten: uitrekking en zamendrukking.

Uit het bovenstaande ziet men, dat zorgvuldige verdeeling van het materiaal een vereischte van hoog gewigt bij den scheepsbouw is.

Het is onnoodig hier deze aanwijzingen door afbeeldingen duidelijk te maken, waarvoor bestaande werken over scheepsbouw voldoende zijn, die den bouwmeester in staat stellen aan het vaartuig genoeg wederstandsvermogen te geven, waarbij hij dan nog te letten heeft op slijting, roesting en andere invloeden, die tot de verzwakking van het schip medewerken.

EENE NIEUWE WIJZE VAN ONDER WATER TE BOUWEN (1), DOOR JOHN MOFFAT.

(*The Civil Engineer and Architect's Journal*, March 1865, p. 75.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

(Plaat 2, figuren 15—19.)

Kaaimuren komen het meest voor onder de bouwwerken onder water en waren tot dus verre zaamgesteld uit houten of ijzeren geraamten of gemetseld in gehouwen zoowel als gebakken steen. In het eerste geval hangt hunne stabiliteit voornamelijk af van de sterkte, die de zamenhang —, en in het laatste van de sterkte, die hun gewigt geeft. De veiligheid en duurzaamheid van metselwerk, vergeleken met elke soort van houten of ijzeren geraamten in eenig havenwerk, zijn zoo groot, dat het onveranderlijk de voorkeur zoude genieten, zoo het niet meer tijd en geld vorderde. Een hoofd kan altijd veel sneller en goedkooper van hout of ijzer gemaakt worden dan van steen; en om deze reden wordt er dikwijls de toevlugt toe genomen in gevallen, waarin de tijd en het geld, waarover de ingenieur beschikken kan, de betere zamenstelling onbereikbaar maken.

Ongeveer tien jaren geleden moest ik de buitenkade en den zeebreker van de haven Ardrossan verlengen, welk werk in eenen zomer voor eene beperkte som gereed moest zijn. Al de werken van deze haven zijn tot dus verre in steen uitgevoerd geworden, uitgezonderd een klein houten hoofd, hetwelk, ofschoon aanvankelijk goedkoop, ten laatste het duurste werk bleek te zijn, dat wij hadden, uit hoofde van de vernieling door den paalworm in een tijdvak van tien jaren. Wij hadden ook bevonden, dat gegoten ijzer zoo spoedig wordt uitgebeten, dat eene ijzeren zamenstelling bijna even verwerpelijk is als eene houten. Ik werd er alzoo toe gebragt om een gemetseld werk te ontwerpen binnen de mij gestelde grenzen. Ik slaagde er in door het ontwerp, tot welks beschrijving ik nu overga.

Bij een steenen hoofd verslindt het gedeelte onder water den meesten tijd en het meeste geld. Tot heden werd dit gedeelte in afzonderlijke massaas in houten bakken gebouwd en op zijne plaats gebragt, wanneer het voltooid was, terwijl de wanden van den bak werden weggenomen, wanneer het metselwerk op zijne plaats was gekomen. Of het werd geheel van groote bekapte breuksteenen gemaakt, en op de plaats gesteld met behulp van steentangen of van de duikerklok.

Te Ardrossan was het metselwerk onder water geheel van breuksteen zamengesteld geworden, gedeeltelijk op de eerste manier gelegd, gedeeltelijk op de tweede. Waar het met behulp van de steentang gesteld werd, werden de steenen zoo gelegd, dat de beddingen niet horizontaal zijn, maar onder een' hoek van 45° hellen. Nadat de eerste laag steenen gelegd is, hetgeen met zeer groote zorg moet gedaan worden, worden de overige zoo neergelaten, dat zij den bovensten hoek van de hellende bedding bereiken en daarlangs glijden, tot dat zij hunne bestemming bereiken; daarna wordt de steentang op de gewone wijze losgemaakt. Als men de duikerklok bezigt, zijn de lagen horizontaal, en vormen eene stevige massa breuksteen van gewone zamenstelling.

Ik bevond door berekening, dat, met de te mijner beschikking staande middelen, ik het werk op elke der beide manieren in niet minder dan twee jaargetijden kon voltooijen, en dat de uitgaven de geraamde som zouden overschrijden. Het scheen mij toen toe, dat ik mijn doel konde bereiken door het metselwerk onder water van groote holle massaas baksteen te maken, te vervaardigen in het open dok en op hunne plaats in de kade neer te laten, om daarna met beton te worden gevuld. Bij eene proef bevond ik, dat dit denkbeeld gemakkelijk kon worden uitgevoerd en een onderzeesch metselwerk opleverde, goedkooper en sneller te voltooijen dan eenig ander, dat ik ooit had beproefd.

De gemiddelde diepte bij laag water was bijna 20 voet (6 meters); ik maakte den grond effen en legde drie lagen breuksteen met behulp van de duikerklok op de gewone wijze, zoodat de bovenste bedding ongeveer 15 voet (4m.58) onder laag water lag. De holle massaas van baksteen werden 15 voet lang (4m.58), 15 voet diep en 11 voet (3m.36) breed. De bodems bestonden uit gegoten ijzeren platen, dik $\frac{3}{4}$ engelsche duim (0m.019), versterkt door ribben op de hoeken. De wanden waren 20 duim (0m.51) dik, gevormd uit groote baksteenen, lang 20 duim, breed 10 duim (0m.25) en dik 5 duim (0m.127), gelegd in romeinsch cement, en versterkt door horizontale banden hoepelijzer over de voegen.

Toen zij voltooid waren bleken zij nagenoeg waterdigt te zijn en was hun soortelijk gewigt een weinig minder dan dat van zeewater. Zij werden drijvend op hunne plaats gebragt met behulp van eene der ponten van de haven, en daarna neergelaten en met beton gevuld. De einden werden gevormd door afwisselende uit- en inspringende hoeken, zoodat zij in elkander haken. De muur boven laagwater werd op de gewone wijze gebouwd uit breuksteen, zoowel ruwen als bekapten, en het werk werd in den zomer van 1855 tot onze voldoening duurzaam tot stand gebragt. De volle lengte van het hoofd was 300 voet (91m.5), de gemiddelde breedte 70 voet (21m.4) en de kosten bleven beneden 10000 pond sterling. De gemiddelde prijs van het metselwerk in baksteen beneden laagwater was 7 *pence* per teerling voet (*f* 12.36 per teerling meter), of ongeveer de helft van dien van stevig metselwerk in breuksteen.

Het werk is nu negen jaren lang blootgesteld geweest aan zware zeeën en een druk verkeer, en is even volkomen als bij de voltooijing. Vier jaren geleden moest ik het metselwerk tot op laag water uitkappen, ten einde eene stoomkraan van 20 tonnen te stellen, die ik op den top van eene der baksteen-massaas als fundering oprigtte, en ik vond haar toen in denzelfden toestand als toen zij gelegd werd.

Onlangs moest ik een van de andere kaaimuren verlengen in water, dat bij ebbestand ongeveer tien voet (3 meters) diep was; ik besloot, op gelijke wijze als vroeger te werken, maar goedkooper. De bodems werden van hout gemaakt in plaats van ijzer, en de baksteenen waren van twee grootten, van den gewonen prijs, in plaats van de vroeger gebezigde groote, die bijna het dubbel kosten. Aanvankelijk had ik de baksteen-massaas slechts 15 voet lang gemaakt, uit vrees dat grootere onhandelbaar zouden zijn. Maar toen ik bevonden had, dat ze zeer gemakkelijk te behandelen waren, besloot ik ditmaal ze tweemaal zoo lang te maken, dus 30 voet (9 meters) lang.

(1) Voorgelezen in *the Institution of Engineers*, in Schotland.

Ook deze verlenging werd met goed gevolg in zeer korten tijd volvoerd, en de afbeeldingen toonen de bijzonderheden van de zamenstelling aan. Uit den platten grond is te zien, dat de verlenging ongeveer 110 voet (34 meters) lang, 35 voet (10m.7) breed is; de muren zijn 27 voet (8m.3) hoog. De bodems der baksteen-massaas, die in lengte afwisselden van 29 voet (8m.85) tot 33 voet (10m.07), werden zamengesteld uit een ligt houten raam, bestaande uit twee balken van greenenhout, dik 9 duim (0m.23) in het vierkant, waaraan een vloer vastgespijkerd was van 3 duims (0.076) dennenhouten smalle planken. Deze werden zoo gebreeuwd, dat zij waterdigt waren, en gelegd op vier balken op den bodem van het droge dok als eene fundering, waarop de bakken van metselsteen moesten gebouwd worden. De buitenste muren werden opgetrokken in gewone baksteenen van twee grootten, de eene 9½ duim (0m.24) lang, 4¾ duim (0m.12) breed en 3½ duim (0m.09) dik; en de andere 13 duim (0m.33) lang, 6½ duim (0m.165) breed en 3½ duim (0m.09) dik. Deze werden bij afwisseling op elkander gelegd, de kleine baksteenen in de eene laag en de groote in eene andere, kopsche en streksche, om een groot verband te geven. De buitenste muren waren alzoo over den geheelen omtrek 20 duim (0m.61) dik en de front- en achtermuren werden onderling vereenigd door drie dwarsmuren van één steen dikte. Het geheel werd in romeinsch cement gemetseld en versterkt met bandijzer over de lagen. Het gewigt was zoo bepaald, dat de voltooide bakken dreven, met het boveneind één' voet boven den waterspiegel.

De grootte was bepaald door de lengte van de balken, waaruit de lengte-liggers van de bodems werden gezaagd. Hiervoor koos ik vier balken uit, die van 29 voet (8m.45) tot 33 voet (10m.07) lengte afwisselden, en bijna 18 duim (0m.46) in vierkant waren, welke over de geheele lengte in vieren gezaagd werden, om alle verlies te vermijden. De gemiddelde grootte van de bakken was 32 voet (9m.76) lengte, 13 voet (3m.97) diepte en 10 voet (3m.05) breedte. Na voltooijing van het metselwerk in baksteen, werd er een dunne balk over de kruin gelegd en met den bodem verbonden door twee lange bouten van gesmeed ijzer, dik 2 duim (0m.056). Het water werd daarna in het droge dok gelaten; de gemetselde bakken kwamen vlot en werden, met behulp van de schuit der duikerklok of eene kraanpont naar de plaats gesleept, waar zij moesten zinken. Zij konden ongeveer 4 duim (0m.11) boven de waterlijn geheschen worden door middel van de kraan op de pont, en werden tot die hoogte hangend gehouden met behulp van de hierboven beschrevene lange bouten, tot dat zij naauwkeurig boven de plaats hunner bestemming waren, als wanneer zij tot op den bodem neergelaten en met beton gevuld werden. Wanneer zij op hunne plaats waren, werden de balken langs de kruin en de bouten, die tot het ophangen gediend hadden, weggenomen en bij een' volgenden bak gebruikt. De gebezigde beton was bereid uit een mengsel van goeden hydraulischen mortel en cement met grof kiezel, in de verhouding van 1 deel mortel tot 2 deelen kiezel, welk mengsel mij bleek in korten tijd tot eene zeer vaste massa over te gaan. Al de gemetselde bakken waren van een' langwerpigen vorm met regte hoeken aan de einden, behalve de laatste bak aan den kop van de kade, die een' ronden vorm had van 13 voet (3m.97) straal. Ik bevond, dat het zamenstellen van de einden der bakken met in- en uitspringende hoeken veel last veroorzaakte bij het bouwen zoowel als het op hunne plaats stellen, en van zeer weinig nut was.

Deze werkzaamheden werden allen zonder de geringste zwarigheid volvoerd. Tot bewijs hiervan mag ik vermelden, dat ik bij ééne gelegenheid vier bakken te gelijk bouwde in het drooge dok, en ze in twee getijden op hunne plaats bragt, dus in vier en twintig uren 126 voet (38 meters) kaaimuur vorderde. Toen het benedengedeelte voltooid was, werd het overige metselwerk op de gewone wijze opgetrokken, het buitenvlak in bekapten, het ligchaam in ruwen breuksteen. De ruimte tusschen de twee muren werd met steenen gevuld.

De kosten van het werk beliepen 1 881 pond sterling, of 51 pond sterling de strekkende yard; dit is minder dan voor een hoofd van palen, hetwelk minder sterk en daarenboven minder duurzaam zou geweest zijn. De kosten van het gedeelte onder laag water, de beton er onder begrepen, waren 4 pence per teerling voet (*f* 7.00 per teerling meter).

De grootste lengte van de bakken, die eene gemakkelijke behandeling toelaat, is, blijkens ervaring, 40 voet (12 meters)

Uit den aard van de zaak biedt de aanwezigheid van een getijdok groot gemak aan voor de zamenstelling van deze drijvende massa's metselwerk. Maar niets belet, ze als getijwerk op beschutte plaatsen op het strand te bouwen; in dat geval worden zij na de voltooijing bij vloed op hunne plaats gebragt. Ook kunnen zij op den grond boven hoog water gebouwd en even als een schip langs eene helling te water gelaten worden.

———

Dr. Macquorn Rankine zeide het hoofd gezien te hebben, hetwelk de heer Moffat beschreven had, gelijk ook eenige van de bakken, terwijl zij gebouwd werden; hij verklaarde, dat de wijze van zamenstelling ten hoogste voldeed.

De heer Moffat zeide nog, dat de zeebodem op de gewone wijze met behulp van de duikerklok effen werd gemaakt. Het eerste hoofd zou volgens de gewone wijze van bouwen te naauwernood in twee zomers voltooid zijn geworden, maar door het bezigen van de 15 voet lange bakken werd het in éénen zomer gedaan. Het andere vereischte slechts drie maanden, terwijl met het gebruik van de duikerklok meer dan de dubbele tijd zoude zijn besteed geworden. Hij had te Fife een hoofd gebouwd van de gewone zamenstelling, bijna 50 voet (15 meters) langer dan te Ardrossan en niet zoo diep; het had tusschen de 5000 en 6000 pond sterling gekost.

———

SPOORWEG VAN SANTIAGO NAAR VALPARAISO IN CHILI.

Naar eene mededeeling van den ingenieur W. Lloyd, door wien de weg is aangelegd.

(*Der Civilingenieur*, Band XI, Heft 4.)

De afstand van de beide steden bedraagt hemelsbreedte 70 engelsche mijlen; de straatweg loopt echter over twee vlakten van 830 en 1000 en drie bergruggen van 1300, 2595 en 1950 voet hoogte

boven het vlak der stille Zuidzee, zoodat de daar in gebruik zijnde wagens op twee wielen, die 2 ton laden en door acht ossen getrokken worden, 36 tot 40 dagen noodig hebben om dien weg af te leggen. De spoorweg is 114 mijlen lang, en heeft over eene lengte van 3½ mijl met 14 krommingen eene helling van 1 op 44½. Dewijl echter de 1600 voet lange tunnel door eenen zijtak der Andes in den beginne nog niet gereed was, zoo legde men eenen hulpweg over den top, met hellingen van 1 op 13 en van 1 op 15, en gebruikte daarbij eene hulplocomotief, welke zonder eenig ongeval daar 4 jaren lang dienst heeft gedaan. Een zeer aanmerkelijk hellend vlak is de Tabou-helling, welke 12 mijlen lang is, eene klimming van 1360 voet heeft, en waarbij hellingen van 1 op 46½ voorkomen en de kleinste krommingsstraal 604 voet bedraagt. Hierin ligt de Maquis-viaduct, wiens hoogte 126 en wiens lengte 600 voet bedraagt. Hij heeft eene helling van 1 op 46 en eene kromming van 604 voet straal. De 100 tot 148 voet lange liggers van plaatijzer worden door zuilen van gegoten ijzer gedragen. Lloyd nam proeven omtrent den tegenstand in de krommingen, welke wel niet in allen deele voldoende uitkomsten gaven, maar waarbij die tegenstand toch door de formule $C = W\left(\frac{1000+R}{R}\right)$ kan worden uitgedrukt, wanneer W den tegenstand op den regten weg en R den straal in voeten beteekent. Bij sterke krommingen heeft men bevonden, dat het besproeijen van de flenzen der voorwielen door middel van eenen waterstraal den gang werkelijk gemakkelijker maakte; dit was ook het geval, wanneer men bij het rijden benedenwaarts over eene helling, de spoorstaven van den tender af bevochtigde. De kosten van den weg bedroegen 20000 pond sterling per engelsche mijl (omstreeks *f* 147000 per kilometer).

———

OVER DE VOORDEELIGSTE WIJZE OM BESPROEIJINGS- EN DROOGLEGGINGSKANALEN AAN TE LEGGEN, DOOR FELIX LUCAS, *ingenieur der bruggen en wegen.*

(*Annales des Ponts et Chaussées*, 1864, Mars et Avril, p. 225.)

Wanneer het vraagstuk zich voordoet, om een besproeijings- of een drooglegginggskanaal voor een bepaald doel te ontwerpen, dan zijn er in het algemeen een oneindig aantal oplossingen mogelijk en in dat geval komt het er op aan om die oplossing te vinden, welke de minste kosten vordert.

De gewone formulen, welke voor de studie van die soort van kanalen bestemd zijn, bevatten voor die oplossing de noodige gegevens; maar zij vereischt dikwijls lastige beproevingen.

Door die formulen met elkander te verbinden en zekere tafels op te maken, kan men eene algemeene handelwijze vinden, welke in alle gevallen zonder eenige beproeving tot het doel leidt.

Die handelwijze zullen wij hier verklaren.

Inleiding.

Grondbeginsel. — Onder alle lijnen, welke een waterdwarsprofil van gegeven inhoud onder gegevene voorwaarden kunnen begrenzen, bezit bij gelijke helling, die waarvan de natte omtrek een minimum is, het grootste vermogen.

Dit sedert lang bekende beginsel geeft aanleiding tot de volgende evenzeer bekende gevolgtrekkingen.

1. Onder alle trapeziums van denzelfden inhoud, wier schuine zijden gegevene hoeken met de evenwijdige zijden maken, kan bij gelijke helling datgene het grootste vermogen opleveren, hetwelk om een halven cirkel beschreven kan worden.

2. Onder alle gelijke trapeziums kan bij gelijke helling de halve regelmatige zeshoek het grootste vermogen opleveren.

Deze gevolgen en het beginsel, waaruit zij zijn afgeleid, worden in de noot I bewezen.

Grondformulen. — Onderstellen wij een ongedekt kanaal in werking, in welks doorsnede een halve cirkel beschreven kan worden.

Zij i de helling,

Q het vermogen,

h de hoogte van het water,

v de gemiddelde stroomsnelheid,

n de verhouding (die voor alle gelijkvormige figuren standvastig is) van de waterdoorsnede tot het vierkant van den natten omtrek, dan heeft men de formulen

$$n\,Q\,i^2 = v\,(a\,v + b\,v^2)^2. \quad \ldots\ldots\ (1)$$

en

$$\frac{h\,i}{2} = a\,v + b\,v^2,$$

waarin a en b standvastigen beteekenen, wier waarden, volgens Prony

$$a = 0.000\,044$$
$$b = 0.000\,309$$

bedragen.

Deze formulen worden in de noot II bewezen.

Zij geven twee betrekkingen tusschen de vijf grootheden i, Q, h, n en v.

Gebruikelijke tafels. — Om de berekeningen gemakkelijker te maken, hebben wij twee tafels zamengesteld.

Tafel I. — De eerste tafel heeft twee ingangen en is op soortgelijke wijze als de tafel van Pythagoras ingerigt. Zij geeft de waarden van n voor alle om den halven cirkel beschrevene trapeziums, wier schuine zijden gegevene hellingen hebben.

Tafel II. — Door middel van de tweede tafel vindt men de waarde van $\frac{1000\,h\,i}{2}$ en van $1\,000\,000\,n\,Q\,i^2$, welke overeenstemmen met eene waarde van v voor een kanaal, in welks doorsnede een halve cirkel kan beschreven worden,

Uit de ondervinding afgeleide gegevens. Grenzen der snelheid om den bodem niet te verlagen. — De ondervinding heeft de grens aangewezen, die de gemiddelde snelheid van stroomend water niet moet overschrijden, om te vermijden, dat de bodem van het kanaal aangetast worde.

Men heeft de volgende tafel opgemaakt:

Aard des bodems.	Grens v der gemiddelde snelheid, meters.
Bruine weeke aarde.	0.101
Zacht leem	0.102
Zand.	0.406
Kiezelzand	0.810

Keijen	0.817
Gebrokene keijen, silex	1.623
Aaneensluitende keijen, zachte leisteen	2.021
Rots in lagen	2.434
Harde rots	4.060

Grens der snelheid om bezinkingen te vermijden. — Wanneer het water stoffen medevoert, behoort de gemiddelde snelheid niet beneden eene zekere grens te zijn, wanneer men beletten wil, dat er bezinkingen ontstaan.

Indien het water in staat zal zijn om zekere bepaalde stoffen mede te voeren, dan zal de snelheid, op zijn minst genomen, groot genoeg moeten zijn om eenen kanaalbodem, die uit dezelfde soort van stoffen bestaat, uit te schuren.

Door bovenstaande tafel is alzoo de laagste grens v_1 der gemiddelde snelheid bekend.

Ziehier twee getallen, welke in vele gevallen met vrucht gebruikt kunnen worden:

Aard der stoffen.	Grens v_1 der gemiddelde snelheid. meters.
Zachte leem en slijk	0.266
Zandachtige stoffen	0.406

Bepaling van Q, *n en i door middel van het naauwkeurig nagaan der plaatselijke gesteldheid.*

Wij hebben hierbij uitsluitend kanalen op het oog, waarbij de doorsnede een trapezium is, dat om een halven cirkel kan beschreven worden.

Vermogen. — Het vermogen Q van een kanaal wordt altijd a priori bepaald.

Indien het een besproeijingskanaal betreft, dan moet men zich allereerst met den aard en de benaderende grootte der verschillende terreinen, die bevochtigd moeten worden, bekend maken.

In het noordelijke gedeelte van Italie rekent men gemiddeld, volgens Nadault de Buffon, op eenen liter water per secunde en per bunder.

Bovendien moet men letten op de hoeveelheid water, die door verdamping en opzuiging van den grond verloren kan gaan.

Betreft het een afvoerkanaal, dan moet men de uitgestrektheid van het terrein, dat drooggelegd moet worden, en de hoeveelheid water, die het door regen ontvangen kan, van te voren schatten.

Eene naauwgezette studie van de plaatselijke gesteldheid, de ervaring en het lezen van daarop betrekking hebbende werken zijn de eenige middelen om tot eene behoorlijke bepaling van het vermogen te geraken.

Helling van het talud. — Indien het terrein in de strekking, loodregt op de hoofdrigting van het kanaal, vrij gelijk en zijne waarde gering is, moet men zooveel mogelijk taluds van 60° helling met den horizon (verhouding van 1 op $\sqrt{3}$) aannemen.

Die helling komt met den vorm van den halven regelmatigen zeshoek overeen en leidt alzoo tot ongedekte werken van den minsten omvang.

De generaal Morin raadt aan om bij kanalen, die met gestapelde steenen bekleed zijn, voor taluds van aarde, de verhouding van 1 op 2, voor die van lossen grond 1 op 1, en voor die van zand of zeer weeken grond 2 op 1 te nemen. (*Aide-mémoire de mécanique pratique.*)

Indien het terrein zooveel waarde heeft, dat het van belang is om de bovenbreedte zooveel mogelijk te beperken, zal men zijne toevlugt tot de regthoekige doorsnede of meer algemeen tot taluds met zeer zwakke verhoudingen nemen, al moest men dan ook het kanaal met gemetselde zijwanden voorzien. Indien het terrein in de rigting, loodregt op die van het kanaal, sterk helt, moet men, om groote vergravingen te vermijden, voor het bovental eene zeer zwakke verhouding nemen.

In die gedeelten, waar het kanaal in ophooging bewerkt is, vooral bij de kunstwerken, is het meestal noodig de taluds verticaal te maken.

In alle gevallen moeten voor elk gedeelte van het geheele kanaal de verhoudingen van het talud a priori bepaald worden; dit geschiedt, wanneer men de terreinen, welke doorsneden moeten worden, opneemt, en wel door middel van soortgelijke beschouwingen, als boven zijn aangevoerd. Zoodra die verhoudingen bekend zijn, moet men door middel van tafel I er n uit afleiden.

Wanneer het kanaal verscheidene soorten van terreinen of wel een zelfde terrein onder verschillende omstandigheden moet doorsnijden, moet het in verscheidene vakken verdeeld worden.

Men houdt aanteekening van de waarde van n, die met elk van die vakken overeenkomt.

Helling. — De helling i kan door plaatselijke omstandigheden voorgeschreven worden. Indien dit zoo is, dan moeten de waarden van i naast die van n worden opgeteekend.

Dikwijls is het van belang de geringst mogelijke helling te kiezen.

Met een zijkanaal, bij voorbeeld, dat bestemd is om een gedeelte van het water eener vallei langs eenen heuvel te voeren, kan men, bij dezelfde kanaallengte, meer terrein besproeijen, wanneer de helling zwakker is gemaakt.

Somtijds moet de helling klein genomen worden, om watervallen ten dienste van de nijverheid te verkrijgen.

Bij het aanleggen van dergelijke kanalen moet men den aard van het water onderzoeken om v_1 te kennen.

Door vervolgens van de derde kolom der tafel II gebruik te maken, verkrijgt men de waarde van $1\,000\,000\ n\,Q\,i^2$, welke bij v_1 behoort.

Indien men zoo voor elk vak die waarde, benevens die van n en van Q kent, zal men daaruit gemakkelijk de grens i_1 afleiden, beneden welke de helling niet mag dalen.

Somtijds ook moet de helling zoo sterk mogelijk genomen worden. In dit geval moet men voor elk vak onderzoeken, van welken aard de bodem is, waarover het water moet stroomen. Daaruit zal men de grens v kunnen bepalen, welke de snelheid niet zal mogen overschrijden.

Door middel van de derde kolom der tafel II vindt men weder de waarde van $1\,000\,000\ n\,Q\,i^2$, welke met v overeenstemt en met deze waarde en die van n en Q verkrijgt men zonder moeite de waarde van I, welke de helling niet mag te boven gaan.

Het uitwerken van het plan.

Eerste verrigtingen op het terrein. — Men beginne met op het terrein eene hellingslijn uit te zetten, welke tot grondslag voor de verdere verrigtingen moet dienen en den loop van het kanaal bij benadering voorstelt.

Indien de helling door de plaatselijke omstandigheden bepaald wordt, moet men er zich bij het uitzetten dier lijn van bedienen. Wanneer het kanaal zoo weinig mogelijk hellend moet zijn, neme men de boven bepaalde waarde i_1 voor de helling aan.

Moet de helling van het kanaal zoo groot mogelijk zijn, dan zal zij een weinig meer dan het van te voren bepaalde getal I moeten bedragen.

Indien het kanaal in verscheidene vakken verdeeld wordt, moet de lijn de voor elk vak passende helling aannemen: men verkrijgt alzoo eene lijn met plotseling veranderde hellingen.

Men brenge die lijn in teekening, in platten grond en in lengteprofil; ook make men dwarsprofillen in genoegzaam aantal en op behoorlijke afstanden.

Modeldwarsprofillen. — De uitkomsten van de op het terrein gedane verrigtingen worden op het papier gebragt.

Men teekene bovendien een modeldwarsprofil van elk vak van het kanaal.

Te dien einde trekke men op het papier eene horizontale lijn, die de waterlijn moet voorstellen.

Na in deze lijn het punt O genomen te hebben, dat met de as van het kanaal overeenkomt, rigte men in dit punt eene loodlijn op en make OA gelijk aan de waterhoogte h, welke aldus bepaald wordt.

Na de snelheid op de boven aangewezene wijze gevonden te hebben, vindt men in de tweede kolom der tafel II de daarmede overeenstemmende waarde van $\frac{100\,h\,i}{2}$, waaruit, daar i bekend is, die van h van zelf volgt.

Beschrijven wij dan, om het punt O als middelpunt, met $OA = h$ als straal, een halven cirkel, trekken wij raaklijnen evenwijdig aan de taluds, waarvan de hellingen bekend zijn, en in het punt A, dan zal het trapezium BDEC de dwarsdoorsnede van het water zijn.

Indien men vervolgens boven BC, op eenen afstand gelijk aan de hoogte, die men aan de bermen boven den waterspiegel wil geven (van $0^m.20$ tot $0^m.40$), nog eene horizontale lijn trekt, welke de verlengden van de schuine zijden van het trapezium in B_1 en C_1 snijdt, dan zal het modelprofil gereed zijn.

Middelbare grondlijnen van het lengteprofil. — De grondlijn van het lengteprofil zal in elk vak meestal uit verscheidene regte lijnen zijn zamengesteld, die elkander onder zeer stompe hoeken snijden.

Men vereenige de uiteinden van zulk eene gebrokene lijn door eene regte lijn.

Door zulks voor elk vak te doen, verkrijgt men de middelbare grondlijn van het lengteprofil, aan welke de lijn van den kanaalbodem evenwijdig zal moeten zijn.

Eene naauwkeurige vergelijking van de dwarsprofillen van elk vak met het daarbij behoorende modelprofil zal aanwijzen, welke waarde men aan den afstand van de bodemlijn tot de middelbare grondlijn geven moet om de uitvoering van het werk zoo weinig mogelijk kostbaar te maken. Daardoor zal de bodemlijn over de geheele lengte van het lengteprofil getrokken kunnen worden. Vervolgens trekke men op elk dwarsprofil de horizontale lijn, waarmede het grondvlak van het kanaal moet overeenkomen.

Verbetering van het tracé. — Door de modelprofillen, welke bij de verschillende vakken behooren, uit te snijden, kan men zich mallen verschaffen. Legt men nu op de dwarsprofillen van een vak de mal, die daarbij behoort, zoodanig dat de onderkant op de grondlijn valt, welke men vroeger reeds heeft gevonden, en beweegt men de mal evenwijdig aan zich zelve, dan kan men haar, met het oog op de uitvoering van het werk, de meest geschikte ligging geven en daarna de as van het kanaal aanteekenen.

Die as snijdt de grondlijn in een punt, dat op het plan moet aangegeven worden.

Door vervolgens de aldus verkregene punten te vereenigen verkrijgt men eene gebrokene lijn.

Na eindelijk de hoeken door middel van verbindingskrommen vereffend te hebben, verkrijgt men de lijn van het tracé.

Laatste verrigtingen. — De lijn van het tracé moet zoo getrouw mogelijk op het terrein uitgezet worden, van de alzoo verkregene nieuwe grondlijn wordt een platte grond en een lengteprofil opgemaakt, met eene reeks van dwarsprofillen; bij elk profil wordt de aard van den bodem zorgvuldig aangeteekend.

Het opmaken van het project. — Wanneer de uitkomsten van deze verrigtingen op het papier overgebragt zijn, moet men het tracé op nieuw in verscheidene vakken verdeelen.

Voor elk vak vervange men de grondlijn van het lengteprofil door eene middelbare lijn en berekene daaruit de helling i.

Men zal het vermogen Q op nieuw kunnen bepalen door de oppervlakte, welke besproeid of drooggelegd moet worden en welke men nu naauwkeurig zal kennen, in rekening te brengen.

Nu kieze men onder alle dwarsprofillen, die tot een zelfde vak behooren, dat uit, hetwelk men als een gemiddeld profil zal kunnen beschouwen.

Met de helling van het talud, welke in dat profil wordt aangegeven, stemt eene waarde van n overeen, die door de tafel I wordt aangewezen. Met de bekenden Q, i en n kan men vervolgens door middel van de tafel II eerst v en dan h berekenen. Men kan dan het met deze gegevens overeenstemmende modelprofil beschrijven en daarop even als boven, op den afstand d van de grondlijn, de lijn der bermen trekken.

In het lengteprofil trekke men voorts eene lijn evenwijdig aan de middelbare lijn op eene hoogte d daarboven.

De grondlijnen van de verschillende vakken, welke op die wijze in het lengteprofil verkregen worden, vormen gewoonlijk geene doorloopende lijn. Daarom stelle men daarvoor eene gebrokene lijn in de plaats, welke er weinig van verschilt en waarvan de hoekpunten zich bevinden op de plaatsen, waar de verschillende vakken aaneensluiten. Die lijn, welke die van den bodem des kanaals voortstelt, worde door eene roode lijn aangewezen; men teekene voorts hare helling i in elk vak aan en berekene de verhoudingen der taluds, welke met de verschillende punten van het terrein, die in het lengteprofil aangewezen zijn, overeenkomen.

De grondlijnen moeten op de dwarsprofillen worden overgebragt.

Voor elk vak kent men nu weder Q, n en i, waaruit men door de tafel II v en h vindt.

Men kan dus gemakkelijk het modelprofil construeren en daarin de waterlijn aangeven. Men stelle deze in het lengteprofil door

middel van eene blaauwe lijn voor.

Eindelijk worde het modelprofil van elk vak op de daarbij behoorende dwarsprofillen overgebragt.

De teekeningen van het plan zijn alzoo volkomen bepaald en het opmaken der geschrevene stukken zal geene moeijelijkheid opleveren.

Toepassingen.

Eerste voorstel. — Een afleidingskanaal moet, met een vermogen van 500 liters per secunde, volgens de lijn der grootste helling (van 0m.01 per meter) van een zandachtig terrein aangelegd worden.

Welke doorsnede zal men moeten aannemen?

De taluds moeten met gestapelde steenen worden bekleed en volgens Morin in verhouding van 2 op 1 hellen.

De doorsnede moet een trapezium zijn, dat om een halven cirkel beschreven kan worden; volgens de tafel I zal men hebben $n = 0.101$.

Nu vindt men den straal h des ingeschreven cirkels op deze wijze.

Wanneer men i in millimeters en Q in teerling meters uitdrukt, dan vindt men voor het product $n\,Q\,i^2$

$$100 \times \tfrac{1}{2} \times 0.101 = 5.05.$$

Zoekt men deze waarde in de derde kolom van de tafel II op, zoo vindt men in de tweede kolom 1.530 voor de waarde van $\frac{h\,i}{2}$ of, daar i in millimeters uitgedrukt is, van $5\,h$. Derhalve $h = 0^{m}.306$.

Hieruit leidt men gemakkelijk de doorsnede van het kanaal af.

Bovendien heeft men in de eerste kolom $v = 2^{m}.15$ voor de stroomsnelheid.

Tweede voorstel. — Een zijkanaal, dat het besproeijingswater langs eenen heuvel moet voeren, moet over rotsen gaan, welke 30 graden op den horizon hellen. Het vermogen moet 200 liters per secunde bedragen ($Q = \frac{1}{5}$). De snelheid van het water moet, om bezinkingen te vermijden, minstens gelijk zijn aan 0m.80.

Welke helling en welke doorsnede zal men aan het kanaal moeten geven?

De helling moet hier zoo gering mogelijk zijn.

Het boventalud moet verticaal zijn, het andere met 1 op $\sqrt{3}$ hellen. De tafel I geeft $n = 0.134$.

Indien men in de eerste kolom van tafel II het getal 0.80 opzoekt, dan vindt men in de derde kolom het getal 0.043 618 voor de waarde van $n\,Q\,i^2$ en in de tweede het getal 0.2339 voor die van $\frac{h\,i}{2}$, waarbij i in millimeters is uitgedrukt.

Men heeft derhalve:

$$i = \sqrt{\frac{0.043618}{0.134 \times 0.2}} = \sqrt{\frac{436.18}{268}} = \sqrt{1.63} = 1^{mm}.28.$$

Men zal alzoo eene helling van 1mm.28 per meter kunnen aannemen.

De waterhoogte of de straal van den ingeschreven cirkel van het trapezium is gegeven door de vergelijking

$$h = \frac{0.2339 \times 1.28}{2} = 0^{m}.15.$$

Derde voorstel. — Een kanaal, dat 3 teerling meters water per secunde moet aanvoeren, moet in een leiachtig terrein worden aangelegd.

Welke helling en welke doorsnede moet men aannemen?

Voor de verhouding van het talud kan men 1 op 5 stellen. Men heeft alzoo door de tafel I $n = 0.136$.

De grootste snelheid, welke men kan toelaten, bedraagt 2m.02. De tafel II geeft dan

$$n\,Q\,i^2 = 3.692 \quad \text{en} \quad \frac{h\,i}{2} = 1^{m}.352.$$

Daaruit volgt vooreerst

$$i = \sqrt{\frac{3.692}{3 \times 0.136}} = \sqrt{\frac{3692}{408}} = \sqrt{9} = 3,$$

waaruit blijkt, dat de helling 3 millimeters per meter moet zijn en eindelijk

$$h = \frac{2 \times 1.352}{3} = 0^{m}.90$$

zoodat de waterhoogte of straal van den in de doorsnede beschreven cirkel 90 centimeters moet bedragen.

Noot I. — *Bewijs van het grondbeginsel en de daaruit afgeleide gevolgen.* — Stelt men den inhoud der waterdoorsnede door ω, de lengte van den natten omtrek door χ, de helling door i en de snelheid door v voor, dan heeft men

$$\frac{\omega}{\chi}\,i = a\,v + b\,v^2.$$

Voor de gegevene waarden van ω en i zullen derhalve de waarden van v en bijgevolg ook van het vermogen $Q = \omega\,v$ des te grooter zijn, naar mate de waarde van χ vermindert.

Beschouwen wij nu een trapezium, waarvan de hoogte $= h$ en de gemiddelde breedte $= l$ is en welks schuine zijden de hoeken α en β met de bazis maken, dan hebben wij

$$\omega = l\,h$$

$$\chi = l + \frac{h}{2}\left(\frac{2 - \cos\alpha}{\sin\alpha} + \frac{2 - \cos\beta}{\sin\beta}\right)$$

of wel, indien wij $\frac{l}{h} = \varepsilon$ en $\frac{1}{2}\left(\frac{2 - \cos\alpha}{\sin\alpha} + \frac{2 - \cos\beta}{\sin\beta}\right) = k$ stellen,

$$\frac{\omega}{\chi^2} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon + k)^2},$$

Deze waarde van $\frac{\omega}{\chi^2}$ wordt, voor $\varepsilon = k$, een maximum. Men heeft dan

$$\frac{\omega}{\chi^2} = \frac{1}{4\,\varepsilon}$$

of wel, dewijl $\chi = l + h\,\varepsilon = 2\,h\,\varepsilon$ is,

$$\frac{\omega}{\chi} = \frac{h}{2}.$$

Met deze betrekking wordt de doorsnede een trapezium, waarin een halve cirkel beschreven kan worden, zoodat hierdoor het eerste gevolg van ons grondbeginsel bewezen is.

Nu is voor elk trapezium, dat om een halven cirkel beschreven kan worden,

$$\frac{\chi^2}{2\,\omega} = \frac{2 - \cos\alpha}{\sin\alpha} + \frac{2 - \cos\beta}{\sin\beta};$$

en blijkbaar wordt het eerste lid dezer vergelijking een minimum, indien aan de beide vergelijkingen

$$\alpha = \beta \text{ en } \cos\alpha = \tfrac{1}{2}$$

voldaan wordt. Derhalve $\alpha = 60°$.

Men komt alzoo tot den halven regelmatigen zeshoek, dat is tot het bewijs van ons tweede gevolg.

Noot II. — *Bewijs van de grondformulen.* — Voor alle om den halven cirkel beschrevene figuren heeft men

$$\omega = \frac{h}{2}\,\chi,$$

waarin h de waterhoogte of straal des ingeschreven cirkels voorstelt.

Maar $\frac{\omega\,i}{\chi} = a\,v + b\,v^2$. . . . . (3) zijnde, volgt daaruit $\frac{h\,i}{2} = a\,v + b\,v^2$. . . . . (2).

Voorts komt er uit (3)

$$\frac{\omega^2\,i^2}{\chi^2} = (a\,v + b\,v^2)^2$$

of wel $\frac{\omega}{\chi^2}\,\omega\,v\,i^2 = v\,(a\,v + b\,v^2)^2$;

Maar dewijl $\omega\,v = Q$ en $\frac{\omega}{\chi^2} = n$ is, zoo wordt

$$n\,Q\,i^2 = v\,(a\,v + b\,v^2)^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

TAFEL I.

Waarden van n voor taluds van gegevene verhouding, indien de doorsneden trapeziums zijn, waarin een halve cirkel beschreven kan worden.

Verhouding → / ↓	0	1 op 10	1 op 5	1 op 2	1 op $\sqrt{3}$	1 op 1	3 op 2	$\sqrt{3}$ op 1	2 op 1
0	0.125	0.128	0.130	0.134	0.134	0.131	0.122	0.118	0.112
1 op 10	0.128	0.131	0.133	0.137	0.137	0.134	0.124	0.120	0.114
1 op 5	0.130	0.133	0.136	0.140	0.140	0.136	0.130	0.122	0.116
1 op 2	0.134	0.137	0.140	0.144	0.144	0.140	0.132	0.125	0.119
1 op $\sqrt{3}$	0.134	0.137	0.140	0.144	0.144	0.140	0.132	0.125	0.119
1 op 1	0.131	0.134	0.136	0.140	0.140	0.137	0.127	0.122	0.117
3 op 2	0.122	0.124	0.130	0.132	0.132	0.127	0.119	0.115	0.109
$\sqrt{3}$ op 1	0.118	0.120	0.122	0.125	0.125	0.122	0.115	0.112	0.106
2 op 1	0.112	0.114	0.116	0.119	0.119	0.117	0.109	0.106	0.101

TAFEL II.

Waarden van $\frac{1000\,h\,i}{2}$ *en van* $1\,000\,000\,n\,Q\,i^2$, *die met de waarden van* V *overeenkomen, bij kanalen, in wier doorsnede een halve cirkel beschreven kan worden.*

Gemiddelde snelheid v.	Waarde van $\frac{1000\,h\,i}{2}$	Waarde van $1000000\,n\,Q\,i^2$.	Gemiddelde snelheid v.	Waarde van $\frac{1000\,h\,i}{2}$	Waarde van $1000000\,n\,Q\,i^2$.	Gemiddelde snelheid v.	Waarde van $\frac{1000\,h\,i}{2}$	Waarde van $1000000\,n\,Q\,i^2$.	Gemiddelde snelheid v.	Waarde van $\frac{1000\,h\,i}{2}$	Waarde van $1000000\,n\,Q\,i^2$.
0.01	0.0005	0.0000 0000 25	0.54	0.1142	0.0070 42	1.07	0.4017	0.1727	1.60	0.8630	1.1916
0.02	0.0010	0.0000 0002 00	0.55	0.1180	0.0076 58	1.08	0.4088	0.1805	1.61	0.8734	1.2282
0.03	0.0016	0.0000 0007 68	0.56	0.1219	0.0083 21	1.09	0.4159	0.1885	1.62	0.8838	1.2654
0.04	0.0023	0.0000 0021 16	0.57	0.1258	0.0090 21	1.10	0.4231	0.1969	1.63	0.8943	1.3036
0.05	0.0030	0.0000 0045 00	0.58	0.1298	0.0097 72	1.11	0.4304	0.2056	1.64	0.9048	1.3426
0.06	0.0038	0.0000 0086 64	0.59	0.1339	0.0105 78	1.12	0.4378	0.2147	1.65	0.9154	1.3826
0.07	0.0046	0.0000 0148 12	0.60	0.1380	0.0114 26	1.13	0.4452	0.2240	1.66	0.9261	1.4237
0.08	0.0055	0.0000 0242 00	0.61	0.1422	0.0123 35	1.14	0.4527	0.2336	1.67	0.9369	1.4659
0.09	0.0065	0.0000 0380 25	0.62	0.1465	0.0133 07	1.15	0.4602	0.2436	1.68	0.9477	1.5089
0.10	0.0075	0.0000 0562 50	0.63	0.1508	0.0143 27	1.16	0.4678	0.2539	1.69	0.9586	1.5530
0.11	0.0086	0.0000 0814	0.64	0.1552	0.0154 16	1.17	0.4754	0.2644	1.70	0.9695	1.5979
0.12	0.0098	0.0000 1152	0.65	0.1596	0.0165 57	1.18	0.4831	0.2754	1.71	0.9805	1.6440
0.13	0.0110	0.0000 1573	0.66	0.1641	0.0177 73	1.19	0.4909	0.2868	1.72	0.9915	1.6909
0.14	0.0123	0.0000 2118	0.67	0.1686	0.0190 45	1.20	0.4988	0.2986	1.73	1.0026	1.7390
0.15	0.0136	0.0000 2774	0.68	0.1732	0.0203 99	1.21	0.5067	0.3107	1.74	1.0138	1.7884
0.16	0.0150	0.0000 3600	0.69	0.1779	0.0218 37	1.22	0.5146	0.3231	1.75	1.0251	1.8390
0.17	0.0165	0.0000 4628	0.70	0.1827	0.0233 66	1.23	0.5226	0.3359	1.76	1.0364	1.8905
0.18	0.0180	0.0000 5832	0.71	0.1875	0.0249 61	1.24	0.5307	0.3492	1.77	1.0477	1.9429
0.19	0.0196	0.0000 7299	0.72	0.1924	0.0266 53	1.25	0.5389	0.3630	1.78	1.0591	1.9966
0.20	0.0213	0.0000 9074	0.73	0.1973	0.0284 17	1.26	0.5471	0.3771	1.79	1.0706	2.0517
0.21	0.0230	0.0001 1109	0.74	0.2023	0.0302 85	1.27	0.5554	0.3918	1.80	1.0822	2.1081
0.22	0.0248	0.0001 3531	0.75	0.2073	0.0322 30	1.28	0.5637	0.4067	1.81	1.0938	2.1655
0.23	0.0266	0.0001 6274	0.76	0.2124	0.0342 86	1.29	0.5721	0.4222	1.82	1.1055	2.2243
0.24	0.0285	0.0001 9494	0.77	0.2176	0.0364 59	1.30	0.5805	0.4381	1.83	1.1172	2.2841
0.25	0.0304	0.0002 3104	0.78	0.2229	0.0387 54	1.31	0.5890	0.4545	1.84	1.1290	2.3453
0.26	0.0325	0.0002 7463	0.79	0.2282	0.0411 39	1.32	0.5976	0.4714	1.85	1.1409	2.4081
0.27	0.0346	0.0003 2323	0.80	0.2336	0.0436 55	1.33	0.6063	0.4889	1.86	1.1528	2.4718
0.28	0.0367	0.0003 7713	0.81	0.2390	0.0462 68	1.34	0.6150	0.5068	1.87	1.1648	2.5371
0.29	0.0389	0.0004 3883	0.82	0.2445	0.0490 20	1.35	0.6238	0.5253	1.88	1.1768	2.6035
0.30	0.0412	0.0005 0923	0.83	0.2500	0.0518 75	1.36	0.6326	0.5442	1.89	1.1889	2.6715
0.31	0.0435	0.0005 8660	0.84	0.2556	0.0548 78	1.37	0.6415	0.5638	1.90	1.2011	2.7410
0.32	0.0459	0.0006 7418	0.85	0.2613	0.0580 36	1.38	0.6504	0.5838	1.91	1.2133	2.8117
0.33	0.0484	0.0007 7304	0.86	0.2670	0.0613 09	1.39	0.6594	0.6044	1.92	1.2256	2.8840
0.34	0.0509	0.0008 8088	0.87	0.2728	0.0647 45	1.40	0.6685	0.6256	1.93	1.2380	2.9580
0.35	0.0535	0.0010 0179	0.88	0.2787	0.0683 53	1.41	0.6776	0.6474	1.94	1.2504	3.0332
0.36	0.0561	0.0011 3300	0.89	0.2846	0.0720 87	1.42	0.6868	0.6698	1.95	1.2629	3.1101
0.37	0.0588	0.0012 7925	0.90	0.2906	0.0760 04	1.43	0.6961	0.6929	1.96	1.2754	3.1882
0.38	0.0616	0.0014 4193	0.91	0.2966	0.0800 54	1.44	0.7054	0.7165	1.97	1.2880	3.2681
0.39	0.0644	0.0016 1747	0.92	0.3027	0.0842 98	1.45	0.7148	0.7409	1.98	1.3007	3.3498
0.40	0.0673	0.0018 1172	0.93	0.3089	0.0887 40	1.46	0.7242	0.7657	1.99	1.3134	3.4328
0.41	0.0702	0.0020 20	0.94	0.3151	0.0933 31	1.47	0.7337	0.7913	2.00	1.3262	3.5176
0.42	0.0732	0.0022 50	0.95	0.3214	0.0981 33	1.48	0.7433	0.8177	2.01	1.3390	3.6038
0.43	0.0763	0.0025 03	0.96	0.3277	0.1030 92	1.49	0.7529	0.8446	2.02	1.3519	3.6918
0.44	0.0794	0.0027 74	0.97	0.3341	0.1082 74	1.50	0.7626	0.8723	2.03	1.3649	3.7818
0.45	0.0826	0.0030 70	0.98	0.3406	0.1136 88	1.51	0.7724	0.9009	2.04	1.3779	3.8732
0.46	0.0859	0.0033 94	0.99	0.3472	0.1193 42	1.52	0.7822	0.9300	2.05	1.3910	3.9665
0.47	0.0892	0.0037 40	1.00	0.3538	0.1251 74	1.53	0.7921	0.9600	2.06	1.4042	4.0619
0.48	0.0926	0.0041 16	1.01	0.3604	0.1312	1.54	0.8020	0.9905	2.07	1.4174	4.1587
0.49	0.0960	0.0045 16	1.02	0.3672	0.1375	1.55	0.8120	1.0220	2.08	1.4307	4.2576
0.50	0.0995	0.0049 50	1.03	0.3740	0.1441	1.56	0.8221	1.0543	2.09	1.4440	4.3579
0.51	0.1031	0.0054 21	1.04	0.3808	0.1508	1.57	0.8322	1.0873	2.10	1.4574	4.4604
0.52	0.1067	0.0059 20	1.05	0.3877	0.1578	1.58	0.8424	1.1212	2.11	1.4709	4.5651
0.53	0.1104	0.0064 60	1.06	0.3947	0.1651	1.59	0.8527	1.1561	2.12	1.4844	4.6713

Gemiddelde snelheid v.	Waarde van $\frac{1000\,h\,i}{2}$	Waarde van $1000000\,n\,Q\,i^2$.	Gemiddelde snelheid v.	Waarde van $\frac{1000\,h\,i}{2}$	Waarde van $1000000\,n\,Q\,i^2$.	Gemiddelde snelheid v.	Waarde van $\frac{1000\,h\,i}{2}$	Waarde van $1000000\,n\,Q\,i^2$.	Gemiddelde snelheid v.	Waarde van $\frac{1000\,h\,i}{2}$	Waarde van $1000000\,n\,Q\,i^2$.
2.13	1.4980	4.7797	2.35	1.8126	7.7210	2.57	2.1572	11.9595	2.79	2.5318	17.8839
2.14	1.5117	4.8904	2.36	1.8276	7.8827	2.58	2.1736	12.1893	2.80	2.5495	18.1999
2.15	1.5254	5.0027	2.37	1.8427	8.0474	2.59	2.1900	12.4219	2.81	2.5673	18.5208
2.16	1.5392	5.1173	2.38	1.8579	8.2153	2.60	2.2065	12.6585	2.82	2.5851	18.8453
2.17	1.5530	5.2336	2.39	1.8731	8.3853	2.61	2.2231	12.8991	2.83	2.6030	19.1750
2.18	1.5669	5.3523	2.40	1.8884	8.5585	2.62	2.2397	13.1426	2.84	2.6210	19.5098
2.19	1.5809	5.4733	2.41	1.9037	8.7340	2.63	2.2564	13.3902	2.85	2.6391	19.8498
2.20	1.5949	5.5962	2.42	1.9191	8.9127	2.64	2.2731	13.6408	2.86	2.6572	20.1936
2.21	1.6090	5.7214	2.43	1.9345	9.0938	2.65	2.2899	13.8957	2.87	2.6754	20.5428
2.22	1.6231	5.8485	2.44	1.9500	9.2781	2.66	2.3068	14.1547	2.88	2.6936	20.8958
2.23	1.6373	5.9781	2.45	1.9656	9.4659	2.67	2.3237	14.4169	2.89	2.7119	21.2542
2.24	1.6516	6.1102	2.46	1.9812	9.6559	2.68	2.3407	14.6834	2.90	2.7302	21.6166
2.25	1.6659	6.2443	2.47	1.9969	9.8494	2.69	2.3578	14.9543	2.91	2.7486	21.9845
2.26	1.6803	6.3809	2.48	2.0126	10.0454	2.70	2.3749	15.2284	2.92	2.7671	22.3580
2.27	1.6948	6.5202	2.49	2.0284	10.2449	2.71	2.3921	15.5070	2.93	2.7857	22.7372
2.28	1.7093	6.6615	2.50	2.0443	10.4479	2.72	2.4093	15.7889	2.94	2.8043	23.1204
2.29	1.7239	6.8054	2.51	2.0603	10.6545	2.73	2.4266	16.0753	2.95	2.8230	23.5095
2.30	1.7385	6.9515	2.52	2.0763	10.8638	2.74	2.4440	16.3664	2.96	2.8417	23.9028
2.31	1.7532	7.1003	2.53	2.0924	11.0767	2.75	2.4614	16.6608	2.97	2.8605	24.3019
2.32	1.7680	7.2519	2.54	2.1085	11.2923	2.76	2.4789	16.9601	2.98	2.8793	24.7053
2.33	1.7828	7.4056	2.55	2.1247	11.5116	2.77	2.4965	17.2641	2.99	2.8982	25.1147
2.34	1.7977	7.5622	2.56	2.1409	11.7336	2.78	2.5141	17.5716	3.00	2.9172	25.5302

ONDERZOEK OMTRENT HET MARITIEME GEDEELTE DER SCHELDE, DOOR A. STESSELS, *luitenant ter zee der eerste klasse, belast met de hydrographie der Belgische kusten.*

(*Annales des Travaux Publics de Belgique*, 1866, p. 5.)

(Vertaald door J. Tideman, L. K. Inst. I.)

In eene rivier als de Schelde, waarvan het maritieme gedeelte door eene uitgestrekte vlakte stroomt, geheel uit aanslibbingen bestaande, zijn de getijden de hoofdoorzaak van het behoud der bevaarbare gedeelten; ik wil trachten dit te bewijzen door middel van onderscheidene vergelijkingen, uit mijne waarnemingen afgeleid.

Van Burght op den linkeroever en Stabrouck en Santvliet op den regteroever af vormen de boorden der rivier polders, waarvan de grondslag slechts zelden die van hoogwater is; ook werden zij, vóór de indijkingen, tweemaal daags overstroomd.

Dit is de oorzaak waarom de Schelde om zoo te zeggen geen verval heeft tusschen hare laagste waterstanden van de Rupel tot de zee, alwaar over een ontwikkelden afstand van bijna 90 kilometers het verschil in waterspiegel slechts ongeveer 40 centimeters bedraagt.

Van Vlissingen tot Antwerpen bevat de rivier gemiddeld ongeveer 7824 millioen teerling meters vloedwater, welke hoeveelheid nagenoeg overeenkomt met 22 maal hetgeen te Vlissingen, gedurende zes uren vloed, binnenstroomt. Het zijn dan ook de stroomen, door vloed en eb teweeggebragt, welke de diepten onderhouden door deze massa water in beweging te brengen, zoo verschillend van die, welke de rivier in een getij ontvangt en waarvan de hoeveelheid vooral afhankelijk is van de bij laag tij droogvallende gedeelten, begrepen tusschen de laagwaterlijn en den voet der dijken.

Deze hoeveelheid water, welke men tijwater kan noemen, bestaat niet over de geheele lengte der rivier alleen uit zout water: te Antwerpen begint het water, bij hoog tij, brak te worden en nabij de Rupel blijft het bijna geheel zoet, ofschoon het verschil tusschen eb en vloed er gemiddeld nog 4 meters bedraagt.

Bij laag tij blijft het water altijd zout beneden het fort de Parel en zijne digtheid is grooter dan 1.009.

Deze wijziging in den toestand van het opperwater ontstaat door het opkomend tij, hetwelk gedurende al den tijd, dat de vloed duurt, het zoete water tegenhoudt en in dit gedeelte der rivier een hoogeren waterspiegel onderhoudt, die gedurende de eb de snelheid der afstrooming vermeerdert en zoo doende de uitschuring der bevaarbare gedeelten bevordert.

Deze beide oorzaken: de beweging door de getijgolven teweeggebragt in de watermassa, waaraan de rivier tot bewaarplaats strekt, en de opstuwing van het zoete water die aan het bovengedeelte der rivier de golvingen van het benedengedeelte mededeelt, zijn van het hoogste belang voor het behoud van den tegenwoordigen toestand bij rivieren als de Schelde.

Met de eerste oorzaak staan in verband het verschil tusschen eb en vloed bij de uitmonding en zijne verspreiding binnenwaarts, alsmede de oppervlakte der spuiboezems; met de tweede de hoeveelheid opperwater of zoetwater, die in de rivier wordt afgevoerd.

De uitstrooming is afhankelijk van de stelling van den top der tijgolf op de verschillende uren, die op het tijdstip van het hoogwater bij de uitmonding volgen of het voorafgaan.

De door mij in de Schelde gedane waarnemingen hebben mij doen zien dat deze golf, noodwendig vertraagd bij het opgaan van

de rivier, geen gelijkvormig vertraagden loop houdt; de plotselinge verbreedingen bevorderen haren voortgang, terwijl eene vernaauwing, die den top der golf een weinig doet rijzen, hare beweging vertraagt.

De groote oppervlakten, die de rivier bij laagwater droog laat, zijn dus niet slechts zeer nuttig door haren inhoud te vergrooten, maar zij bevorderen zeer den loop van het opkomend getij en het behoud van zijne hoogte.

Door de volgende tafels, die eenige profillen aangeven van Vlissingen tot de Rupel, kan men gemakkelijk nagaan hoezeer in de Schelde de belangrijkheid der bevaarbare gedeelten afneemt met die van de watermassaas stroomopwaarts.

TAFEL I.

Profillen.	Gemiddelde hoogte bij laagwater.	Gemiddelde hoogte bij hoogwater.	Breedte bij laagwater.	Breedte bij hoogwater.	S. Oppervlakte van de natte doorsnede bij laagwater.	Vloedwater tusschen de laagwaterlijnen.	Vloedwater tusschen de laagwaterlijn en de hoogwaterlijn.	M. Gezamenlijke hoeveelheid vloedwater.	$\frac{S.}{M.}$	Gemiddelde diepte.	Grootste diepten.
	m.	m.	m.	m.	m².	m².	m².	m².		m.	m.
Vlissingen en Breskens	—0.05	3.55	4 275	4 870	63 315	15 390	1 109	16 499	3.83	14.81	29.0
Ellewoutsdijk en keet van de Nieuwe polder	—0.10	3.65	3 960	4 930	34 450	14 852	1 842	16 694	2.03	11.52	32.0
Waarde en baak van het oude hoofd	—0.19	3.74	3 000	3 030	32 490	11 790	60	11 850	2.76	10.83	32.0
Meridiaan over de Polderbaak (1)	—0.19	3.81	1 690	9 760	10 280	6 760	16 140	22 900	0.45	6.09	17.2
Prospersluis en Rijksbaak op den regter-oever	—0.10	4.00	1 190	2 370	6 410	4 223?	2 790	7 013	0.91	5.38	13.0
Doel en Kruisweg	—0.03	4.07	555	1 445	4 104	2 275	1 267	3 542	1.20	7.39	16.0
Liefkenshoek en Lillo	—0.11	4.18	745	840	5 262	3 196	137	3 333	1.61	7.06	14.2
Noordhoek van het fort de Parel	0.00	4.20	637	747	4 005	2 675	111	2 786	1.43	6.28	16.1
Het blaauwe Huis	0.06	4.26	685	798	3 412	2 837?	91	2 928	1.16	4.97	11.7
Austruweel	0.08	4.28	365	747	2 327	1 533	97	1 630	1.43	6 37	11.0
Nieuwe dokken te Antwerpen	»	»	500	550	4 593	2 100	40.7	2 141	2.14	9.19	17.5
Werf	»	»	275	347	2 565	1 155	72	1 227	2.02	9.29	14.1
Batterij S. Michiel	»	»	338	416	2 308	1 420	96	1 516	1.53	6.8	14.5
Mastbok	»	»	554	657	2 306	2 327	103	2 430	0.96	4.16	8.1

TAFEL II.

Volgnummer	Profillen.	Breedte bij laagwater.	Oppervlakten tusschen de doorsneden bij laagwater.	Banken, er af te rekenen.	Z. Natte oppervlakte bij laagwater.	Droogloopende gedeelten. Linker-oever.	Regter-oever.	Banken in het midden.	D. Te zamen.	$\frac{Z.}{D.}$	D + Z. Natte oppervlakte bij hoogwater.	Gemiddelde diepte.
		m.	bunders	bunders	bunders	bunders	bunders	bunders	bunders		bunders	m.
1	Vlissingen en Breskens	4 275	2 230.4	88.0	2 142.4	246.0	60.0	88.0	394.0	5.43	2 536.4	14.81
2	Zuidwatering	6 600	3 746.6	760	2 926.6	82.5	2 800.0	760.0	3 642.5	0.84	6 629.1	
3	Borssele	5 550	3 560	514	3 046.0	2 600.0	80.0	514.0	3 194.0	0.94	6 240.0	
4	Ellewoutsdijk	3 940	3 720	288	3 432.0	160.0	370.0	288.0	818.0	4.25	4 250.0	11.52
5	Baarland	3 050	1 219.8	54	1 165.8	440.0 297.6	»	54.0	791.6	1.50	1 957.4	
6	Baarland en Ossenisse	4 130	1 870	150	1 720.0	30.0	90.0	150.0	270.0	6.34	1 990.0	
7	Kapelle en Ossenisse	5 050	2 184.0	300	1 884.0	84.0	160.0	300.0	544.0	3.48	2 428.0	
8	Waarde en het Oude hoofd	3 000	684	80	604.0	170 0	3.0	80.0	254 0	2.38	858.0	10.83
9	Meridiaan van Waarde	»	1 407	180	1 227.0	2 310.0	580.0	180.0	3 070.0	0.28	4 297.0	
10	Meridiaan van de Polder	1 690	786.2	119	667.2	2 646.0	470.0	119.0	3 235.0	0.21	3 902.2	6.09
11	Meridiaan van Bath		1 162 8	48	1 114.8	550 0	1 690.0	48.0	2 288.0	0.50	3 402.8	
12	Prospersluis	1 190	220	»	220	60.0	88.4	»	148.4	1.50	368.4	5.38
13	Fort Frederik Hendrik	1 060	188.3	8.0	180.8	25.6	86.0	8.0	119.6	1.51	299.9	
14	Doel en Kruisweg	680	109.62	»	109.52	0.9	57.4?	»	57.98	1.91	167.5	7.39
15	Lillo	630	149	»	149.1	28.5	34.5	»	63.0	2.36	212.1	7.06
16	De Kruisschaal	780	108.0	»	108.0	10.0	60.0	»	70.0	1.54	178.0	
17	Meestoof		108.5	»	108.5	16.6	8.10	»	28.7?	3.72	137.2	
18	Fort Philips		60.0	»	60 0	15.4	3.0	»	18.4	3.33	78.4	
19	Koningspolder		67.41	»	67.4	1.2	9.0	»	10.20	6.70	77.6	
20	Het blaauwe Huis		98.2	»	98.8	13.3	10.0	»	23.3	4.25	112.1	4.97
21	Draaijende sluis		51.24	»	51.3	15.6	2.5	»	18.1	2.83	69.4	
22	Pijp tabak		127.60	»	127.6	55.1	11.5	»	66.6	2.00	194.2	
23	Noorderfort											
			23 860.3	2 589.0	21 270.3	9 861.4	6 673.3	2 589.0	19 225.4		40 496.2	

(1) Voor dit profil staat in het oorspronkelijke M = 33 180 en $\frac{S^1}{M} = 0.31$.

Andere onjuistheden zijn verbeterd of met ? aangewezen. (Red.)

Hetgeen ik als gemiddelde diepte van eene doorsnede heb aangeduid, is de oppervlakte van die doorsnede, gedeeld door hare breedte bij laagwater; zij geeft een vrij zuiver denkbeeld van den toestand der rivier, wanneer de doorsnede nagenoeg met de stroomgeul overeenkomt; maar om niettemin de hellingen en tegenhellingen der bedding goed te doen uitkomen, heb ik er in eene kolom de grootste diepten bijgevoegd.

De ophoogingen van den grond ontstaan vooral door het gaan van den stroom van den eenen oever naar den anderen. Die overgangen vallen minder zelden voor beneden Doel dan hooger op, alwaar de rivier door hare dijken wordt ingesloten; maar benedenstrooms vindt men ook meer inhammen of schaar. De invloed van deze op den hoofdtak is er evenwel niet zoo groot als stroomopwaarts en het verlies aan waterafvoer voor dien tak wordt er niet belangrijk vergroot, gelijk uit de diepte der vaarwaters blijken kan.

De groote diepten worden altijd aangetroffen in de bogten, die vaak onderling van elkander afhankelijk zijn.

Als de bogt een kleinen straal heeft, zooals te Antwerpen en te Bath, dan vermeerdert de middenpuntschuwende kracht de snelheid van den stroom, die zich alsdan eene diepe bedding vormt, bijvoorbeeld 17m.2 te Antwerpen en 22 meters te Bath.

Bij het verlaten van de bogt verliest de stroom niet terstond zijne snelheid, hij tracht alsdan de raaklijn der stroomgeul te volgen; vandaar ontstaat een dwarsche stroom, welker grootere doorsnede de snelheid van het water vermindert en verzandingen doet ontstaan.

De bogten zijn dus nadeelig, wanneer haar straal klein genoeg is om den stroom eensklaps van den eenen oever naar den anderen te doen gaan; de dwarsche rigting voorbij Antwerpen heeft 7m.7 diepte bij laagwater in de stroomgeul en zij heeft slechts 6m.5 beneden Bath.

De ondiepste dwarsgeul is nabij de Belgische grens: er stond toch nog 5m.7 toen ik er voor de laatste maal, bij laagwater in 1863, heb gepeild. Behalve de verzandingen, door de dwarsche stroomen teweeggebragt, zijn er nog andere, die meer regtstreeks met den loop der aanslibbingen in verband staan, en die het van veel gewigt is te onderzoeken.

Het is algemeen bekend, dat de regen naar den stroom, die het regenwater naar zee voert, eene groote hoeveelheid stoffen medesleept, die hij gedurende zijn loop langs den grond heeft verzameld; het zijn vooral de ligtste stoffen die in aanmerking komen voor dat gedeelte van de Schelde, dat zich beneden Antwerpen uitstrekt, want door de vertragingen in de stroomsnelheid heeft het meerendeel der zwaardere stoffen zich reeds nedergezet, alvorens de rivier te bereiken.

Bij deze aanslibbingen uit de rivieren, die voor het grootste gedeelte in zee uitloopen, komen nu nog de aanslibbingen uit zee, waarvan de loop op onze kusten zoo gemakkelijk te herkennen is aan de banken, welke zij voor de havens der Noordzee vormen; zij volgen den vloed in zijnen loop tot aan den mond der Schelde waar een groot deel zich nederzet en een ander den stroom tot nagenoeg aan de grenzen van het brakke water volgt.

De beide soorten van aanslibbingen ontmoeten elkander in grootere hoeveelheid aan de oevers en in de verbreedingen, alwaar de verhouding van den natten omtrek tot de oppervlakte de grootste is. Zij zijn voorzeker afhankelijk van de hoeveelheid zeewater, die in de rivier wordt opgenomen; maar dewijl, door het verval van het opperwater, er altijd een weinig meer water uitstroomt dan binnenkomt, zoo is de beweging vooral in de rigting der eb; ook voert de algemeene loop der aanslibbingen deze zeewaarts.

De verschillende banken, welke men in het maritieme gedeelte der Schelde aantreft, zijn alle gelegen beneden de uitstekende gedeelten der oevers, waaraan zij zich stroomopwaarts hechten; maar, daar de toestand, die het gevolg is van het evenwigt der in de rivier werkende krachten, een andere is voor den vloed dan voor de ebbe, en daar ook de vorm der bogten een invloed heeft, die verschilt bij het opkomend en het afloopend getij, zoo verandert de rigting der banken naar gelang van de verhouding tusschen de kracht van den vloed en van de daarop volgende ebbe.

De vloed tracht de banken van den oever los te maken en diepe inhammen te vormen, welke men in de Schelde *schaar* noemt; zij ontstaan even als de banken door de sterke bogten en daar zij aan den vloedstroom eene andere rigting geven dan die welke de eb volgde, zoo verliest deze bij haar terugkeeren van haar vermogen om de bank of de daarmede verbonden aanslibbingen mede te slepen.

Het is de toestand van evenwigt tusschen de vloeden en de ebben die den algemeenen vorm der banken in eene rivier zou handhaven, vooral wanneer de vloeden steeds dezelfde bleven; maar, gelijk men weet, verschillen die met den ouderdom der maan en met de winden, die in de Noordzee geheerscht hebben. Deze oorzaken vermeerderen de hoogte van het getij en den tijd van duur van den vloed; die hoogte brengt wel eene sterkere ebbe te weeg, doch, dewijl de duur van deze is verminderd, zoo is hare verhouding met den vloed verbroken en er vloeit een andere toestand uit voort, die de bank verplaatst.

Daar de oorzaken die het getij doen verschillen nagenoeg periodiek zijn, zoo zou de natuur, aan zich zelve overgelaten of liever geleid door den mensch, die zich er op heeft toegelegd haar waar te nemen, ten slotte altijd een toestand doen ontstaan zoo nabij mogelijk aan het evenwigt, dat voor eene behoorlijke scheepvaart noodig is; maar ongelukkigerwijze is dit niet altijd het geval. De buitengewone oorzaken, die een begin van verzanding hebben teweeggebragt, worden vaak door de oeverbewoners begunstigd, vooreerst met het doel om hunne dijken te beschermen, vervolgens met het doel om nieuwe gronden op de rivier te veroveren.

Onze (Belgische) ingenieurs moeten er naar streven handelingen te doen ophouden, die, door de ruimte van den stroom te verminderen, dezen al spoedig tot dien toestand zouden doen naderen, welke zou ontstaan als men het getijwater verminderde; want dit zou ten gevolge hebben, dat de nieuwe riviervakken slechts een gevaarlijk vaarwater zouden overlaten, in plaats van de gemakkelijke toegangen van de tegenwoordige haven van Antwerpen.

Hoezeer de hoeveelheid water, die in de verschillende riviervakken stroomt, moeijelijk juist is te bepalen, uithoofde van het groot aantal gelijktijdige waarnemingen, die op verschillende punten van een vak moeten worden gedaan, om er de gemiddelde snelheid van te bepalen, en overigens in de groote breedten de normale doorsnede van de stroomgeul niet overeenkomt met het normaal vlak op de gemiddelde rigting van al de waterdeelen, heb ik de volgende uitkomsten verkregen gedurende 6 uren rijzend getij:

Teerling meters.

te Vlissingen 362 891 000;
» Lillo 74 923 000, afstand 64 kilometers;
» Antwerpen 54 934 000, » 14 »

Deze cijfers zijn, ik herhaal het, slechts benaderde waarden; zij toonen aan dat de vermindering van het vermogen overeenkomt met die van de waterberging stroomopwaarts; want de hoogte van het getij is te Antwerpen grooter dan bij den mond, en zij bereikt zelfs haar maximum eerst een weinig boven Antwerpen.

De tafel nº. 2 doet zien hoe de oppervlakten, die bij laagwater en bij hoogwater bedekt zijn, van Vlissingen tot Antwerpen afnemen.

Hieruit volgt dat de rivier van Vlissingen tot Lillo bij laagwater 20 390 bunders en bij hoogwater 39 119 bunders bedekt; van Lillo tot Antwerpen bij laagwater 880 en bij hoogwater 1236 bunders.

Brussel, 20 April 1865.

ZWITSERSCHE ALPEN-SPOORWEG.

(Naar een opstel van G. Lommel, voorkomende in het *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, 2es und 3es Heft, 1866.)

(Bewerkt door P. A. de Feyfer, B. L. K. Inst. I.)

I.

Zestien jaren zijn verloopen sinds Oostenrijk eene spoorwegverbinding trachtte te verkrijgen tusschen zijne hoofdstad en de zeehaven Triest. Men moest de Alpen overschrijden door den Semmering-pas, op eene hoogte van circa 900 meters boven de zee, en had een' bergspoorweg aan te leggen (van Payerbach tot Mürzzuschlag) over eene lengte van 42 kilometers.

Het was de eerste Alpen pas, dien het stoompaard zoude bestijgen, en wel met eene helling van 0.025; eene toen reusachtige onderneming, waarvan het gelukken zeer werd betwijfeld.

Tijd, geld en volharding deden echter het voorgestelde doel bereiken; de spoorweg werd in Julij 1854 ingewijd, en wordt sedert, hoewel moeijelijk, toch geregeld geëxploiteerd.

Ook Sardinië had reeds lang getracht zijne berggrenzen te openen. Dáár evenwel waren alle passen veel hooger en meestal moeijelijker te bereiken dan de Semmering; dáár werd dan ook het eerst aan doorboring gedacht.

Nadat Mauss de machinale tunnelboring voorgesteld, en daartoe zijne denkbeelden aan de muurbrekers der oude Romeinen en Mooren ontleend had, kwam Colladon in 1855 te berde met zijn' voorslag om de lucht als beweegkracht in tunnels te gebruiken. Op de mislukte pogingen van Mauss volgden de doelmatiger werktuigen van Bartlett en Pressel, en de voldoende proeven in den Hauenstein-tunnel; naar welke eindelijk Grandis, Grattoni en Sommeiller de werktuigen vervaardigden, die thans den Mont-Cenis doorboren.

Deze eerste Alpen-tunnel zal St. Michel (ten noorden) met Suza (ten zuiden) verbinden; hij is 12 200 meters lang en 1340 meters boven de oppervlakte der zee gelegen. Eene tweede verbinding, over de Alpen, is sedert drie jaren in aanbouw, geheel naar het voorbeeld van de Semmering-baan, gaat door den Brenner-pas, tusschen Botzen (ten zuiden) en Innsbrück (ten noorden), en zal in 1867 voltooid zijn.

Het hoogste punt van dezen pas is 1340 meters boven de zee, en de grootste helling, waarmede hij bestegen zal worden, is 0.025.

De Mont-Cenis is van den Brenner slechts 420 kilometers verwijderd, of wel, als men de krommingen der Alpen volgt, 500 kilometers; maar in die tusschenruimte vindt men ten noorden het industriële Zwitserland, ten zuiden de vruchtbare vallei der Po; en de verbinding, door Zwitsers en Lombardiërs evenzeer gewenscht, is voor zuid-westelijk Duitschland en noord-oostelijk Frankrijk niet minder belangrijk dan voor geheel Italië.

Hoe echter die verbinding te bewerkstelligen; zal men den weg over of door den berg leiden?

De Zwitsersche Alpen-passen zijn allen veel hooger dan Semmering of Brenner, en de exploitatie, reeds moeijelijk en kostbaar bij die passen, zal dit zooveel te meer zijn over de Zwitsersche bergen.

Wel heeft men in de laatste jaren groote stappen voorwaarts gedaan in de constructie van berglocomotieven, doch hoe doelmatig men deze ook moge vervaardigen, altijd blijft de exploitatie van een' bergweg veel moeijelijker dan die van een' horizontalen spoorweg.

Het nadeel der hellingen werd zeer juist uitgedrukt door den minister Menabrea bij de discussiën, in het Sardinische parlement, over de doorboring van den Mont-Cenis.

Ter verdediging van het ontwerp voor tunnelboring, voerde hij o. a. in hoofdzaak het navolgende aan: «Weet gij, mijne heeren! «wat het beteekent, om een' weg over een' bergtop aan te leggen? «Het is het scheppen van een' eeuwigdurenden strijd tegen de «zwaartekracht. Wilt gij den invloed der zwaartekracht kennen, «bij spoorweg-exploitatie? Dan zeg ik U, dat men, om 100 meters «te stijgen, evenveel kracht moet aanwenden, als om 20 kilometers «horizontaal te doorloopen.

«Daar nu de top van den Mont-Cenis 800 meters hooger ligt dan «de tunnel, kunnen wij, door aanleg van dezen laatsten, onze «verbinding met Frankrijk 160 kilometers verkorten.»

Deze woorden, toepasselijk ook op den Zwitserschen Alpenspoorweg, moeten ons echter niet doen vergeten, dat ook doorboring groote bezwaren heeft; als daar zijn: hooge kosten en vooral lange duur van aanleg. Bovendien is de Mont-Cenis-tunnel nog niet voltooid, en, al twijfelen wij niet meer aan de mogelijkheid der doorboring, toch heeft de ondervinding nog geene uitspraak gedaan, ook niet over de exploitatie van zulke lange doorgangen.

Beide stelsels hebben dus hunne eigenaardige voor- en nadeelen; en om de hoegrootheid daarvan te beoordeelen, zullen wij eene korte schets geven van de vorderingen in de kunst om tunnels te boren, en in het maken van berglocomotieven.

Voor het eerste hebben wij maar één eenig voorbeeld, namelijk den Mont-Cenis-tunnel; laten wij zien welke uitkomst men daar verkregen heeft.

Gedurende 1861, het eerste jaar, dat men machinaal boorde, alleen aan de zuidzijde, ging men gemiddeld slechts 0m.47 per dag vooruit; in 1862 was dit reeds verdubbeld (1m.05) In 1863 begon men ook aan de noordzijde te boren, en de vooruitgang was gemiddeld aan één zijde 1m.10 per dag; in 1864 was hij 1m.50, ja, op het laatst bijna 2 meters, en in het begin van 1865 bereikte men 3 meters per dag. Sedert evenwel, is men aan de noordzijde gestuit op eene kwartzietmassa, die den dagelijkschen voortgang aldaar tot 0m.70 of 0m.80 terugbrengt. Dit harde gesteente zal echter spoedig doorboord zijn; want de laatste berigten wijzen reeds op eene vermenging van de kwartziet met gipslagen.

Aan de zuidzijde gaat men nog dagelijks ruim 3 meters vooruit.

In het ontwerp ter boring hadden de ingenieurs den voortgang per dag aan elke zijde op 1m.5 geschat, en na drie jaren hebben zij reeds het dubbele bereikt; de duur van het werk was gesteld op 25 jaren, en thans hopen zij het in 12 jaren te voltooijen. Ook de kosten hebben de raming niet overschreden; alleen zijn de vele proeven met toestellen om lucht te zamen te persen, en met boormachines, kostbaar geweest. Deze uitgaven moeten echter als leergeld beschouwd worden, en zullen zich, bij een tweeden tunnel, niet herhalen.

De verbeteringen aan berglocomotieven, sedert de Bavaria den prijs won op den Semmering-spoorweg, betreffen bepaaldelijk twee punten.

Men trachtte namelijk eene grootere krachtsontwikkeling mogelijk te maken, en tevens zoodanige inrigting te treffen, dat men cirkelbogen van zeer kleinen straal zoude kunnen berijden.

Dit laatste, het berijden van sterk gekromde bogen, is praktisch opgelost door de proeven van den ingenieur Arnoux, op den spoorweg van Parijs naar Sceaux. Jammer dat zijne locomotieven geene kracht genoeg kunnen ontwikkelen, om steile hellingen te bestijgen. De beroemde ingenieur Flachat ontwierp het vernuftige, maar praktisch onuitvoerbare denkbeeld, om iederen wagen te voorzien van eene machine, die uit den gemeenschappelijken ketel den noodigen stoom verkreeg, zoodat de wagen in staat was, zich zelf met zijnen last te bewegen, en de locomotief alleen haar eigen gewigt voort te stuwen had. Hij wilde op deze wijze hellingen van 0.05 bestijgen. In het voorjaar van 1863 gaf Thouvenot, vroeger ingenieur bij den spoorweg van Parijs naar Sceaux, eene brochure uit, waarin hij voorstelde om, ter vermeerdering der adhesie, de raderen der locomotief aan die van alle wagens te koppelen, en wel op drie manieren:

1. Door sterke guttapercha-riemen, zooals zij in Engeland gemaakt worden.

2. Door kettingen met tandraderen.

3. Door koppelstangen, in het midden tusschen de wagens aangebragt.

De schrijver gaf, behalve andere afbeeldingen, de détails aan van het stelsel dier koppelstangen. Deze ontwerpen schijnen praktischer en eenvoudiger, dan die van Flachat; evenwel is het moeijelijke af- en aanhechten der wagens een groot bezwaar; terwijl het afzonderlijk stelsel tot overladen verpligt.

Zeer vernuftig en praktisch zijn echter de berglocomotieven van Thouvenot.

Een groote lange ketel is in twee helften gedeeld, waarvan de vuurhaarden in het midden aangebragt en vereenigd zijn. Iedere helft wordt gedragen door een stel van 6 raderen, en kan daarop om eene verticale as draaijen, geholpen door eenige conische rollen, die de draagpunten vormen.

Elk stel heeft twee cilinders met de daarbij behoorende inrigtingen tot toelating en afsluiting van stoom, overbrenging van beweging, enz. De afstand der uiterste assen van ieder stel bedraagt 2m.70, dat is minder dan bij de kleinste locomotieven.

Deze machines van Thouvenot zijn dus geheel dubbel, en beide deelen hebben niets gemeen dan den vuurhaard; deze echter kan veel breeder dan gewoonlijk zijn, zoodat de direct verwarmde keteloppervlakte, en daarmede de stoomvorming grooter wordt.

Deze dubbele grootte van rooster en haard rangschikt de locomotief onder de sterkst bekende soorten. Terwijl, gerekend naar stoomvorming (één paardenkracht voor 0m.4 vierkant direct verwarmd keteloppervlak), de locomotieven van den Giovi-spoorweg, (Genua-Turin) de Engerth-machines der Fransche Noorderbaan, en de locomotieven van Petiet naauwelijks 500 paardenkracht geven, wijst de machine van Thouvenot eene kracht van 1283 paarden aan.

Hier heeft men dus groote krachtontwikkeling, vereenigd met buigbaarheid, en is men daardoor de mogelijkheid, om steile bergen te overschrijden, veel nader gebragt.

Tot nu toe werd de kracht van den stoom altijd gebruikt om verticale raderen in beweging te brengen; de draaijing wordt dan, door de wrijving van die raderen op de spoorstaven, omgezet in eene voortgaande beweging. De grootte dezer wrijving hangt af van de kracht, waarmede de drijfraderen op de spoorstaven gedrukt worden. Is deze kracht (tot nu toe altijd zwaarte) bij één drijfas niet groot genoeg, dan koppelt men nog andere raderen aan de eersten, opdat ook het gewigt op deze assen, en dus de wrijving van die raderen, mede helpe om voort te stuwen.

Helt de spoorweg nu, dan wordt de nuttige werking der zwaarte dadelijk zeer verminderd; want de drukking loodregt op het hellende oppervlak is slechts de één ontbondene der zwaarte. Deze kracht, reeds veel minder dan de zwaarte zelve, wordt in hare werking nog belemmerd door de tweede ontbondene, die de voortstuwing tegenwerkt.

Dit alles maakt, dat, hoe grooter de helling is, zooveel te kleiner het nuttig effekt der zwaarte is, en zooveel grooter het doode gewigt wordt in verhouding tot den nuttigen last.

Dit gebrek heeft de locomotief van Thouvenot gemeen met alle tot nu toe besprokene stelsels.

In den laatsten tijd evenwel heeft de Engelschman Fell dit bezwaar grootendeels overwonnen.

Behalve de gewone drijfas, bragt hij nog een paar verticale assen in beweging. Deze doen twee horizontale raderen omdraaijen, die, aan verschillende zijden van eene middenstaaf geplaatst, door eene veer sterk tegen elkander, dus tegen die middenstaaf gedrukt worden. Hij gebruikt de adhesie, veroorzaakt door zwaartekracht, maar de te kort komende wrijving wordt geleverd door de drukking tegen de middenstaaf.

Dit vernuftige en eenvoudige denkbeeld is in Engeland en later op den weg over den Mont-Cenis beproefd geworden, en wel met gunstige uitkomst. Alleen was bij de laatste proef de stoomproductie van de kleine machine van Fell te gering in verhouding tot de adhesie; een gebrek dat reeds verholpen is door vergrooting van ketel en haard. Zijne locomotief, van 17½ ton gewigt, met 4 horizontale rollen en 24 ton drukking tegen de middenstaaf, trok een' last van 48 ton, dat is bijna driemaal het eigen gewigt, op eene helling van 0.085 en langs krommingen van 40 meters straal.

Deze cirkelbogen, zooveel sterker gekromd, dan die van de gewone bergspoorwegen, verpligtten aldaar tot het gebruik van eene zeer kleine locomotief. Indien wij dus aannemen, dat een bergweg zoodanig kan gekozen worden, dat de kleinste straal der bogen 100 meters lang is, dan kunnen wij daarop de locomotief van Thouvenot gebruiken.

Voorziet men nu deze met 4 rollen van Fell, die met 48 ton kracht tegen de middenstaaf gedrukt worden en onderstelt men de helling van den weg slechts 0.05 dan zoude deze machine een' last van 230 ton kunnen trekken.

Intusschen hebben de proeven van Fell geleerd, dat steile hellingen en groote krommingen door locomotieven kunnen bereden worden, zoodanig dat de kosten van vervoer nog binnen normale grenzen blijven, in betrekking tot den last.

Wij hebben nu de vorderingen nagegaan in beide stelsels, dat der tunnelboring en dat der overschrijding; en vraagt men ons thans welk stelsel te kiezen zij, dan noemen wij *beide*.

Vooral sedert Fell zijne uitvinding op den Mont-Cenis heeft toegepast, sedert de bergovergang een tijdelijk karakter gekregen heeft, staan beide stelsels niet meer vijandig tegenover elkander.

Men kan thans een der grootste bezwaren van tunnelboring, den langen duur van aanleg, overwinnen, door het maken van een' spoorweg over den berg; mits men slechts zorge, dat het aanlegkapitaal van dezen laatsten gedelgd worde binnen het tijdvak, hetwelk vereischt wordt tot het maken van den tunnel.

Daarom is ook de beste plaats van aanleg die, welke het meest geschikt is voor beide stelsels, voor een' tunnel zoo laag mogelijk geboord, en voor een' bergovergang, die met weinige kosten gemaakt kan worden.

Ten einde den lezer in staat te stellen, om ook hierover te oordeelen, zullen wij trachten eene korte topographische schets te geven van de Alpen-passen, die ter verbinding in aanmerking komen.

II.

Als wij van het meer van Constanz het Rhijn-dal opgaan, door Graauwbunderland tot Chur, waar het bestaande spoorwegnet eindigt, dan verdeelt deze vallei zich in tweeën, niet ver van de laatste plaats.

Links en naar het zuiden komen wij door het dal van den Achter-Rhijn tot aan zijn oorsprong bij den Splügen-pas, en van daar over Isola en Campodolcino, door de vallei van de Meira, tot aan den oever van het meer Como, en zoo over Lecco naar Milaan.

Regts van Chur, zuidwestelijk, strekt zich het breede, zacht hellende en vruchtbare dal van den Voor-Rhijn uit tot Somvix en Dissentis, en leidt naar eene groep van bergpassen, de Greina, Cristallina en Lukmaniër, meest bekend onder den algemeenen naam van Lukmaniër-passen.

Aan de zuidelijke helling komt men door het dal van den Brenno, tot Biasca, vanwaar men de vallei van den Tessino volgt tot aan het meer Maggiore; verder leidt de weg over den Mont-Cenere tot naar Camerlata, het eindpunt der Italiaansche spoorwegen.

Het zwitsersche spoorwegnet loopt naar het zuiden tot aan Zug en Luzern.

Zoo men, van beide plaatsen, over Goldau tot naar Fluëlen, aan het Vier-Waldstädter-meer gaat, dan bereikt men het dal van de Reuss. Volgt men deze rivier tot aan zijn' oorsprong, dan komt men aan den St. Gothard-pas en verder over Airolo in het dal van de Tessino, vanwaar men weder het meer Maggiore en Camerlata bereikt.

De vierde weg begint bij Thun, aan het meer van dien naam, en gaat vandaar over Interlaken, naar het romantische Brienzer meer, verder over Meyringen en Guttanen, door het Aar-dal, dan door het Rhone-dal, naar den Grimsel-pas, waar Tessino, Aar en Rhone ontspringen. Aan de andere zijde daalt men af door de vallei van den Tessino naar het meer Maggiore en Camerlata.

Een laatste eindpunt der zwitsersche spoorwegen is Sitten aan de Rhône, en de Simplonpas ligt nog 50 kilometers verder het dal op van die rivier. Uit dezen pas gaat men door de valleijen van de Riveria en de Toce naar Domo d'Ossola en het zuidwesteinde van het meer Maggiore, of wel, over het kleine Orta-meer, naar Gozzano.

Deze vijf passen, van oost naar west geteld, Splügen, Lukmaniër, St. Gothard, Grimsel en Simplon, zijn de eenigen, die in aanmerking komen voor eene spoorwegverbinding. Wel zijn er nog andere passen ter sprake gebragt, zoo als de Septimer, de Bernardin en zelfs de St. Bernard-pas; maar zeer ernstig is er nooit over gedacht, en nog worden van die vijf passen hoofdzakelijk slechts drie genoemd, te weten: Lukmaniër, St. Gothard en Simplon, waarvan weder de beide eersten de voornaamsten zijn.

Wij willen een kort overzigt geven van eenige ontwerpen, voor de drie belangrijkste passen; doch ons verder bepalen bij een twee of drietal, dat onzes inziens de voorkeur verdient.

De Lukmaniër-passen zijn reeds sedert lang en dikwijls onderzocht, en zijn van alle Alpenpassen het beste voor eenen overgang geschikt.

Van Chur tot Truns-Somvix stijgt de vallei van den Voor-Rhijn slechts zeer weinig.

Bij die plaats begint voor de hoogere ontwerpen de eigenlijke bergspoorweg; terwijl voor de lagere projecten hier de tunnel begint, onder de Greina en Cristallina-passen, die tegenover Truns-Somvix liggen. Gaat men van Somvix de vallei van den Voor-Rhijn nog omstreeks 10 kilometers verder op, tot aan Dissentis, dan komt men in het dal van den Midden-Rhijn en zoo aan den zacht hellenden Lukmaniër-pas.

Deze helling, over 15 kilometers lengte, bijna geregeld 0.04, vermindert aan den top nog tot 0.02 à 0.03.

Aan de zuidzijde heeft men over 4 kilometers lengte nog dezelfde helling; maar verder loopt het terrein onregelmatig, terrasvormig naar beneden. De aanleg van een' spoorweg wordt door dezen terrasvorm zeer verzwaard, hoewel het mogelijk is, om nog met normale kromtestralen en hellingen 0.025 naar beneden te komen.

Aan den zuidelijken voet der Alpen vereenigen zich de drie passen, Greina, Cristallina en Lukmaniër in de vallei van den Brenno bij Olivone.

Even als Truns-Somvix ten noorden, zoo is Olivone ten zuiden het natuurlijke beginpunt van den tunnel voor de lagere ontwerpen.

Voor de Lukmanier-passen hebben alle ontwerpen het gedeelte Biasca-Olivone, lang 27 kilometers door het Brenno-dal, gemeen.

Biasca ligt op 297m.10 en Olivone op 894 meters boven de zee, en het hoogteverschil, 597 meters op 27 kilometers, geeft 0.0225 voor gemiddelde helling van het terrein.

Bij den overgang over den eigenlijken Lukmaniër (het ontwerp, dat voorgestaan wordt door het Lukmaniër-comité) begint 28 (34?) kilometers van Olivone de hoofdtunnel, lang 1700 meters. Het hoogste punt is op 1875 meters boven de zee, aan den noordelijken tunnelmond, en de helling van Olivone tot daar is bijna geregeld

0.025 met kromtestralen tot 300 meters (1).

De tunnel zelf klimt naar het noorden met 0.015.

Somvix, aan den Rhijn, ligt op 900 meters boven de zee, 36 kilometers van den noordelijken tunnelmond, en de gemiddelde helling van dit gedeelte is dus 0.027 met dezelfde kromtestralen als aan de zuidzijde.

Het gedeelte Somvix-Chur hebben alle ontwerpen voor de Lukmanierspassen weder gemeen. Deze laatste plaats, op 584 meters boven de zee en 50 kilometers van Somvix, wordt bereikt met eene gemiddelde helling van 0m.006, terwijl de grootste helling 0.0125 bedraagt.

Aan kunstwerken komen, behalve den grooten tunnel, nog 7 of 8 kleinere tunnels en overdekte galerijen voor, te zamen lang 2600 meters en eenige weinig beduidende bruggen.

Tusschen de eindpunten der reeds bestaande spoorwegen is de lengte van deze lijn:

Camerlata-Bellinzona-Biasca	86 kilometers
Biasca-Olivone-Somvix	99 »
Somvix-Chur	50 »
te zamen . . .	235 kilometers

Voor den Greina-pas bestaan twee projecten van den ingenieur Wetli.

Het hoogste ontwerp heeft eenen tunnel, 10150 meters lang, waarvan 6800 meters aan de noordzijde horizontaal loopen, terwijl over 3500 meters (met inbegrip van 150 meters buiten den den tunnel) aan de andere zijde eene helling van 0.018 bestaat.

Het hoogste punt in den tunnel ligt op 1347 meters en de zuidelijke opening op 1287 meters boven de zee.

Het is duidelijk, dat deze lijn korter is dan de voorgaande, omdat zij lager culmineert, en de groote tunnel langer is.

De sterkste helling bij dit ontwerp is 0.025, met kromtestralen tot 300 meters, uitgezonderd twee stralen van 220 meters.

De kunstwerken zijn grooter dan bij het eerste project, en men heeft behalve den grooten tunnel, in de lijn Olivone-Greina-Somvix, nog 19 tunnels en overdekte galerijen, te zamen 9 kilometers lang, en 10 viaducten ter gemiddelde hoogte van 30 meters.

De afstanden zijn, in dezelfde volgorde als bij de eerste lijn: 86 + 74 + 50 = 210 kilometers, dus in het geheel 25 kilometers minder dan bij den Lukmanier-overgang.

De vele kunstwerken, die in deze lijn voorkomen, deden den heer Wetli besluiten, om nog een ander lager ontwerp te bewerken.

Daarbij bestaat de as van den 20 kilometers langen tunnel uit 5 regte lijnen, die zeer weinig divergeren en door bogen verbonden zijn.

De rigting volgt zooveel mogelijk de vallei, waardoor het boren van den tunnel veel gemakkelijker wordt; want de terrasvormige oppervlakte maakt den aanleg mogelijk van 21 putten, gemiddeld 500 meters van elkander verwijderd, en van 200 tot 288 meters diep, ten einde op al die punten de gangen te kunnen openen. Aldus schiet er van den geheelen tunnel slechts eene lengte van 9 kilometers over, die zonder hulp van putten geboord moet worden.

Het hoogste punt ligt op 1110 meters en de tunnelopeningen op 960 meters en 970 meters boven de zee.

Deze lange doorgang verkort den afstand Olivone-Somvix tot op 54 kilometers en aan verdere kunstwerken zijn nog slechts te maken een kleine tunnel van 600 meters lengte en een groote viaduct over den Brenno.

Zeer weinig hiervan afwijkende, wat de algemeene rigting aangaat, is het laagste ontwerp, dat der heeren Klein en Gerwig. Ook hier heeft men getracht zooveel mogelijk de rigting der dalen aan weerszijden te volgen; maar omdat de as van den tunnel eene regte lijn vormt, wijkt de rigting toch meer af dan bij het vorige ontwerp.

Hierdoor is de tunnellengte, die zonder hulp van putten geboord moet worden (de afstand der middelste putten) 13 kilometers op eene geheele lengte van 21 kilometers.

Het hoogste punt was aangenomen op 930 meters boven de zee, en de helling in den tunnel op 0.01 tot 0.013, terwijl de lengte Chur-Biasca 96 kilometers bedroeg.

Het vijfde project gaat door den Cristallina-pas, heeft eenen tunnel, lang 11 kilometers op 1500 meters boven de zee en met eene klimming van 0.02 naar het noorden.

De hellingen en kromtestralen komen overeen met die van het hooge ontwerp Wetli en de lengte Biasca-Somvix is 76 kilometers.

Het jongste ontwerp, en dat onzes inziens bestemd is eene groote rol te spelen, komt geheel overeen met dat van Klein-Gerwig behalve den tunnel.

In plaats hiervan, gaat het den bergpas over met hellingen van van 0.045 tot 0.050 en kromtestralen tot 180 meters, waardoor de lengte Olivone-Somvix tot op 53 kilometers verminderd wordt en dus weinig meer is, dan bij het Cristallina-ontwerp met den 11 kilometers langen tunnel.

De aanlegkosten (15500000 franken) zijn hierbij ook aanzienlijk minder, zoodat het bij uitstek geschikt is tot tijdelijken overgang.

Men stelt voor om het stelsel van Fell op de locomotief van Thouvenot toe te passen.

Het volgende tafeltje geeft een overzigt van de zes genoemde ontwerpen voor de Lukmanier-passen.

	Namen.	Lengte Biasca-Chur.	Grootste hoogte boven de zee.	Lengte van den hoofd-tunnel.	Totale lengte van alle tunnels.
		kilom.	m.	m.	m.
	Lukmanier	149	1 875	1 700	4 300
Greina	Wetli, hoog ontwerp	124	1 347	10 150	19 150
Greina	Wetli, laag ontwerp	104	1 110	20 570	21 150
Greina	Klein-Gerwig . . .	96	930	20 750	21 350
	Cristallina.	126	1 500	11 000	
	Greina Overgang . .	130	1 917		1 700 (overdekte galerijen)

(1) Het hoogteverschil zuidtunnelmond-Olivone, 1850 meters — 894 meters = 956 meters over 28 kilometers lengte, zoude 0m.034 gemiddelde helling geven. Waarschijnlijk is de opgave der lengte fout, daar ze niet sluit op den geheelen afstand Biasca-Somvix, die later als 99 kilometers opgegeven wordt: 27+28+2+36 is slechts 93 kilometers. (Vertaler.)

De ontwerpen voor den St. Gothard-pas hebben het moeijelijk gedeelte Camerlata-Biasca met die voor de Lukmanier-passen gemeen. Tusschen die beide plaatsen ligt de 250 meters hooge Mont-Cenere, die eenen tunnel van 2100 meters noodig maakt.

Ten noorden zijn Zug en Luzern eindpunten der Zwitsersche spoorwegen, en van beide stations af is eene zeer moeijelijke baan aan te leggen, langs de wilde oevers van het Zuger- en het Vier-Waldstädter-meer naar Goldau, het vereenigingspunt; verder over den Rossberg en het Muotta-dal naar Fluëlen aan de Reuss. Dit gedeelte heeft hellingen van 0.015 en 22 tunnels, te zamen lang 4882 meters. In plaats van deze beide spoorwegen, ter gezamenlijke lengte van 62 kilometers, kan men ook éénen weg aanleggen, van het station Buonas af, aan den bestaanden spoorweg Zug-Luzern, tot naar Fluëlen, eene lengte van 40 kilometers. Tusschen Fluëlen en Biasca is de eigenlijke Alpenspoorweg te maken.

De toegang tot den pas, vooral de vallei van de Reuss, geeft vele zwarigheden, en ook de berg zelf kan moeijelijk bestegen worden; vandaar dat voor dezen pas alle ontwerpers eenen tunnel aannemen van 10 tot 16 kilometers lengte, en er zelfs geen enkel ontwerp voor eenen overgang bestaat.

Vooreerst heeft men dan een lager en een hooger ontwerp. Het lagere, dat van Wetli, bereikt van Fluëlen (440 meters boven de zee) met 45½ kilometer lengte, den noordelijken mond van den 15400 meters langen tunnel, op 1215 meters boven de zee; zoodat men 775 meters moet klimmen, gemiddeld 0.017.

De kromtestralen zijn van 300 tot 500 meters lang, en alleen in dit gedeelte zijn 14 tunnels, ter gezamenlijke lengte van 2400 meters, behalve nog 1200 meters overdekte galerijen en vele viadukten, waaronder één van 345 meters lengte en 70 meters hoogte.

De hoofdtunnel is regt, klimt 0.0208 naar het zuiden over 7.3 kilometer lengte en daalt vandaar evenveel over 8.1 kilometer. Tusschen beide hellingen heeft men echter een horizontaal gedeelte, lang 240 meters.

De zuidelijke tunnelopening ligt op 1198m.60, en Biasca op 297m.10 boven de zee; dat is dus op 44.8 kilometer lengte eene gemiddelde helling van 0.02; terwijl de grootste daling, welke hier voorkomt, 0.026 is. In dit gedeelte zijn nog te maken 11 kleine tunnels, te zamen 1280 meters lang en verscheidene viaducten.

Het hoogere ontwerp heeft eenen grooten tunnel, lang 9800 meters, waarvan het hoogste punt 1515m.4 boven de zee ligt.

De weg van Fluëlen tot aan den tunnelmond is 60½ kilometer lang en helt gemiddeld 0.0175; terwijl men aan de zuidzijde, tot aan Biasca, 54.7 kilometer lengte heeft met eene gemiddelde helling van 0.0209.

Behalve den grooten, zijn nog kleinere tunnels en overdekte galerijen te maken over 10930 meters lengte, en 6 viaducten, waaronder twee zeer groot zijn.

Een ontwerp van de heeren Beckh en Gerwig doorloopt, van Fluëlen tot aan den noordelijken tunnelmond, eene lengte van 38 kilometers, met gemiddeld 0.017 helling en eene menigte kleinere tunnels, viaducten en overdekte galerijen.

De groote tunnel is regt, 14800 meters lang, en zeer moeijelijk te boren, want er kan slechts één put gemaakt worden, in het Urseren-dal, op bijna 3 kilometers afstands van den noordelijken tunnelmond; zoodat de overschietende lengte, 11 à 12 kilometers, geheel zonder hulp van putten geboord moet worden.

Het culminatiepunt ligt op 1162m.5 boven de zee.

Van de zuidelijke tunnelopening (Airolo) tot naar Biasca (44 kilometers) volgt de lijn den linkeroever van den Tessino, met gemiddeld 0.018 helling.

De grootste helling tusschen Fluëlen en Biasca is 0.027 en komt dikwijls voor.

De geheele afstand tusschen Zug-Luzern en Biasca is 159 kilometers en van deze lengte zijn, behalve de hoofdtunnel, nog 20090 meters verdeeld over 81 kleinere tunnels.

De lengte Buenos-Biasca is 137 kilometers, waarvan, behalve de groote tunnel, nog 18940 meters verdeeld zijn over 75 kleinere tunnels.

Een bergovergang is bij den St. Gothard nog niet bestudeerd, en is daar ook zeer moeijelijk te maken.

Het eenige voorstel is van den ingenieur Blotnitzky, die de kosten van zulk een' weg, met hellingen van 0.05, op 50 millioen franken schat.

Het volgende tafeltje geeft weder een overzigt van de drie ontwerpen voor den St. Gothard-pas.

Namen.	Lengte Buonas-Biasca.	Grootste hoogte boven de zee.	Lengte van den hoofd-tunnel.	Lengte der neventunnels.	
	kilom.	m.	m.	m.	
Hoogste ontwerp. . .	165	1 515.4	9 800	10 930	tusschen Fluëlen en Biasca
Ontwerp Wetli . . .	145.5	1 365	15 400	4 880	
Ontwerp Beckh-Gerwig	137	1 162.5	14 800	18 940	Buonas-Biasca

Voor den Simplon-pas bestaan drie verschillende ontwerpen.

Het hoogste, van Flachat-Thouvenot (1858), gaat den berg over met hellingen tot 0.0667 en kromtestralen tot 150 meters en neemt een bijzonder stelsel van locomotieven aan.

De lengte van den eigenlijken bergspoorweg is 52 kilometers; de eindpunten liggen beiden op 750 meters, terwijl het hoogste punt 2020 meters boven de zee verheven is.

Een ander ontwerp (Mondésir-Lehaître 1861) bestijgt den bergpas met eene helling van 0.035 tot 0.04 tot op 1732 meters boven de zee, alwaar een gebogene tunnel zoude beginnen.

Behalve dezen, 4653 meters lang, komen nog verscheidene kleinere tunnels en zeer vele overdekte galerijen, te zamen ter lengte van 45 kilometers, in het ontwerp voor.

De geheele lengte Brieg-Domo d'Ossola was 81 kilometers.

Het derde ontwerp, dat van Jacquemin, bereikt eene grootste hoogte van 1150 meters boven de zee, in eenen tunnel van 12 kilometers lengte.

De grootste helling is 0.025 en de kleinste kromtestraal 200 meters.

Behalve de groote komt nog een andere tunnel voor, van 900 meters lengte, benevens verscheidene kleinere tunnels, overdekte galerijen en viaducten.

De geheele lengte is 61 kilometers tusschen Brieg en Domo d'Ossola. Dit ontwerp, hoewel eenigzins gewijzigd, voornamelijk wat den tunnel aangaat, wordt gedeeltelijk reeds uitgevoerd. De geheel te maken lengte tusschen de bestaande spoorwegen (Gazzona-

Sion) is bij dit gewijzigde ontwerp aangenomen op 143 kilometers, van welke reeds 107 in uitvoering zijn.

Van de overblijvende 36 kilometers lengte, waaraan nog niet begonnen is, beslaat de tunnel 17 kilometers en andere kleine tunnels en overdekte galerijen nog 14 kilometers. Alleen de overige 5 kilometers zijn zonder kunstwerken te maken.

Het hoogste punt is aangenomen op 720 meters boven de zee, dat is 350 meters boven het meer van Genève. Ten zuiden van de Alpen heeft men in het geheel slechts eene lengte van 15 kilometers, waarin hellingen van 0.02 tot 0.025 voorkomen.

Van al de genoemde ontwerpen bepalen wij onze keus voor de Lukmaniër-passen tot het ontwerp van de heeren Klein-Gerwig.

Wij verkiezen dit boven het lage ontwerp van Wetli, wegens de kleinere hellingen en daardoor gemakkelijker exploitatie, en zulks in weêrwil dat de tunnel van de eersten iets langer is dan die van Wetli.

Met dit ontwerp Klein-Gerwig voor de definitieve lijn wenschten wij te vereenigen het laatstgenoemde ontwerp, volgens het stelsel van Fell, toegepast op de locomotief van Thouvenot, en wel voor eenen tijdelijken overgang.

Voor den St. Gothard-pas kiezen wij het ontwerp Beckh-Gerwig boven dat van Wetli, omdat het eenen korteren tunnel heeft, in weêrwil van een 200 meters lager culminatiepunt (1).

Een ontwerp voor tijdelijken overgang bestaat niet, en wij moeten dus bij dezen pas daarvan afzien.

Voor den Simplon-pas hebben wij alleen het gewijzigde ontwerp van Jacquemin te noemen, omdat het reeds gedeeltelijk in uitvoering is.

Het volgende tafeltje diene tot vergelijking der drie gekozene ontwerpen:

	A. Lukmanier Klein-Gerwig.	B. St. Gothard Beckh-Gerwig.	C. Simplon Jacquemin.
Lengte der lijnen tusschen de eindpunten der zwitsersche en italiaansche spoorwegen. A. Camerlata-Chur . B. Camerlata-Buonas C. Gazzona-Sion . .	182 kil.	223 kil.	143 kil.
Lengte van den eigenlijken Alpen-spoorweg	96.5 „	97.2 „	36 „
Grootste hoogte boven de zee . .	930 m.	1 162.5 m.	720 m.
Lengte der hellingen van 0.015 tot 0.025	25 kil.	63 kil.	18 kil.
Kleinste kromtestraal	300 m.	300 m.	300 m.
Lengte van den grooten tunnel . .	20 750 „	14 800 „	17 500 „
Afstand der beide middelste putten	12 750 „	11 600 „	12 000 „

Men ziet het, de Simplon-pas heeft veel voor boven de beide anderen; doch aan de noordzijde van den berg leidt het Rhone-dal naar het meer van Genève, naar de zwitsersche grenzen, naar Frankrijk.

Die weg is dus voor het laatste land veel waard, vooral ook als concurrent van de lijn over den Mont-Cenis; maar hij doorloopt een te klein gedeelte van Zwitserland, en geeft een te grooten omweg voor Duitschland en het Rijn-gebied.

(1) De heeren Beckh-Gerwig schijnen aan deze voordeelen dan ook alles opgeofferd te hebben. Men vergelijke de lengte en het aantal der neventunnels van hen met die van Wetli.

(Vertaler.)

Wij zullen ons daarom voornamelijk bezig houden met de vergelijking der beide andere passen; en dan vinden wij, bij het ontwerp Klein-Gerwig voor den Lukmanier, de tunnellengte, die zonder hulp van putten geboord moet worden, iets grooter dan bij het ontwerp Beckh-Gerwig van den St. Gothard-pas.

Wij zullen dus den aanlegtijd van den eersten tunnel een half jaar grooter stellen dan dien van den laatsten.

De toegangen tot de beide tunnels evenwel staan in omgekeerde verhouding. Terwijl men den tijd van aanleg der spoorwegen naar den St. Gothard op vijf jaren stelt, hoopt men de lijnen naar den anderen pas in drie tot vier jaren te voltooijen.

De tijd van bouw van den geheelen Alpenspoorweg staat dus voor beiden vrij wel gelijk. Geheel anders is het echter met de bouwkosten gesteld.

De heeren Beckh-Gerwig nemen, per strekkenden meter, een cijfer aan van 2900 franken, als kosten voor het boren van dat gedeelte van eenen tunnel, dat zonder hulp van putten gemaakt moet worden.

Met alle toestellen tot het zamenpersen van lucht stijgt die som tot 3600 franken.

Zonder nu over de juistheid dezer cijfers te oordeelen, merken wij toch op, dat de italiaansche commissie die kosten op 4800 franken raamt, en voor het gedeelte, dat door putten op verschillende plaatsen begonnen kan worden, 3000 franken per strekkenden meter aanneemt.

Zekerheidshalve zouden wij aan de laatste cijfers de voorkeur geven; doch, daar wij voor beide tunnels slechts de totalen te vergelijken hebben, is het bijna onverschillig welk eenheidscijfer wij aannemen.

Met Beckh-Gerwig stellen wij dan, voor kosten van den Greina-tunnel, zonder rente gedurende den bouwtijd, 72 235 000 franken, terwijl de St. Gothard-tunnel op 53 165 000 franken komt.

De italiaansche commissie heeft tot eindcijfers: 90 320 000 en 71 444 000 franken, en men ziet, het verschil is telkens 19 000 000 franken in het voordeel van den St. Gothard. Het omgekeerde vindt men ook hier weder voor de toegangen naar beide tunnels; doch nu in veel sterker verhouding.

Naar Beckh-Gerwig hebben wij, bij aansluiting te Buonas aan de lijn Zug-Luzern:

	franken.
Van Biasca tot Airolo (zuid-tunnelmond) dubbel spoor	27 169 185
Van Geschenen (noord-tunnelmond) tot Fluëlen dubbel spoor	28 855 498
Van Fluëlen tot Buonas enkel spoor	13 298 229
te zamen . . .	69 322 912

of wel, met rente voor vijf jaren aanlegtijd, 78 000 000 franken.

Maakt men van Goldau eenen weg naar Zug en eenen weg naar Luzern, in plaats van te Buonas aan te sluiten, dan stijgt deze laatste som tot 86 000 000 franken.

Voor den Lukmaniër heeft men naar de begrooting der ingenieurs Pestalozzi en Michel:

	franken.
Van Chur naar Truns (noord-tunnelmond) enkel spoor	15 714 053
Van Olivone (zuid-tunnelmond) naar Biasca dubbel spoor	12 017 947
te zamen . . .	27 732 000

en, met rente gedurende drie en een half jaar: 30 265 000 franken.

Wij hebben nu voor aanlegkosten der geheele verbindingslijn, doch zonder rente gedurende den tijd van aanleg, bij de tunnels te rekenen:

Lukmaniër	tunnel	72 235 000	franken
	toegangen.	30 265 000	»
	te zamen . . .	102 500 000	franken
St. Gothard	tunnel	53 165 000	franken
	toegangen.	78 000 000	»
	te zamen . . .	131 165 000	franken

De italiaansche commissie verkreeg tot eindcijfers:

120 000 000 en 150 000 000,

dus heeft men naar beide berekeningen een verschil van 30 000 000 franken, in het voordeel van den Lukmaniër.

Daar echter de Alpentunnel van dezen laatsten grooteren tijd van aanleg vordert, dan die van den St. Gothard, en wij geene rente gedurende den bouwtijd in rekening gebragt hebben, zoo vermindert dit voordeel tot op 24 à 25 millioen franken.

Voorts diene nog, tot onderlinge vergelijking, het volgende tafeltje:

	Lukmaniër.	St. Gothard.
Lengte { Chur-Biasca, Buonas-Biasca }	96.5 kilom.	137 kilom.
Lengte van den tunnel	20.75 „	14.8 „
Aantal kleinere tunnels	10	75
Gezamenlijke lengte der kleinere tunnels	3.65 „	18.94 „
Grootste helling, noordzijde	0.013	0.027
Gemiddelde „ „	0.006	0.0175
Grootste „ zuidzijde	0.025	0.027
Gemiddelde „ „	0.0225	0.02
Lengte der hellingen van 0.015 tot 0.025	25 kilom.	63 kilom.
Kosten van den tunnel	90½ mill. fr.	71½ mill. fr.
Kosten der wegen naar den tunnel .	30¼ „ „	78 „ „
Geheele kosten	120½ „ „	150 „ „

Ter vergelijking der handelswaarde van beide lijnen moet men niet alleen hunne lengte in aanmerking nemen, maar ook en vooral de kosten van exploitatie.

Een weg, waarop deze uitgaven zeer gering zijn, zal het tarief naar evenredigheid laag kunnen stellen en dus goedkooper vervoeren dan eene andere kortere lijn, die grootere kosten van exploitatie heeft.

Laten wij zien welke rigting in dit opzigt de voorkeur verdient, te weten, langs welke lijn het goederenvervoer het minst kost.

Op eenen spoorweg met normale hellingen en krommingen is het tarief voor zware goederen van 3 tot 5 centimes per ton en kilometer, ja daalt zelfs op de fransche noord- en oostbaan tot op 2 à 2½ centimes.

Wij zullen dus aannemen, dat dit vervoer aan het bestuur van den spoorweg zelven kost: 2 centimes per ton en kilometer.

Op eenen bergweg is dit cijfer veel hooger, omdat men slechts kleine vrachten te gelijk, en dan nog met dubbele krachtinspanning, vervoeren kan.

Elke goederentrein op de Semmeringbaan kost 5 tot 6 franken per kilometer, en dus zal iedere ton aan de spoorwegmaatschappij op 6 à 8 centimes per kilometer te staan komen.

Nemen wij nu den afstand van Bazel tot Biasca langs beide besprokene rigtingen, dan heeft men:

Bij de Lukmaniër-passen, van Bazel over Waldshut, Zürich en Chur naar Biasca is 325 kilometers lengte à 2 centimes per ton, derhalve 6.50 franken.

Naar Italie toe kan men langs deze lijn zonder buitengewone krachtinspanning en met zware treinen komen, omdat de grootere hellingen allen aan de zuidzijde van den tunnel zijn.

Im omgekeerde rigting heeft men tusschen Biasca en Olivone 25 kilometers bergspoorweg, en is de rekening aldus:

Van Biasca over Chur en Zürich naar Bazel is 325 kilometers, waarvan 300 kilometers à 2 centimes per ton is . 6.00 franken

en 25 kilometers bergspoorweg à 6 centimes per ton is . . . . . 1.50 »

te zamen . . . 7.50 franken

Gemiddeld kost dus het vervoer over deze lijn 7 franken per ton.

Gebruikt men de lijn over den St. Gothard-pas, dan heeft men:

Van Bazel over Olten, Luzern en Buonas naar Biasca is 251 kilometers lengte, waarvan 151 kilometers met normale hellingen en krommingen à 2 centimes per ton is . . . . 3.02 franken

100 kilometers bergspoorweg à 6 centimes per ton is . . . . . 6.00 »

(Overgang van den Jura en den St. Gothard.)

te zamen . . . 9.02 franken

Het vervoer kost dus per ton 2 franken minder over de Lukmaniër- dan over de St. Gothard-lijn, in weerwil dat de eerste 74 kilometers langer is dan de tweede.

Indien dus deze spoorweg reeds voor het geheele Rijn-gebied grootere handelswaarde heeft dan de weg over den St. Gothard, hoeveel te meer zal dit het geval zijn voor midden en oostelijk Duitschland.

Wij kiezen dus onvoorwaardelijk het ontwerp Klein-Gerwig voor de Lukmaniër-passen als definitieve lijn, en zullen trachten aan te toonen, dat ditzelfde ontwerp, behalve den grooten tunnel, ook voor eenen tijdelijken overgang de voorkeur verdient.

Bij den St. Gothard toch was tot nu toe geene sprake van een' geheelen overgang; doch wij willen aannemen dat de bergpas zelf er even geschikt voor is als de Lukmaniër; dat een spoorweg met hellingen tot 0.05 en kromtestralen tot 180 meters over dien pas niet kost 50 millioen franken, zooals Blotnitzky berekent, maar slechts 15½ millioen franken, zooals, onder dezelfde voorwaarden bij den Lukmaniër begroot is. Dan nog heeft men het verschil in de toegangen tot beide passen.

Wij hebben de kosten der spoorwegen naar den St. Gothard-tunnel geschat op 78 000 000 franken, dat is: 640 000 franken per kilometer. Voor de banen naar den Greina-tunnel vonden wij 30 500 000, dat is 400 000 franken per kilometer.

De ondernemer van den tijdelijken bergovergang zal de toegangen naar den tunnel definitief moeten bouwen.

Minstens zal dus de netto opbrengst van die spoorwegen eene rente van 5% van het aanlegkapitaal dienen te bedragen.

Stellen wij nu de kosten van exploitatie voor de lijnen naar den

St. Gothard op 50% der bruto opbrengst, en voor die naar den Lukmaniër op 45%, dan moeten de ontvangsten bedragen:

Op de Lukmaniër-lijnen:

$$\frac{400\,000 \times 5}{100} = 20\,000 \text{ franken netto,}$$

dat is: $\frac{20\,000}{0.55} = 36\,000$ franken bruto.

Op de St. Gothard-lijnen:

$$\frac{640\,000 \times 5}{100} = 32\,000 \text{ franken netto,}$$

dat is: $\frac{32\,000}{0.50} = 64\,000$ franken bruto.

Dat deze opbrengst voor den laatsten weg niet wel te bereiken is, bewijzen zelfs de voorstanders van die rigting, die de ontvangsten op 48 000 franken per kilometer schatten.

De bruto opbrengst evenwel, die op de Lukmaniër-lijnen gevorderd wordt, is zeer wel te bereiken, en dus ook hierin heeft onze keuze veel voor.

Verre van ons zij het, aan de onfeilbaarheid onzer inzigten te gelooven; toch schijnen ons de aangevoerde gronden zoo eenvoudig en onwederlegbaar, dat wij ze met vertrouwen overgeven aan het oordeel van zaakkundigen.

Ten slotte willen wij nog een wensch uitspreken, namelijk dat de praktische Duitschers deze Alpenkwestie minder platonisch dan de Italianen mogen beschouwen.

Het is toch niet zoo zeer de vraag: «welke is de kortste lijn tusschen twee gegevene punten», als wel: «welke weg vereenigt met geringe lengte gemakkelijke exploitatie,» en vooral: «welke lijn is financiëel uitvoerbaar.»

Een Alpenspoorweg vordert zulke groote opofferingen, dat hij zonder staatshulp niet gemaakt kan worden; maar de staat alleen is niet genoeg. Zonder medewerking van particuliere kracht is de uitvoering niet denkbaar, en hoe kan men verwachten, dat er kapitaal in ondernemingen zal gestoken worden, die eerst na vele jaren rente geven?

Ook daarom heeft de tijdelijke, minder volmaakte, maar ook minder kostbare verbinding eene gewigtige beteekenis. Zij maakt de onderneming financieel mogelijk, en bereidt den grooten handelsweg.

VERBETERING VAN DEN GEZONDHEIDSTOESTAND IN DE STEDEN.

(*Annales des Travaux publics de Belgique*, 1866, p. 341.)

(Vertaald door J. TIDEMAN, L. K. Inst. I.)

De heer Charles de Freycinet, ingenieur der mijnen in Frankrijk, ontving den last den gezondheidstoestand, zoowel uit een industriëel als uit een gemeentelijk oogpunt, in Belgie en Rijn-Pruissen na te gaan, en heeft in 1865 deswege een omstandig verslag uitgebragt, dat op last van de fransche regering is uitgegeven.

In het hoofdstuk, handelende over de besmetting der beperkte ruimten, en in het bijzonder over de luchtsgesteldheid der riolen, zegt die schrijver, als volgt:

«De middelen van verbetering, tot dusverre gebezigd, zijn uitsluitend van physieken aard, en bepalen zich hoofdzakelijk tot twee: ventilatie en doorspoeling.

«De ventilatie, hoezeer in beginsel als uitmuntend erkend, is op eene zeer kleine schaal toegepast of op geheel onvolmaakte wijze.

«Het belangrijkste ontwerp van eene stelselmatige luchtverversching is dat van de heer de Vaux, inspecteur-generaal der mijnen in Belgie. Deze ingenieur stelt voor, om door middel van hydraulische afsluitingen alle gemeenschap tusschen de riolen en de huizen of straten te verhinderen, en, is eenmaal die afzondering, waardoor het riolen-net aan dat der mijnen zou gelijk worden, verkregen, een zeker aantal ventilators aan te brengen, om de gassen door hooge schoorsteenen te verwijderen. Men had het plan geopperd om dit stelsel te Ixelles toe te passen, maar overwegingen van een anderen aard hebben er toe geleid, dat men deze belangwekkende proefneming heeft uitgesteld. In een geschrift, gedagteekend van Mei 1863, toont de heer de Vaux aan, dat voor Brussel drie ventilatietoestellen voldoende zouden zijn, waarvan het jaarlijksch onderhoud minder dan 20 000 franken zou kosten.

«Men heeft, hoewel op zeer kleine schaal, de toepassing gemaakt van luchtververschings-buizen, boven de daken uitkomende. Te Brussel heeft men ze aangebragt aan het stadhuis, aan de kerken van le Finistère en le Béquinage, aan de poorten van Ninove en Anderlecht, aan den grooten schouwburg, aan de kazerne Ste Elizabeth, enz. De buizen van aardewerk, ongeveer 20 centimeters in middellijn, worden in het bovengewelf van het riool aangebragt, en steken een weinig boven den top der gebouwen uit. Te Antwerpen heeft men een klein getal luchtververschende schoorsteenen gemaakt. Sommige daarvan werken vrij geregeld. Van tijd tot tijd, vooral als er eene epidemie heerscht, brandt men er vuur in. Ook te Luik heeft men daarmede eenige proeven genomen. Men heeft twee schoorsteenen gemaakt van 40 centimeters middellijn, om drie of vier riolen te ventileren, die nagenoeg zonder water en zeer besmet waren. Men zou nog andere dergelijke feiten kunnen vermelden, maar zij behooren steeds tot de uitzonderingen. Om kort te gaan, men kan dit middel nog slechts als geheel theoretisch beschouwen.

«De eenige manier, om de lucht in de riolen te ververschen, die werkelijk algemeen in gebruik maar daarbij nog ten eenemale gebrekkig is, bestaat tot nog toe hierin, dat men vooraf de vergaderputten, die aan de straat uitkomen, open maakt. Men neemt de deksels, die ze afsluiten, op grooter of kleiner afstanden weg, naar gelang men minder of meer stank ducht, en de werklieden dalen er in af, wanneer men onderstelt dat de lucht voldoende ververscht is. In sommige gevallen, wanneer men aanmerkelijke opeenhoopingen van drekstoffen moet verwijderen, en niet op eene geschikte ventilatie kan rekenen, neemt men een gedeelte van het bovenwulf van het riool weg. Dit geschiedt bijvoorbeeld te Antwerpen, te Gend, te Maintz.

«Eene van de oorzaken, die in Belgie den vooruitgang hebben vertraagd, is ongetwijfeld hierin gelegen, dat de stad, die natuurlijkerwijze voor moest gaan, de hoofdstad des rijks, in eene topographische gesteldheid verkeert, die de ventilatie der riolen daar minder noodzakelijk maakt dan elders. Het grootste gedeelte van Brussel is op eene hoogte gebouwd, waardoor de straten eene sterke helling hebben. Men rekent dat ongeveer twee derden der riolen van zelf ledig loopen, in weerwil van de geringe hoeveelheid water,

waarover men beschikken kan, en dat de werklieden er niet in behoeven te gaan. Alleen bij zeer zware stortvloeden gebeurt het soms, dat enkele hoeken van de riolen door het zand verstopt geraken. Maar juist als dit het geval is, heeft er ook voldoende luchtzuivering plaats gehad. Men heeft zich dus zeer weinig met de ventilatie bezig gehouden, en hoogstens heeft men slechts op bepaalde punten de behoefte erkend. Wij moeten nog opmerken, dat in België, even als in Pruissen, de riolen alleen tot afvoering dienen; nergens bevatten zij die groote aderen van het bestaan, zoo als de water- en gazbuizen, en daarvan is het gevolg, dat de werklieden er niet zoo vaak in noodig hebben.»

In een bijvoegsel deelt nog de heer de Freycinet de volgende zinsneden mede omtrent hetgeen de heer de Vaux in 1863 heeft gedaan, ter ontwikkeling van zijn stelsel van de verversching der lucht in de woningen, door middel van de riolen:

«Wat betreft de verplaatsing der lucht uit de riolen, door middel van schoorsteenen of buizen, die boven de daken uitkomen, dit stelsel heeft niet slechts het gebrek, dat daardoor het kwaad slechts wordt verplaatst, namelijk van den beganen grond naar de bovenverdiepingen, maar het is bovendien ten eenemale onvoldoende bij warmte, daar al die schoorsteenen, wel verre van te trekken, met des te meer kracht de dampen doen nederslaan, naar gelang zij hooger zijn. Die bedorven lucht dringt alsdan door alle uitwegen, door alle reten, door alle meer of min regtstreeksche wegen van gemeenschap tusschen het riool en de woningen; zij dringt in den ondergrond der straten, in de kelders en natuurlijk in de huizen door, alwaar zij met des te meer kracht wordt binnengetrokken, naarmate deze beter gesloten en verwarmd zijn.... Men zal dus zeer weinig voor den gezondheidstoestand der bevolking hebben verrigt, zoo lang men geene maatregelen zal hebben genomen, om het riool zelf te doen *trekken*, en, wel te verstaan, met meer kracht, dan in omgekeerde rigting hetzij de woningen, hetzij de helling van het terrein, hetzij de afwisselingen van temperatuur, hetzij de rigting en de hevigheid der winden of alle andere storende oorzaken kunnen ontwikkelen.

«Wat het middel betreft om tot deze uitkomst te geraken, het is hoogst eenvoudig; en hetgeen dagelijks geschiedt in onze steenkolenmijnen, welker gangen zooveel overeenkomst hebben met een rioolstelsel, geeft aanleiding dat men het afdoende er van niet behoeft te betwijfelen.

«Dit middel bestaat hierin, dat men door eene hydraulische sluiting alle gemeenschap voor de lucht tusschen de riolen en de buitenlucht verhindere; voorts dat men in het geheele riolennet eene gematigde en geschikte lage drukking onderhoude door middel van een of meer trekkende ventilatoren, die de gassen uitwerpen op uitgelezen plaatsen, alwaar hunne schadelijke werking niet te vreezen is.

«Voor eene stad als Brussel bijvoorbeeld zouden hoogstens drie ventilatoren, elk door een klein stoomwerktuig van 4 of 5 paardekrachten in werking gebragt, en op behoorlijke punten opgesteld, ruim voldoende zijn.

«Die toestellen zouden, met inbegrip van het opstellen, elk 10000 franken kunnen kosten. Wordt dezelfde som besteed aan den bouw van den afvoerschoorsteen en van de onderaardsche galerij, die als zuiverings-laboratorium dient (voor het geval dat men de gassen zou willen zuiveren, alvorens ze weder aan den dampkring over te geven), en rekent men daarbij op 3000 franken aan onvoorziene uitgaven, dan zou elke post op hoogstens 23000 franken te staan komen. Wat de jaarlijksche uitgaven betreft, deze zouden zich bepalen tot 3000 franken voor brandstoffen, 1800 franken voor een machinist en een stoker, en 700 franken voor onderhoud en onvoorziene uitgaven, in het geheel 5500 franken voor elken post. In de onderstelling dat drie ventilators voldoende zouden zijn, zou men dus hebben 69000 franken voor kosten van eersten aanleg en 16500 franken 's jaars om het stelsel in werking te brengen.»

Bij de aanhaling van het bovenstaande zegt de heer de Freycinet:

«Het ontwerp van den heer de Vaux heeft grooten bijval gevonden in de hoogste gezondheids-commissie, en het zou niet onmogelijk zijn dat men er te eeniger tijd eene proef mede nam.»

Bovendien voegt hij in eene aanteekening er nog bij:

«Het is waarschijnlijk, dat, naar de bedoeling van den heer de Vaux, de sluiting niet volkomen is, en dat men de zuivere lucht op zekere uiterste punten zou toelaten, ten einde de riolen voor de werklieden begaanbaar te maken. Het geldt hier alleen de openingen, die in een oneindig aantal op alle punten van het net zijn verspreid en welker behoud de trekking zou verijdelen.»

Deze laatste opmerking vereischt eenige toelichting, opdat omtrent het stelsel geenerlei twijfel blijve bestaan. Wij zeggen dus dat de eerste voorwaarde bij den heer de Vaux integendeel hierin bestaat, dat de hydraulische afsluiting zoo *volkomen* mogelijk zij, en dat juist het schoonste ideaal zou wezen dat er hoegenaamd geen lucht meer binnen trad, omdat, in deze zuiver theoretische onderstelling, men geen andere kracht zou behoeven aan te wenden, om in de riolen den vereischten graad van trekking te onderhouden, dan die, welke noodig is om de geringe hoeveelheid gas te verwijderen, die het gevolg is van de langzame ontbinding der stoffen in de riolen. Men kan het niet te dikwijls herinneren: men behoeft zich volstrekt niet ongerust te maken over den graad van onzuiverheid van de lucht in de riolen, zoodra daarvan niets naar buiten kan uitstroomen; en men moet zich wel wachten daarin met groote kosten een overvloedigen luchtstroom te onderhouden, alleen om ze te allen tijde en op alle punten voor de werklieden toegankelijk te maken. Voor die toevallige en zeldzame gelegenheden, dat dit noodig is, kan men er zich toe bepalen, hier en daar, naar willekeur, en steeds *tijdelijk*, aan de zuivere lucht vrijen toegang te verschaffen, ten einde de lucht in die gedeelten der riolen te verversehen, alwaar gewerkt moet worden. Men zou er overigens op moeten bedacht zijn, wanneer die werkzaamheden van langen duur moesten zijn, dat de ventilatie in het overige gedeelte van het rioolstelsel er niet door te lijden had.

Eene bedenking van meer ernstigen aard, die bij den heer de Vaux is ingebragt, is de moeijelijkheid om, welke pogingen men ook aanwende om tot eene behoorlijke sluiting te geraken, in een gansch riolen-net eenen onderdruk te verkrijgen en te onderhouden, die met 3 tot 5 duim water overeenkomt. Met andere woorden, men vreest dat, welke middelen men ook in het werk stelle om het te verhoeden, door den trek der ventilatoren zooveel lucht door de talrijke openingen in de wanden binnendringe, dat de dampkringslucht in de riolen overal zeer goed kan worden ingeademd, en dat tevens de gewenschte trekking niet kan worden verkregen op die punten, die het verst van de ventilators verwijderd zijn.

Het doel van deze weinige opmerkingen is wèl te doen uitkomen, dat, wat men ook moge doen om de riolen schoon te houden en de lucht daarin te ververschen, deze nooit zuiver genoeg zal zijn, dat men haar ongestraft kan inademen, zoowel des daags als des nachts; dat het gevolgelijk uit het oogpunt van gezondheid van het hoogste belang is, kunstmatig den natuurlijken stroom, die zich uit de riolen naar onze woningen rigt, in tegengestelden zin te rigten.

OVER HET DRAAGVERMOGEN VAN GESMEED IJZEREN BALKEN BIJ TRILLENDE BELASTING.

(*The Artizan*, April 1864; *Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover*, 1865, Heft 1, S. 109.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

De hieronder medegedeelde onderzoekingen van Fairbairn, over het draagvermogen van gesmeed ijzeren balken, zijn als een belangrijke vooruitgang op den proefondervindelijken weg te begroeten. Hierbij wordt voor de eerste maal de eigenaardige bewegelijke belasting bij spoorwegbruggen in aanmerking genomen, namelijk eene zich steeds herhalende en trillende. Al is ook de behandeling van het onderwerp door proeven op een enkelen balk van bepaald gewigt en afmetingen niet uitgeput, zijn toch de uitkomsten niet minder belangwekkend. Bij eene trillende belasting is een enkele kleine ligger in eene ongunstige verhouding, dewijl zijne massa met betrekking tot den last te gering is. Deze verhouding wordt bij grootere bruggen gunstiger, en bij groote spanningen (van ongeveer 120 voet) kan het eigen gewigt het gewigt van den last overschrijden.

In den aanvang spreekt de schrijver over de nadeelige ondervinding, die men eerst in Engeland bij gesmeed ijzeren bruggen opdeed, en die gedeeltelijk in gebrekkige constructie, gedeeltelijk in slechte bewerking of in aanwending van slechte ijzersoorten hare oorzaak had, en die zoover ging, dat het wederstandsvermogen van eene brug slechts het dubbel bedroeg van den zwaarsten last, ofschoon algemeen werd aangenomen, dat het niet minder dan het zesvoud beliep. De veelvuldige ongelukken bewogen de regering te bepalen, dat de zwaarste belasting tot niet meer dan 5 tonnen per vierkanten engelschen duim (15.65 duitsche centenaars of 782.5 kilogrammen per vierkanten centimeter) stijgen mogt.

Fairbairn gelooft, dat deze bepaling:

1) niet geschikt is, om in elk geval tot toepassing van de beste constructie te leiden; hij beklaagt zich

2) dat zij buiten aanmerking laat, dat gesmeed ijzer beter weêrstand biedt aan uitrekking dan aan druk, weshalve de bovenflens van den ligger sterker zijn moet dan de benedenflens;

3) dat daarbij niet op het duurzame gewigt gelet wordt en men dus niet weet, of onder de maximum-belasting van 5 ton per vierkanten engelschen duim het eigen gewigt al dan niet begrepen is.

Hij gelooft, dat bij den bouw van gesmeed-ijzeren bruggen geene bevredigende uitkomsten te bereiken zijn, zoo lang deze voorwaarden niet naauwkeurig zijn omschreven.

Wij kunnen deze aanmerkingen niet met stilzwijgen voorbijgaan, maar moeten veeleer het voorschrift omtrent eene bepaalde hoogste belasting van de afzonderlijke deelen eener ijzeren zamenstelling als een toereikend middel beschouwen om den berekenenden ingenieur de rigtige constructie aan de hand te doen. Tegenover de beoordeeling van de ijzerconstructie naar een 3-, 4-, 5- enz.-voudigen graad van zekerheid, heeft de bepaling van eene maximumbelasting het voordeel van eene scherpe aanwijzing en veroorlooft ligt eene onderlinge vergelijking van onderscheidene constructien, terwijl de beoordeeling naar eene *n*-voudige zekerheid te eenenmale onbepaald is, daar de absolute vastheid van het ijzer nu eens op 30000, dan weder op 50000 tot 60000 engelsche ponden per vierkanten engelschen duim gesteld wordt (60000 pond per vierkanten duim = 84.2 centenaar of 4210 kilogrammen per vierkanten centimeter), en alzoo de een het drievoud zekerheid noemt, terwijl een ander daarvoor het zesvoud aangeeft.

Verder lijdt het geen twijfel, dat, als verlangd wordt: «het ijzer «zal uiterlijk met 5 ton per vierkanten engelschen duim ge«trokken of gedrukt worden,» *alle* daarop werkende lasten in aanmerking moeten genomen worden, dus ook het eigen gewigt, want anders had deze algemeene bepaling in het geheel geen zin, daar reeds bij geringe spanwijdten de invloed van het eigen gewigt niet onbeduidend is en bij grootere het voornaamste deel van de belasting uitmaakt.

Wat eindelijk het verwijt betreft, dat deze bepaling buiten aanmerking laat, dat het gesmeed ijzer beter bestand is tegen trekking dan tegen drukking, heeft de ondervinding voldingend aangetoond, dat het ijzer binnen de grenzen van de veerkracht deze beide spanningen gelijkelijk wederstaat; het behoeft niet onder de aandacht te worden gebragt, dat dit niet meer het geval is in het oogenblik van breken, want de bruggen moeten juist niet breken. Daar echter bij de spanning door drukking de *lengte* van de gedrukte staaf ook in rekening komt, wat bij de spanning door trekking niet het geval is, zoo moeten de gedrukte deelen van een zamenstel eene aan hunne lengte beantwoordende meerdere stijfheid verkrijgen, die ligt te bereiken is door doelmatigen vorm zonder daarom eene vergrooting van de doorsnede noodzakelijk te maken.

De proeven zijn genomen met eenen ligger van gewalst ijzer van den I-vorm, die deze afmetingen had:

Doorsnede van de topflens 4.3 vierkante duim = 27.8 vierkante centimeter.

Doorsnede van de benedenflens 3.4 vierkante duim = 22 vierkante centimeters [vergelijk beneden].

Doorsnede van den verticalen wand 1.9 vierkante duim = 12.3 vierkante centimeter.

Geheele doorsnede 8.6 vierkante duim = 55.6 vierkante centimeter.

Spanwijdte 20 voet = 6.1 meter.

Hoogte 16 duim = 40.6 centimeter.

Gewigt [$7\frac{3}{4}$] 7 centner 3 pond = 351.5 kilogrammen [? 387.5 kilogrammen].

Berekend gewigt [in rust] 12 ton [vergelijk beneden] = 244 centner = 12220 kilogrammen.

Uit deze opgaven laat zich berekenen, dat de absolute vastheid van het ijzer op ongeveer 30000 engelsche ponden per vierkanten engelschen duim (2105 kilogrammen per vierkanten centimeter) aangenomen is geworden.

Om zooveel mogelijk de voorwaarde van een' brugligger, die aan een' telkens wederkeerenden last is blootgesteld nabij te komen, was de toestel zoodanig ingerigt, dat, naar gelang de ligger den last droeg, hij eene langdurige hevige trilling onderging, terwijl de hefboom, waaraan de last hing, op en neder bewogen werd.

Eerste proef.

Datum.	Aantal bewegingen van den last.	Doorbuiging in		Aanmerkingen.
		eng. duim.	millimeters.	
21 Maart.	0	0.17	4.32	De last bedroeg 6643 eng. ponden (of 3016 kilogrammen), dus ¾ van het breekgewigt.
7 April.	202 890	0.17	4.32	
1 Mei.	449 280	0.16	4.07	
14 Mei.	596 790	0.16	4.07	

Nadat de ligger meer dan een half millioen bewegingen van den last gedurende twee maanden onafgebroken dag en nacht, dus ongeveer 8 trillingen per minuut, zonder eenige merkbare verandering doorgestaan had, werd de belasting tot $\frac{8}{7}$ van het breekgewigt, dus tot 7680 engelsche ponden (3487 kilogrammen) verhoogd en de proef voortgezet.

Tweede proef.

Datum.	Aantal bewegingen van den last.	Doorbuiging in		Aanmerkingen.
		eng. duim.	millimeters.	
14 Mei.	0	0.22	5.59	Belasting 7680 eng. ponden (of 3487 kilogrammen.) Het getal trillingen is gerekend van 0, zonder die van de eerste proef.
22 »	85 820	0.22	5.59	
9 Junij.	236 460	0.21	5.34	
26 »	403 211	0.23	5.85	

De ligger had nu één millioen trillingen met den last doorgestaan, zonder merkbare verandering. Daarop werd de last tot $\frac{9}{8}$ van het breukgewigt of 10486 engelsche ponden (4765 kilogrammen) verhoogd, en het werktuig tot het voortbrengen van de trillingen weder aan den gang gebragt.

Na deze gewigtsvermeerdering vertoonde zich eene blijvende doorbuiging van 0.05 engelsche duimen (0.63 millimeter), die tot 0.23 en eindelijk tot 0.35 duim (8.9 millimeter) aanwies. De ligger brak na 5175 trillingen door het scheuren van de bodemflens nabij het midden. Gedurende deze 1005175 trillingen was geen klinkbout gebroken of losgeraakt.

De gebrokene ligger werd hersteld door vernieuwing van de beide hoekijzers en door aan de benedenflens een lap van dezelfde dikte te lasschen.

Derde proef.

Datum.	Aantal trillingen van den last.	Doorbuiging in		Blijvende doorbuiging. eng. dm.	Aanmerkingen.
		duimen.	millimeters.		
1860.					
9 Aug.	158	—	—	—	De last bedroeg 10500 eng. pond (4767 kilogrammen); de ligger boog sterk door.
11 »	12950	—	—	—	De last bedroeg 8025 eng. pond of 3.58 ton.
13 »	24900	0.22	5.59	—	
13 »	25900	0.18	5.58	0	De last werd verminderd tot 2.96 ton.
1 Dec.	768100	0.18	4.58	0.01	
1861.					
2 Maart	1602000	0.18	4.58	0.01	
4 Mei.	2110000	0.17	4.32	0.01	
4 Sept.	2727754	0.17	4.32	0.01	
16 Oct.	3150000	0.17	4.32	0.01	

De ligger had nu meer dan drie millioenen malen de op- en nedergaande belasting weerstaan zonder ergens toeneming van de blijvende doorbuiging te vertoonen, waaruit af te leiden is, dat hij bij deze belasting elke vermeerdering van de trillingen weerstaan zou. Nu werd het gewigt opgevoerd tot 6 ton, waarna de doorbuiging tot 0.2 engelschen duim wies.

Vierde proef.

Datum.	Aantal trillingen van den last.	Doorbuiging in		Blijvende doorbuiging. eng. dm.	Aanmerkingen.
		duimen.	millimeters.		
1864.					
18 Oct.	0	0.20	5.08	0	De last bedroeg 13440 eng. pond of 6102 kilogr.
18 Nov.	126000	0.20	5.08	—	
18 Dec.	237000	0.20	5.08	—	
1862.					
9 Jan.	313000	—	—	—	Breuk.

De breuk was het gevolg van het scheuren van de benedenflens.

De uitkomsten zijn hieronder in een overzigt te zamen gevat:

Nommer van de proef.	Datum.	Last in het midden van den ligger in tonnen.	Aantal trillingen.	Belasting per vierk. eng. dm. aan de benedenflens. tonnen.	Belasting per vierk. eng. dm. aan de bovenflens. tonnen.	Doorbuiging. eng. duim.	Aanmerkingen.
1	1861 (3860) 21 Maart tot 14 Mei	3	596790	4.62	2.58	0.17	
2	14 Mei tot 26 Junij	3.5	403210	5.46	3.05	0.23	
3	25 Julij tot 28 Julij	4.68	5175	7.31	4.08	0.35	Breuk door scheuren.
		Totaal	1005175				
		Na herstelling van den ligger:					
4	9 Aug.	4.68	168	7.31	4.08	—	
5	11, 12 en 13 Aug.	3.58	(?158) ?) 25742 (?6.59	3.59	3.12	0.22	
6	13 Aug. 1860 tot 16 Oct. 1861	2.96	3124100	4.62	2.58	0.18	
7	18 Oct. 1861 tot 9 Jan. 1862	4.00(?	313000	6.25(?	3.48(?	0.20	Breuk door scheuren nabij de vorige breuk.
		Totaal	3463000				

Uit deze proeven volgt, dat gesmeed ijzeren liggers onder de werking van bewegelijke lasten, die *een-derde* van het breekgewigt bedragen, geene veiligheid aanbieden, terwijl zij een' last gelijk aan het *een-vierde* van het breekgewigt volkomen weêrstaan. Aangenomen, dat de ligger twaalf millioen malen den laatstbedoelden last draagt, zoo zoude er eene tijdsruimte van 328 jaren noodig zijn om hem te vernielen, als de last dagelijks honderd malen terugkeerde. Bij de belasting met *een-derde* van het breekgewigt zoude de ligger (volgens proef 7) 313000 trillingen doorstaan en het dus acht jaren uitgehouden hebben.

De *Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins* van Januarij 1865 bevat omtrent de hierboven beschrevene proeven ook een artikel van P. Reinhardt, waaruit wij, tot vermijding van herhalingen, slechts het volgende trekken:

In het jaar 1860 werd de heer W. Fairbairn door het engelsche ministerie van koophandel uitgenoodigd proeven te nemen tot bepaling van die belastingen, welke zouden worden verklaard de veiligheid van de brugliggers in het geheel niet in gevaar te brengen.

Het verslag, dat als grondslag van het daartoe betrekkelijke wetsontwerp aan het parlement werd overgelegd, bevat ook voor ruimeren kring belangrijke mededeelingen, waarvan enkele hieronder worden te zamengevat:

De aan de proef onderworpen ligger werd aan beide einden op vaste steunpunten gelegd en in het midden door middel van een' hefboom belast, die om een vast punt kon draaijen en aan het vrije einde eene weegschaal tot het opnemen van gewigten droeg. Dit einde met de gewigten werd nu door middel van eene geleistang met de kruk van een rad verbonden, dat acht omwentelingen in de minuut maakte en dus ook juist zoo veel malen de belasting op en neder deed gaan.

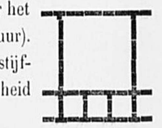
Om niet met liggers van alle denkbare vormen proeven te moeten nemen, stelde de heer Fairbairn op den voorgrond, dat de topplaat van den ligger, die aan drukking weêrstand moet bieden, behoorlijke stijfheid hebbe, en dat de breuk gewoonlijk wordt veroorzaakt door het scheuren van de onderste vezelen des liggers.

Dit blijkt ook bij de beschouwing van de volgende regelen, die op proeven gegrond zijn:

1. Bij liggers van den I-vorm moet, met het oog op de omstandigheid, dat de drukkingsvastheid van het ijzer tot de trekkingsvastheid in verhouding staat als 3:4.5, de doorsnede van de bovenflens in omgekeerde verhouding grooter zijn dan die van de benedenflens.

De ondervinding leert, dat bij zwakke liggers de verhouding 2:1 moet genomen worden; hoe sterker de ligger in het algemeen is, des te kleiner mag de verhouding van de bovenflens tot de benedenflens worden gekozen, en bij grootere afmetingen kan men in zekere gevallen volstaan met de doorsnede van de bovenste gelijk aan $1\frac{1}{3}$ maal die van de benedenste te nemen.

2. Bij den in Engeland zoo gewilden vorm van holle brugliggers kan men de grootste besparing verkrijgen door het bovenste gedeelte celvormig te maken (zie de figuur). Zulk eene zamenstelling geeft dubbel zooveel stijfheid als de eenvoudige flens bij gelijke hoeveelheid materiaal.



De ligger, door Fairbairn gebezigd, woog $7\frac{3}{4}$ centner (zie boven). De onderplaat had eene doorsnede van 2.7 vierkanten engelschen duim.

Bij de groote sterkte van de bovenflens kon de breuk slechts plaats grijpen door het scheuren van de benedenflens.

Het breekgewigt in rust laat zich berekenen door toepassing van de formule:

$$W = \frac{a\,d\,c}{l},$$

waarin:

a de doorsnede beduidt van de benedenflens = 2.4 vierk. duim [? 2.7; vergelijk boven]

d de hoogte van den ligger = 16 duim

l den afstand tusschen de steunpunten = 240 duim

c een' empirischen coëfficiënt = 80,

en waaruit volgt:

$W = 12.8$ ton [voor de doorsnede 2.7 wordt $W = 14.4$ ton].

Elke in het midden van den ligger werkende last w brengt in de benedenflens eene belasting per vierkanten engelschen duim voort, die bepaald wordt door de formule

$$S = \frac{l\,w}{4\,a\,d}$$

Is bijvoorbeeld $w = 2.96$ ton, dan volgt hieruit

$S = 4.62$ ton per vierkanten engelschen duim

Eerste reeks proeven.

Nummer.	Datum.	Belasting in het midden. Tonnen.	Aantal wisselingen van den last.	Verhouding van het proefgewigt tot het breekgewigt in rust.
1	van 21 Maart tot 14 Mei 1860	2.96	596 700	0.23
2	van 14 Mei tot 26 Junij	3.50	403 210	0.27
3	van 25 Julij tot 28 Julij	4.68	5 175	0.37

Na 5175 wisselingen van de belasting met een gewigt van 4.68 ton, en na een gezamenlijk getal van 1 005 175 doorgestane wisselingen, brak de benedenflens nabij het midden der lengte van den ligger. De ligger werd toen, gelijk reeds hierboven gezegd is, hersteld door vernieuwing van de hoekijzers en door het aanbrengen van een lap op de gescheurde flens, van gelijke dikte als deze.

Tweede reeks proeven.

Nummer van de proef.	Datum.	Belasting in het midden. Tonnen.	Aantal wisselingen van de belasting.	Verhouding van het proefgewigt tot het breekgewigt in rust.
1	9 Aug. 1860	4.68	158	0.37
2	11 en 12 »	3.58	25 742	0.27
3	van 13 Aug. 1860 tot 16 Oct. 1861	2.96	3 124 100	0.23
4	van 18 Oct. 1861 tot 9 Jan. 1862.	4.00	313 000	0.31
		Totaal	3 463 000	

Bij de proef n°. 1 was de toestel door toeval aan den gang gekomen.

Den 9den Januarij 1862 scheurde de onderflens nabij den opgezetten lap.

1. Eene belasting van 6.25 ton per vierkanten engelschen duim [1 ton of 1016 kilogrammen per vierkanten centimeter] van de benedenflens mag dus niet geduld worden, daar zij na 3 tot 400 000 trillingen, hetgeen overeenkomt met den duur van weinige jaren, scheuren doet ontstaan.

Daarentegen geeft eene belasting van 5 ton per vierkanten engelschen duim [van de benedenflens], die overeenkomt met een vierde van het breekgewigt, volkomene veiligheid.

In de onderstelling, dat bij brugliggers van andere bouwstof (gietijzer, hout) de invloed van de trillingen zich op gelijke wijze doet gevoelen, zoude de laatste regel algemeene toepassing vinden met betrekking tot de veiligheids-coëfficiënten.

Er werd bij de proeven geene rekening gehouden van de gaten der klinkbouten, die de doorsneden in verhouding van 2.4 [? 2.7] tot 1.775 vierkanten duim verzwakten.

Als men hiervan rekening houdt, worden de bovenstaande tabellen aldus gewijzigd:

Nummer van de proef.	Belasting in het midden. Tonnen.	Aantal trillingen.	Belasting per vierk. eng. duim van de benedenflens. Tonnen.
	Eerste reeks.		
1	2.96	596 760	6.25
2	3.50	403 210	7.39
3	4.68	5 175	9.88
	Tweede reeks.		
1	4.68	158	9.88
2	3.58	25 742	7.56
3	2.96	3 124 100	6.25
4	4.00	313 000	8.45

Het is niet raadzaam eenen te grooten veiligheids-coëfficiënt aan te nemen, dewijl het eigene gewigt een onvermoeide vijand blijft, die het op vernieling toelegt; in elk geval is het voordeeliger zooveel mogelijk op het gewigt te besparen, maar daarentegen voor voortreffelijkheid van materiaal en uitvoering naar volmaaktheid te streven.

FUNDERINGEN, DOK- EN KAAIMUREN EN ANDERE ZEEWERKEN ZONDER KISTDAMMEN, DOOR D. MILLER.

(*The Civil Engineer and Architect's Journal*, May, June 1865.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga.)

(Plaat 3.)

De volgende voordragt (1) handelt over de verscheidene wijzen om funderingen voor kaaimuren, hoofden of zeebrekers, tot aanleg van dokken en havens in diep water, te bouwen; zij beschrijft werken van deze soort, uitgevoerd naar beginselen, die van de gewoonlijk toegepaste verschillen, en wijst de verdere toepassing van deze beginselen voor andere werken van gelijken aard aan.

De aanleg van deze werken heeft gewoonlijk het bezigen van zeer kostbare middelen gevorderd, en tot heden bleef men te vergeefs verlangen deze constructies gemakkelijk en spaarzaam uit te voeren, en daarbij te voldoen aan de verschillende eischen van hechtheid en wederstandsvermogen tegen de mechanische krachten, waaraan zij blootstaan, tegen de vernielende werking van de elementen, tegen de verwoesting door den paalworm en den invretenden invloed van het zeewater.

Verschillende wijzen van funderen in diep water worden tegenwoordig in praktijk gebragt; maar tegen de meeste van deze stelsels rijzen bedenkingen, ontleend òf aan hunne kostbaarheid òf aan gemis van duurzaamheid. De middelen, die voornamelijk de bovenhand hebben behouden, bestaan in funderen op paalwerk ter hoogte van laag water, in het bouwen binnen caissons of kistdammen, of het bouwen onder water met behulp van duikertoestellen.

(1) Gehouden in *the Institution of Civil Engineers*.

De eerste manier heeft ernstige bezwaren èn door gebrek aan sterkte èn door gebrek aan duurzaamheid, dewijl het paalwerk dikwijls ontoereikende is om de zijdelingsche drukking, die achter den muur wordt uitgeoefend, te weerstaan, en de koppen van de palen, bij afwisseling blootgesteld aan de werking van lucht en water, spoedig verrotten, waarna het gewigt van den daarop rustenden muur spoedig de vernietiging van het geheele zamenstel voltooit. Uit den aard van de zaak is deze manier in het geheel niet toe te passen waar paalwormen worden gevonden. Voorbeelden van de verwoesting van zulke werken komen in menigte voor. Letten wij, bij voorbeeld, slechts op de rivier Clyde. Bijna al de oude kaaimuren van de haven van Glasgow waren naar dit beginsel gebouwd en zijn bezweken door het verrotten van de palen of hebben zeer kostbare herstellingen vereischt voor hunne instandhouding; en in de dokken van Glasgow bezweken de muren, die volgens dat stelsel gebouwd waren, door de zijdelingsche drukking, die hen korten tijd na de voltooijing voorover zette, tot groote schade voor de haven (1).

De meest gebruikelijke wijze van werken, waar groote hechtheid vereischt wordt, is de toevlugt te nemen tot kistdammen, en het water uit de beslotene ruimte te pompen, zoodat de funderingen en muren kunnen worden gebouwd als op het drooge. Dit middel is zeker het meest doeltreffend, maar over het algemeen tevens kostbaar, en dikwijls niet vrij van gevaar. In vele gevallen ook is het door den aard van de lagen bijna onmogelijk een' kistdam aan te leggen, die aan den eisch beantwoordt. Niet alleen sleept de bouw van zulke werken groote uitgaven mede, maar hij vordert ook veel kennis van het ingenieurs-vak; en als men in aanmerking neemt, dat zij gewoonlijk voor een tijdelijk doel strekken, moet men toegeven, dat het van belang is, eene manier te ontwerpen, waardoor men hun gebruik ontwijkt en hechte, duurzame zamenstellingen zonder behulp daarvan in het leven roept.

Het stelsel van bouwen onder water door middel van de duikerklok en het duikerspak is op zeer groote schaal toegepast geworden, en de verbeterde, nu in gebruik zijnde, toestel biedt groot gemak voor deze soort van werk aan, maar is alleen onder bijzondere omstandigheden aanwendbaar, bovendien kostbaar en kan den voortgang van den arbeid vertragen. De zeebreker te Dover, thans in uitvoering, is een voorbeeld op ruime schaal van deze wijze van bouwen, maar tevens een getuigenis voor de groote sommen, die dit stelsel verslindt.

Bij den bruggebouw is eene groote verbetering in den aanleg van de pijlers zonder kistdammen ingevoerd, en de fransche ingenieurs zijn tot in de laatste tijden, anderen vooruit geweest in deze manier van zulke werken uit te voeren. Het denkbeeld, dat zij toepassen, werd in 1813 door Vicat aangegeven; het bestaat in beschotten van naauw aaneengedreven palen of «caisses sans fond», van den vorm des pijlers, ongeveer tot de hoogte van laagwaterpeil, en gevuld met beton of onder water verhardenden mortel, waarop het bovenste gedeelte van de pijlers op de gewone wijze wordt gebouwd. Eenige belangrijke bruggen in Frankrijk, en vele van die over de Seine in en bij Parijs, zoo als de Carroussel-brug, die van Jena, Austerlitz, Alma en Asnières, hebben pijlers, die aldus werden opgetrokken, zonder kistdammen. Men kan evenwel niet zeggen, dat deze werken van de fransche ingenieurs, die eene vereeniging van hout en beton waren, zelfstandigheid en duurzaamheid bezaten, en eene verandering werd later noodig geoordeeld om hun evenveel hechtheid te verzekeren als aan steenen bruggen, op de gewone wijze gebouwd.

De werkwijzen, onlangs aangenomen bij den aanleg van de pijlers der Westminster- en Chelsea-bruggen, hebben dit doel bereikt, en deze zamenstellingen zijn voorbeelden van eene welgeslaagde afwijking van onveranderlijk gepredikte regels en van de toepassing van wetenschappelijke beginselen op den bruggebouw.

(1) Wanneer echter bij dit stelsel de fundering gelegd wordt even *onder* den laagsten waterstand, verdwijnt dit nadeel. (Vert.)

Aanwending van beton.

In deze wijzen van werken heeft beton of onder water verhardende mortel eene belangrijke rol gespeeld, en hij vormt eveneens het hoofdbestanddeel bij de hierna te beschrijven zeewerken. Dit onschatbaar mengsel, ofschoon reeds gebezigd in den romeinschen tijd en de middeneeuwen, geraakte in onbruik, en werd sedert door de engelsche ingenieurs tot den laatsten tijd niet hoog gewaardeerd als bouwstof, maar zij stelden voornamelijk hun vertrouwen in metselwerken van reusachtige blokken, opgetrokken binnen kistdammen, of met de duikerklok onder water geplaatst.

De fransche ingenieurs verdienen den lof sinds langeren tijd bedacht te zijn geweest op de waarde van beton, als een' gewigtigen bondgenoot bij waterwerken.

Vóór eenigen tijd evenwel is zijne waarde tot vervanging van gemetselde blokken in Engeland beter erkend, en is hij in enkele belangrijke werken gebezigd geworden. Toch blijft het gebruik daarvan voornamelijk beperkt tot het vormen van eene gelijkslachtige, ééne massa uitmakende laag voor funderingen, en dient hij eigenlijk niet als bouwstof voor het zamenstel zelf. Het is meer bepaaldelijk hierop, dat de schrijver het oogmerk heeft de aandacht te vestigen. Inzonderheid zijn er slechts weinig voorbeelden van de aanwending van vloeibaren beton bij den aanleg van onderzeesche werken, die gestort werd om onder water te verharden.

Er zijn drie manieren, volgens welke beton kan worden aangewend bij het bouwen: 1. hem in massa te bezigen en te laten zetten, voor dat het water toegang tot het werk heeft, gelijk gedaan werd bij den aanleg der muren van de Victoria-dokken door den heer Bidder, en van die van de Londen-dokken door wijlen den heer Rendel; 2. hem eerst als blokken te bereiden en vóór het gebruik te laten verharden, gelijk hij gebruikt werd door wijlen den heer Walker bij den zeebreker van Dover en door den heer Hawkshaw voor de nieuwe forten aan zee, tot bescherming van de tuighuizen te Plymouth en te Portsmouth; 3. door hem in vloeibaren toestand neer te storten en hem onder water te laten verharden, gelijk op reusachtige schaal gedaan werd door den heer Noël, bij den aanleg van de groote, drooge rijks-dokken te Toulon. In het laatst bedoelde geval werd hydraulische beton in vloeibaren staat neergeworpen tot eene diepte van 40 voet in zee, en vormde een' grooten, regthoekigen trog, ongeveer 100 voet wijd, ter lengte van elk dok, met wanden en bodem van ongeveer 16 voet dikte.

Nadat de beton verhard was, werd het water uit het binnenste gepompt, eene beklamping in metselwerk aan de binnenzijde aangebragt tot vorming van de versnijdingen of banketten, de trappen

en den vloer, de schipdeur op hare plaats gezet, en nadat de beton-wand van den trog bij den ingang was opgeruimd geworden, was het dok voltooid.

De hulpmiddelen tot het maken van beton of onder water verhardenden mortel, die de onschatbare eigenschap heeft, zich onder water te zetten en alzoo een kunstmatigen steen of rots te vormen, zijn zeer groot, daar hij kan worden bereid òf uit de van nature onder water verhardende kalken òf uit de kunst-waterkalken (cementen) òf uit de vette niet-hydraulische kalken, die hydraulisch gemaakt worden door het toevoegen van andere zelfstandigheden, zoo als pouzzolaan-aarde, menie of hamerslag (*ironmine dust*).

Men kan zich het best verlaten op den beton, gemaakt van de natuurlijke hydraulische kalken, die in grooten overvloed worden gevonden in Engeland en andere landen. De blaauwe lias in genoemd land, de kalksteen van Arden (bij Glasgow) in Schotland, en die van Theil in Frankrijk zijn goede voorbeelden van deze soort, want zij bezitten in hoogen graad de eigenschap onder water te verharden. Omtrent den kalk van Arden hebben schrijver dezes en zijn medgenoot rijke ondervinding opgedaan bij de dokwerken te Glasgow, Greenock en elders. Wat den blaauwen lias betreft, het uitgebreid gebruik daarvan bij de dokken te Liverpool, Londen en andere gewigtige werken in het koningrijk is een bewijs voor zijne goede hoedanigheden. De hydraulische kalksteenen van Frankrijk zijn op nog zwaarder proef gesteld geworden door hunne aanwending tot het vervaardigen van de groote betonblokken, gebezigd tot bescherming van de buitengloojing der fransche zeebrekers. Het kan zijn nut hebben, tot vergelijking, de verhoudingen der bestanddeelen van de beton-mengsels te doen kennen, die uit deze verschillende kalksteenen bereid werden. De beton van Arden-Kalk, gebezigd door de heeren Bell en Miller voor de funderingen van het groote drooge dok te Glasgow, was zamengesteld uit één deel fijn gemaakten Arden-kalk, één deel hamerslag (*mine dust*), één deel zand en vier en een half deel kwarts en afval (*chips*) uit de groef. De lias-beton, gebezigd bij de onlangs plaats gehad hebbende uitbreiding van de Londen-dokken door den heer Rendel, bestond uit één deel blaauwen lias-kalk op zes deelen kwarts en zand. De verhoudingen, aangenomen voor de blokken van het havenhoofd te Marseille, waren twee deelen verbrijzelde steenen op één deel mortel; deze laatste was zamengesteld uit drie deelen Theil-kalk tegen vijf deelen zand.

De kennis der zamenstelling van kunst-waterkalken is van groot belang in streken, waar natuurlijke waterkalken niet gemakkelijk te verkrijgen zijn. Smeaton was de eerste, die aantoonde, dat men de eigenaardige hoedanigheid van de hydraulische mortels had te danken aan het aanzijn van klei of kiezelzure aluinaarde (1). Ten gevolge hiervan toonden de scherpzinnige onderzoekingen en proefnemingen van Vicat aan, hoe alle vette of niet-hydraulische kalksteenen buitengemeen hydraulisch konden gemaakt worden, door ze in zekere verhouding met klei te branden. Inderdaad, aan Vicat komt de verdienste toe, de kennis van de kalken tot een stelsel gebragt, en de aanwendbaarheid van beton als eene uitnemende bouwstof in de praktijk bewezen te hebben. De uitmuntende, thans bereide kunstcementen zijn van de hoogste waarde voor den ingenieur, en de beton, met Portland-cement bereid, kan te naauwernood overtroffen worden. Die, welke bij de nieuwe Westminsterbrug gebruikt wordt, is harder en digter dan de meeste natuurlijke bouwsteenen, zelfs in het bed van de Theems en daar, waar hij aan den snellen stroom is blootgesteld. Beton van Portland-cement wordt ook op uitgebreide schaal gebruikt voor de kunstmatige blokken, die elk van 6 tot 10 ton wegen en het hart van den zeebreker te Dover en dien te Alderney vormen, waarbij de verhouding van de bestanddeelen is: een deel cement op tien deelen kwartsbrokjes (*shingle*).

Enkele zelfstandigheden, zoo als pouzzolaan-aarde — een vulcanisch product, dat voornamelijk in Italie wordt gevonden — hebben, blijkbaar omdat kiezelzure aluinaarde in hare zamenstelling de overhand heeft, de eigenschap de vette of niet-hydraulische kalken hydraulisch te maken. Uit die zelfstandigheden is de beton bereid, die langen tijd gebezigd werd voor werken aan de stranden van de Middellandsche Zee; de hoofden van sommige italiaansche havens zijn bijna geheel uit hydraulischen beton opgetrokken. De schrijver had onlangs gelegenheid te Genua de verlenging van een der havenhoofden te zien, waarvan de binnenzijde te lood staat. Deze werd onder water aangelegd, geheel van pouzzolaan-beton, enkel uit mandjes, die op de hoofden gedragen werden, in de zee geworpen, terwijl een vlechtwerk de gedaante van den muur bepaalde. In een kort tijdsbestek werd hij zoo hard, dat het bovengedeelte van den muur, dat uit natuurlijke steenen bestaat, er op gebouwd kon worden. De buitenzijde van het hoofd, dat vroeger gemaakt was geworden, bestond uit los gestorte steenen. Ofschoon de diepte van den kaaimuur niet groot was, bewijst dit toch het vertrouwen, dat de engelsche ingenieurs stellen in beton, in zachten staat onder water gebezigd. De hoofden van het nieuwe dok, door het oostenrijksche gouvernement te Pola, in Istrië, gebouwd, zijn op gelijke wijze gevormd uit beton tusschen rijen houten palen.

Maar welligt is de meest opmerkelijke aanwending van pouzzolaan-beton op groote schaal te vinden bij het uitgestrekte hoofd, dat de haven van Algiers beschermt. Om dit op te trekken werden blokken van buitengewone grootte gebezigd, die niet door het geweld van de zee konden worden verwrikt. Sommige werden op hunne plaats gemaakt door den beton in groote houten kisten zonder bodems te storten, die vooraf neèrgelaten werden volgens de rigting van het hoofd. Andere blokken van kleinere afmeting, hoewel toch meer dan 30 ton zwaar, werden aan het strand gemaakt in sterke houten kisten of mallen. Nadat de beton zich gezet had, nam men de kisten weg en liet de blokken in de zee neder langs eene helling, zonder zich om hunne horizontale ligging te bekommeren. De beton voor de blokken, die op hunne bestemmingsplaats werden gemaakt, was zamengesteld uit één deel deeg van vetten kalk, twee deelen pouzzolane en vier deelen steenbrokjes; die voor de aan het strand gemaakte, bestond uit één deel kalkdeeg, één deel pouzzolane, één deel zand en drie deelen steenbrokjes. Deze blokken verhardden in vier en twintig uren genoeg om het geweld van zware zeeën te wederstaan, en het hoofd blijkt nu duurzaam te zijn, in plaats van bijna elken winter vernield te worden, gelijk in den tijd van de Mooren, toen het uit losse steenblokken bestond.

De fransche ingenieurs hebben groote stoutheid en bekwaamheid getoond in de aanwending van beton, met name bij de Alma-brug over de Seine, welker bogen, zoowel als de pijlers, uit breuksteenbeton (*rubble concrete*) gevormd zijn; in het nieuwe drooge dok te Toulon, waarop hierboven gewezen werd, en in den bouw of de bescherming van zeebrekers door ontzettend groote kunstmatige beton-blokken, gelijk zij uitgevoerd werden te Marseille, Cherbourg, la Ciotat, Cette, Vendres, Cassis en Algiers. Korten tijd geleden, toen de schrijver het zeehoofd of den zeebreker, waardoor de haven van Marseille wordt ingesloten, in oogenschouw nam, vond hij de ruwe, regthoekige beton-blokken, die elk meer dan 20 ton wegen, waardoor zijne buitenzijde, volgens het beginsel van steenstortingen, beschermd is, volkomen onbeschadigd en scherp van omtrek, hoewel zij vele jaren aan de werking van de zee waren blootgesteld geweest. Ieder, die op dat hoofd stond en in een' storm getuige was van de zware zeeën, die met ijzingwekkende kracht op deze betonmassa's beukten en terug stroomden zonder eenige schade te hebben aangerigt, konde niet meer twijfelen omtrent het doeltreffende van beton als bouwstof.

Hydraulische beton vereischt, om aan zijne bestemming te beantwoorden, zorg en aandacht bij de bereiding en bij de bepaling van de verhouding der bestanddeelen. Alle mislukkingen moeten ontstaan zijn door achteloosheid omtrent deze punten, want de ondervinding bewijst ruimschoots, dat, als hij behoorlijk bereid wordt, zijne sterkte en duurzaamheid ten volle vertrouwen verdienen. Zelfs, waar natuurlijke steen overvloedig is, kan die bouwstof dikwijls met besparing en beter worden gebruikt; maar waar geen gebouwen steen te verkrijgen is, kan het belang van eene doeltreffende zelfstandigheid, die hem vervangt en gevormd wordt uit stoffen van zoo geringe waarde en zoo wijd verspreid, niet te hoog worden geschat.

Bouw van dok- en kaaimuren zonder kistdammen.

Ofschoon er reeds zooveel bij den bruggebouw is tot stand gebragt geworden, is er toch nog weinig gedaan geworden voor het funderen en optrekken van kaaimuren, hoofden of zeebrekers in diep water, van een hecht en duurzaam karakter, zonder de toevlugt te nemen tot kistdammen, duiker-toestellen of andere even kostbare middelen. De schrijver heeft geruimen tijd zijne aandacht aan dit onderwerp gewijd, maar eerst onlangs heeft hij eene gunstige gelegenheid gehad, zijne denkbeelden op ruime schaal toe te passen.

In zeewater ontmoet de ingenieur vijanden, die in zoet water niet, althans in onbeduidende mate, bestaan. De *teredo navalis* en andere wormen verwoesten spoedig het hout, en de invretende werking van het zeewater en andere zijner eigenschappen hebben een' nadeeligen invloed op het ijzer. Ten gevolge van deze beschadigingen zijn tot heden deze bouwstoffen niet veel gebruikt gebruikt geworden bij zeewerken, waar duurzaamheid een eerste vereischte is. Ongetwijfeld kunnen zij met voordeel gebezigd worden, mits beschermd tegen die vernielende uitwerkingen; en welke bouwstoffen ook worden aangewend, is het wenschelijk, de aan de zee blootgestelde oppervlakten uit aaneengeschakelde gehouwen steenen te doen bestaan, of uit eene andere bouwstof, die haren invloed weerstaat.

Als hoofdingenieurs bij de Albert-haven te Greenock, hadden de schrijver en zijn medgenoot, de heer Bell, gelegenheid het nieuwe stelsel in te voeren, dat nu daar is aangenomen voor den aanleg van zeemuren en kaden in diep water, zonder de hulp van kistdammen, waardoor eene groote besparing verkregen, en de hechtheid en duurzaamheid van zulke werken verzekerd is geworden.

De inrigting tot laden en lossen voor de schepen te Greenock bestaat in drie opene getij-dokken of havens, waarvan het nieuwste aangelegd is geworden door wijlen den heer Locke, lid van het parlement. Uitvoerige ontwerpen voor natte dokken zijn op verschillende tijdstippen aangeboden geworden door verscheidene ingenieurs, inzonderheid door Rennie, Telford en Walker & Burges, maar tot heden zijn geene natte dokken gebouwd geworden, omdat men meende, dat het verschil van de getijden — van 8 tot 10 voet — ze niet onmisbaar maakt en de handel door het tegenwoordige stelsel genoeg gebaat wordt. In de latere inrigtingen werd dus het stelsel van havens voorgestaan, ofschoon de mogelijkheid gelaten is voor verandering in natte dokken door het aanbrengen van sluizen en deuren, zoo dit in een later tijdperk raadzaam mogt geacht worden.

De nieuwe werken zijn gelegen aan de westzijde van de stad en, ten einde geen kostelijken grond aan het strand in te nemen, zijn zij bijna geheel buiten de hoogwaterlijn in zee ontworpen geworden. Daar de diepte van het water aan de buitenzijde aanzienlijk is, is de noodige diepte van ingraving aan de binnenzijde betrekkelijk gering. Het buitenste zeehoofd, zal, volgens het ontwerp van de ingenieurs, eene groote uitgestrektheid van het strand benevens de baai van Quick omvatten, en, geheel voltooid, eene lengte van meer dan 3000 voet hebben. Binnen deze kom zal er ruimte zijn voor twee havens, elke 1000 voet lang, 15 voet diep bij laag water, of 25 voet bij hoog water, met openingen van 100 voet wijdte. Er zal ook nog plaats in overvloed zijn voor den bouw van drooge dokken, voor het bewaren van hout en het oprigten van loodsen. De twee havens zijn verbonden door eene sluis van 350 voet lengte, waardoor eene van de havens des noods in een nat dok kan worden veranderd met eene diepte van 25 voet, en men is er op bedacht in verband hiermede een droog dok te bouwen. Men is evenwel voornemens aanvankelijk slechts ongeveer de helft van het zeehoofd te bouwen en één haven of getij-dok aan te leggen, die de Albert-haven zal worden genaamd, en de werken voort te zetten als de toenemende handel nieuwe inrigtingen vordert. Door den aanwas van de scheepvaart zal dit niet in een ver verschiet liggen.

De diepte van het water, waar een kistdam had moeten worden aangelegd, als deze in aanmerking was gekomen, is op vele plaatsen bijna 30 voet bij hoog water; als men let op de lengte en bedenkt, dat hij sterk genoeg moest zijn om aan de winterstormen te weerstaan, komt men tot het besluit, dat hij naauwelijks minder dan £ 50 000 zou hebben gekost. Behalve de zware uitgaaf voor een' kistdam, was er nog eene andere moeijelijkheid, daar het voorgestelde nieuwe hoofd nabij den hoek van het diepe vaarwater moet komen, en dus de kistdam zoover in het vaarwater zoude hebben moeten reiken, dat de vaart bedenkelijk gestremd werd. Uit hoofde van deze bezwaren en met het oog op de kosten waren de stedelijke gemagtigden (*trustees*) voornemens geweest hout te gebruiken voor de buitenste hoofden en de ingenieurs ontvingen last, dienovereenkomstig hun ontwerp op te maken. De schrijver en zijn medgenoot meenden echter, dat in eene streek, waar de zeeworm zeer vernielend is, het werk niet uit zulk eene vergan-

(1) In den jongsten tijd heeft Balard weder gewezen op de onmisbaarheid van *magnesia* in mortels, andere scheikundigen reeds vroeger op die van *oplosbaar* kiezelzuur. (Vert.)

kelijke stof mogt bestaan, en dat het zeer mogelijk was, eene hechte zamenstelling te verkrijgen, op eene spaarzame wijze en met vermijding van de aangeduide moeijelijkheden. Ten einde dit tot stand te brengen, stelden zij voor, het buitenste hoofd en de kaden, die de zeezijde van het dok vormen, zonder kistdammen aan te leggen, zoodat het hoofd zelf als kistdam kon dienen voor de werkzaamheden binnen de haven, die later noodig werden bevonden. Dit zeehoofd is aan de kruin 60 voet breed en heeft aan beide zijden kaaimuren.

Het ontwerp stelde voor, de muren onder water zamen te stellen uit eene vereeniging van gegoten ijzeren traceer-palen in het front met eene onafgebrokene bekleeding van natuurlijken steen daaromheen en daartusschen en uit beton, die in zachten toestand er achter wordt gestort, welk werk geheel boven de waterlijn zou kunnen worden verrigt. Waar zulks noodig bleek te zijn, zouden houten steunpalen in het inwendige van het werk worden gebezigd, en het bovenste gedeelte van de muren, te beginnen bij de laagwaterlijn, zoude op de gewone wijze in metselwerk worden opgetrokken. Zie de figuren 1 tot 6, op plaat 3, waar figuur 1 een standgezigt van het hoofd bij laag water is, figuur 2 eene doorsnede van het zeehoofd, figuur 3 een standgezigt van een gedeelte van het hoofd, figuur 4 een platte grond van een gedeelte van het hoofd bij laag water, figuur 5 een platte grond van zijne beklamping (*casing*), figuur 6 een platte grond van een gedeelte van het hoofd bij laag water, figuur 7 eene doorsnede van den zeebreker met borstweringmuur, figuur 8 de zeebreker, figuur 8 *a* de platte grond van zijne beklamping, figuur 9 de doorsnede van het blijvende geraamte en van den tijdelijken steiger.

Dit plan werd zoo nieuw geoordeeld, inzonderheid met betrekking tot de aanwending van beton, dat de stedelijke gemagtigden, ofschoon zij het grootste vertrouwen in de ingenieurs stelden, het pligtmatig achtten, alvorens tot het werk over te gaan, zich een' waarborg te verschaffen door het gevoelen van een' anderen ingenieur. Daarom werd de heer Thomas Page geraadpleegd, die hen omtrent het doeltreffende van beton, op deze wijze gebruikt, volkomen gerust stelde en zijn zegel drukte op de gezonde beginselen, waarop het ontwerp rustte. Op zijn' wenk werd graniet uit *the Ross of Mull* in de plaats van zachten zandsteen (*freestone*) voor de beklamping onder laag water genomen, dewijl graniet gemakkelijk in groote blokken tegen een' matigen prijs te verkrijgen was; ook beval hij aan, van het houten paalwerk af te zien; maar de geaardheid van den bodem heeft dit tot heden niet op groote schaal gedoogd.

De eerste arbeid bij den bouw, als het water niet diep genoeg is, bestaat in het uitbaggeren van twee evenwijdige geulen tot 17 voet beneden laag water, voor het funderen van de muren. Daarna wordt een steiger van houten palen opgerigt voor de sporen, de werkkranen en de heiwerktuigen. Vervolgens worden van den steiger gegoten ijzeren traceerpalen met groote zorg ingedreven, op zeven voet onderlingen afstand in de rigting van het front van elken kaaimuur. Deze worden ingedreven tot dat hunne koppen gelijk met de laagwaterlijn liggen en zij een rigtsnoer aanbieden voor het aanbrengen van de steenbeklamping. In het dwarsvlak van den muur worden zij aan den kop verbonden door gesmeed-ijzeren stangen, die door het hoofd gaan en door keggen opgesloten zijn. Aanvankelijk bestond er vrees, dat het eenigzins moeijelijk zoude vallen, de ijzeren traceerpalen met de vereischte naauwkeurigheid in te drijven; maar dit kwam men te boven door heiwerktuigen van bijzondere inrigting, ontworpen door den heer William York, een' der aannemers. Deze werktuigen zijn afgebeeld in de figuren 10 en 11, plaat 3. Zij gaan heen en weder over de spoorstaven van den steiger en zijn voorzien van lange armen, die naar beneden reiken, stevig verbonden zijn door diagonalen en een' trog vormen, waarin de paal geplaatst wordt en vanwaar hij door het heiwerktuig wordt ingedreven bij wijze van een' pijl uit een' boog, en volkomen regt naar beneden gaat.

De grond is zeer ongelijk, de harde ondergrond (*substratum*) of roode *till* (1) ligt op sommige plaatsen 20 voet beneden het ondervlak van den muur, terwijl de bovenste laag uit modder en zacht zand bestaat. In zulke gevallen worden houten palen, tot gelijk peil als de ijzeren ingeslagen, gebezigd om een' steiger te vormen tot ondersteuning van het gedeelte van den muur boven laagwater; maar waar de grond vast is, is dit niet noodig. Als de vereischte diepte door baggeren is verkregen geworden en het paalwerk ingedreven, wordt er een bed van snel verhardenden beton, dik 3 voet en breed 20 voet, in de sleuven of geulen gelegd om eene uitspringende basis voor den muur te vormen en een breed draagvlak te geven. In de groeven of sponningen tusschen de flenzen van de ijzeren palen, worden graniet-platen van 18 duim tot 2 voet dikte geschoven, waarvan de onderste rust op den grondslag van beton en op een uitstek, dat aan den paal is vastgegoten. Niet meer dan drie steenplaten vullen elk vak tusschen de palen, dat 16 voet hoog en 7 voet breed is. Deze steenen glijden met het grootste gemak naar hunne plaats en vormen het front van den muur onder water. Achter deze bekleeding wordt snel verhardende beton in het water neergelaten uit bakken met beweegbare bodems en in massa gestort om het ligchaam van den muur te vormen. Om dit aan de achterzijde te begrenzen vóór de verharding, worden gelijktijdig stukjes breuksteen gestort en opgestapeld. Het hart van het hoofd, dat uit harde *till*-steenen en kwarts bestaat, wordt daarna gestort en het geheel tot laagwaterpeil opgetrokken.

De geheele massa: palen en steenbeklamping, betonvulsel en het hart van den muur laat men een' behoorlijken tijd zetten of verharden, waarna de koppen van de palen en de granietblokken der bekleeding ter hoogte van laagwater gedekt worden met eene laag granietplaten en het bovenste gedeelte van de muren wordt opgetrokken in bekapten zandsteen. Het overige van het hart wordt dan gevuld en het geheel voltooid door eene dekplaat van graniet en een' geplaveiden weg. De muren zijn 33 voet (10^{m}.07) hoog boven de funderingen, 11½ voet (3^{m}.51) dik aan de beton-basis en nemen af tot 5 voet (1^{m}.53) dikte aan de kruin.

Aan den hydraulischen kalk werd bijzondere zorg gewijd. Hij werd aan de groef gebrand, maar vandaar met den spoorweg op overdekte wagens vervoerd, zoodat hij tegen vochtigheid gevrijwaard was. Hij wordt bij de havenwerken fijn gemaakt, waartoe, gelijk ook tot het mengen van den mortel, vier molens met dubbele staande rollen en twee zeven opgerigt zijn geworden, gedreven door een werktuig van 20 paardekrachten.

In het gedeelte van het hoofd, dat reeds voltooid is geworden,

(1) Eene laag van leem, zand en kwarts. (Vert.)

is, doordien de steenbekleeding beneden laagwater in de sleuf werd neêrgelaten, die door de flenzen van de ijzeren palen werd gevormd, de buitenflens aan de werking van het zoute water blootgesteld gebleven, hetgeen ongetwijfeld in vervolg van tijd een' schadelijken invloed op het ijzer zal uitoefenen (plaat 3, figuren 3 en 6). Om dit te verhelpen is men voornemens, in het overige van het werk dit denkbeeld te wijzigen, en de sponningen te maken in de steenbekleeding, waarin de buitenste ijzeren palen zullen passen. De steenblokken zullen dus de ijzeren palen bedekken en eene onafgebrokene beklamping vormen, zoodat geen gedeelte van het ijzer aan de werking van het zoute water zal zijn blootgesteld. De sponningen zullen van boven met cement gevuld worden, dat de ijzeren flens opsluiten en haar krachtdadig beschermen zal.

Wanneer het naar de zee gekeerde hoofd over zijne geheele uitgestrektheid voltooid is, zal men overgaan tot de werkzaamheden daarbinnen. Dit hoofd zal dienen als de voornaamste kistdam, en de ingang zal gesloten worden door een' korten kistdam van ongeveer 100 voet lengte; alsdan zal het water uit de beslotene ruimte worden gepompt, waarna de ontgraving en de aanleg van de binnenste muren, die de haven omringen, een' aanvang zullen nemen. Wij zijn niet voornemens deze werkzaamheden te beschrijven, dewijl zij niet veel nieuws leeren.

De kosten van de buitenste of naar de zee gekeerde hoofden, 1200 voet lang en 60 voet breed, gebouwd volgens de beschrevene manier, zullen beloopen 63000 pond sterling (1).

De gebezigde beton werd bereid uit waterkalk van Arden, hamerslag, zand, kwarts en afval van den zandsteen, waarvan de kalk en de hamerslag, alvorens met de andere stoffen te worden gemengd, behoorlijk werden fijn gemaakt onder molensteenen. De verhoudingen zijn in inhoudsmaat: één deel fijn gemaakte kalk, een half deel hamerslag, één deel zand en drie deelen kwarts met puin. Onmiddellijk na de menging en na met water een' behoorlijken zamenhang te hebben verkregen, wordt hij gebragt, waar hij noodig is, onder water gelaten in de bakken, die hem uitstorten, en wordt in korten tijd zeer hard.

De bakken zijn òf van ijzer òf van hout, en hebben elk een' inhoud van een' teerling yard. De ijzeren blijken de voorkeur te verdienen, daar het gering soortelijk gewigt van de houten hen doet drijven en eenigzins moeijelijk te behandelen maakt, als zij gelost zijn geworden op eene plaats waar stroom loopt.

De werken van de Albert-haven zijn uitgevoerd geworden onder het onmiddellijk opzigt van den heer Joh. Thompson, als ingenieur, belast met het dagelijksch beheer, terwijl de heeren W. en J. York de aannemers waren. Deze wijze van muren in diep water te bouwen zonder kistdammen is zeer proefhoudend gebleken, en een zeehoofd van groote hechtheid en duurzaamheid is met betrekkelijk matige kosten aangelegd geworden.

Bij het bouwen van kaaimuren volgens het hierboven uiteengezette beginsel, kunnen onderscheidene wijzen van steenbeklamping worden gevolgd, en inzonderheid kan, indien zachter steen dan graniet, bijvoorbeeld kalksteen of zandsteen, wordt gebezigd, eene sterkere buitenste bekleeding worden aangebragt (plaat 3, figuur 5). Alsdan worden steenblokken, waarin gaten of holten gekapt zijn, om de ijzeren palen neêrgelaten, zoodat zij deze geheel insluiten. Deze blokken hebben ter zijde ook gleuven of uitstekken tot het ontvangen van steenen platen of blokken met daaraan beantwoordende uitstekken of sponningen. Aldus wordt eene aaneengeschakelde steenbedekking gevormd, waarvan al de steenen in elkander grijpen, en de ijzeren palen worden geheel ingesloten. Men was voornemens in dezen geest te Greenock de bekleeding onder water zamen te stellen, vóórdat men den wenk ontvangen had, graniet in plaats van zandsteen te gebruiken. Om het ijzer nog beter tegen de werking van het zoute water te beschermen, zouden de holten om de palen van boven worden gevuld met goed aangestampt cement, zoodat al de verbindingen behoorlijk digt en het ijzer met den steen vereenigd zouden zijn. Deze inrigting gedoogt ook een grooteren onderlingen afstand van de ijzeren palen, dan wanneer enkele blokken hen aan elkander koppelen. Men kan daarna overgaan tot de aanvulling met beton op de boven beschrevene wijze. Een tijdelijk paalwerk van planken of een beschot kan dan, in plaats van los opgestapelde steenen, den beton op zijne plaats houden tot dat hij verhard is. In vele gevallen zullen blokken van beton, die gemakkelijk naar den eisch kunnen worden gevormd, met voordeel voor de beklamping kunnen gebezigd worden in plaats van steen, daar de ondervinding bewezen heeft, dat zij, behoorlijk vervaardigd, de noodige hechtheid en duurzaamheid hebben.

De reeks verschillende doeleinden, waarvoor dit stelsel van zeewerken te funderen toepasselijk is, is zeer uitgebreid; en werken zoo als de opbouw, het herbekleeden of het herstellen van kaaimuren, de funderingen van lichttorens, baken of forten, die in zee moeten worden aangelegd, het bouwen van zeebrekers, die nood- of vlugthavens insluiten —, dit alles kan worden tot stand gebragt met een' spoed, een gemak en eene spaarzaamheid, vroeger onbereikbaar. De aanwendbaarheid van dit stelsel voor den aanleg van zeebrekers en de noodzakelijkheid, naar een middel om te zien, waardoor de kosten van deze werken kunnen worden verlaagd, schijnen den schrijver van genoeg gewigt toe, om ter verdienen, dat hij hierbij nog wat blijft stilstaan.

Toepassing op den aanleg van zeebrekers en noodhavens.

Ofschoon onderscheidene koninklijke en parlementaire commissien veel onschatbaar licht over dit onderwerp hebben verspreid, wordt nog altijd het hoofddoel nagejaagd, vermindering van de ontzettende kosten dezer werken, het optrekken van een duurzamen, hechten en tevens goedkoopen slagboom tegen het geweld van de zee. Dit is van zooveel belang geworden, dat in 1860 een comité van het hoogerhuis werd benoemd om te onderzoeken, in hoe ver het uitvoerbaar kon worden geacht, voor den bouw van zeebrekers en noodhavens een plan aan te nemen, minder kostbaar dan het thans gebruikelijke van hecht metselwerk. Verscheidene denkbeelden werden overwogen en daaronder drijvende zeebrekers; maar het onderzoek leidde niet tot een krachtigen vervanger der hedendaagsche middelen van aanleg.

De door den schrijver uiteen te zetten ontwerpen zullen, naar zijn gevoelen, de uitwerking hebben, deze behoefte te vervullen. Alvorens hiertoe over te gaan, zal het echter noodig zijn, kortelijk de voornaamste tot heden gevolgde wijzen van aanleg te schetsen, en de uitkomsten bij zulke werken gade te slaan.

(1) Onlangs is besloten, de haven te vergrooten, hetgeen met ophooging voor een nieuw plein en andere werken de uitgaven tot 230000 pond sterling zal doen stijgen.

De meest algemeene wijze van zeebrekers aan te leggen, is volgens het stelsel van steenstorting of flaauwe glooijingen. Dit bestaat eenvoudig in het storten in de zee van eene groote hoeveelheid breuksteen tot ongeveer hoogwaterpeil, waarbij de dam zijne gedaante zelf aanneemt en aan de werking van de zee onderworpen blijft, tot dat hij, ten gevolge van die werking, zijn duurzamen vorm heeft aangenomen. De naar de zee gekeerde zijde gehoorzaamt, gelijk gewone zeebanken, aan de natuurwetten en vormt zich tot een flaauw glooijend strand, hetgeen het gebruik van eene ontzettende hoeveelheid bouwstof met zich sleept, vóór dat de kruin de hoogte bereikt, die tot bescherming noodig is. Zulk een stelsel is alleen toepasselijk, waar steen in overvloed is, en dus tegen geringen prijs kan worden gestort. Van dit stelsel zijn de zeebrekers te Plymouth, Cherbourg en Holyhead voorbeelden. In plaatsen, waar de steen niet overvloedig is, wordt het tegenovergestelde beginsel of «loodregte stelsel» aangenomen. Volgens deze manier worden de muren van den bodem loodregt opgetrokken, en daar de bouwstof onder laagwater met behulp van duikertoestellen op hare plaats wordt gebragt, zijn de kosten van zulk een werk zeer hoog. De zeebreker te Dover, thans in opbouw, is van deze werkwijze het voorbeeld, dat de meeste aandacht verdient. Hij wordt van den bodem der zee opgetrokken; de buitenwand bestaat uit bekapte granietblokken, die in elkander haken, en het hart uit regthoekige betonblokken, die op gelijke wijze als bekapt metselwerk tot hoogwaterpeil worden opgebouwd, vanwaar de voegen met vloeibaren beton worden gevuld. (Zie de doorsnede van den zeebreker in figuur 14, plaat 3.)

Behalve deze stelsels, die als uitersten mogen gelden, wordt een vorm van doorsnede, die het midden houdt en in zekere mate beiden vereenigt, aangenomen. Hij wordt verkregen door het opwerpen van een hoop breuksteen tot zekere diepte beneden laagwater, en door het overige hierop te bouwen volgens den loodregten stand. De Alderney-zeebreker vertegenwoordigt gedeeltelijk dit stelsel.

Het is een onderwerp van beraadslaging geweest, welke de beste doorsnede voor zeebrekers was, de glooijende of de loodregte, en welk weerstandsvermogen beiden tegen de zee bezitten. De opmerkingen, gemaakt omtrent de golven, kunnen gezegd worden dit punt te hebben uitgewezen in het voordeel van de loodregte muren, daar het klaar is aangetoond geworden, dat golven in diep water hoofdzakelijk schommelende of op- en nedergaande zijn, aangezien de stroom weinig voorwaartsche beweging in zich zelven heeft, en bijgevolg slechts weinig geweld uitoefent op voorwerpen, die hem worden tegenovergesteld; maar in ondiep water nemen de golven een geheel ander karakter aan, doordien zij eene voorwaartsche beweging verkrijgen en voortplantingsgolven worden, waarin de stroom werkelijk als één ligchaam wordt voortgestuwd in eene horizontale rigting, en dus een voorwerp, dat hem wordt tegenovergesteld, met een zwaren slag treft. Daarom zijn loodregte muren, die uit diep water oprijzen en alleen aan de schommelende beweging van de golven bloot staan, minder onderhevig aan de vernielende uitwerking van stormen. De getuigenissen, afgelegd voor de koninklijke commissie in 1859, schenen omtrent dit punt beslissend, en de meeningen van de commissarissen, neergelegd in hun verslag, kunnen worden gezegd dit punt te hebben uitgemaakt. Maar welk verschil van gevoelen omtrent deze zaak nog moge blijven heerschen, er kan geen twijfel bestaan omtrent de groote besparing van bouwstof door loodregte muren en van geld, ingeval eene eenvoudige en gemakkelijke wijze van bouwen konde worden aangenomen. Het loodregte stelsel heeft bovendien het groote voordeel als kaden voor schepen te kunnen dienen, die er langs liggen tot laden en lossen, hetgeen zoowel den handel van onschatbare waarde kan zijn als in oorlogstijd de in- of ontscheping van troepen en goederen kan bespoedigen.

Echter is de ondervinding, afgeleid uit de zamenstelling van de groote zeebrekers volgens het beginsel van steenstorting, zoo als te Plymouth, van zeer veel belang geweest. Het onderzoek van het beloop, dat de bouwstoffen aannemen, toont, dat de groote storende werkingen van de zee of de overgang van de schommelende golven in voortplantingsgolven, zich niet tot eene aanzienlijke diepte uitstrekt, daar het gebleken is, dat de flaauw glooijende bank over het algemeen eindigt op 12 tot 15 voet beneden laagwater, waarna de helling veel steiler wordt, doordien de bouwstoffen bijna geheel volgens haar natuurlijk talud komen te liggen, alsof zij door geene andere kracht dan de zwaartekracht werden aangedaan. De glooijing aan de zeezijde tusschen hoog- en laagwater en ter diepte van 12 tot 15 voet beneden laagwater is gewoonlijk 5 of 6 op 1, maar onder die diepte is zij slechts 1 tot 1½ op 1. Het is de flaauwe helling, op zekere diepte door deze zeebrekers aangenomen, die de ontzettende verslinding van materiaal veroorzaakt; maar het schijnt, dat een dam van breuksteen op zekeren afstand beneden het laagwaterpeil kan gestort worden, die deze flaauwe glooijing niet zal aannemen en bijgevolg slechts eene betrekkelijk geringe hoeveelheid materiaal zal vorderen. De beschouwing van deze feiten toont, dat in de meeste gevallen de twee stelsels van loodregte wanden en steenstorting met voordeel en besparing kunnen worden vereenigd, door eerst een dam van breuksteen te storten tot ongeveer 15 voet beneden laagwater en door van dat punt het overige van den zeebreker met loodregte muren op te trekken.

Het gemak bij den aanleg van deze zeebrekers, als zulk eene onmetelijke hoeveelheid materiaal moet worden gestort, werd zeer bevorderd door wijlen den heer Rendel, die daarbij een' steiger invoerde, rustende op vooraf ingedreven palen en voorzien van sporen, waardoor het materiaal met een' vroeger onbereikbaren spoed kan worden aangevoerd en neergelaten. Het verlies van timmerhout is hierbij ongetwijfeld zeer groot, in zooverre er veel in het werk moet begraven blijven, en bovendien wordt er veel vernield; maar dit wordt ruimschoots opgewogen door andere voordeelen. Naar dit stelsel is gemiddeld een millioen tonnen steen te Holyhead gestort geworden, en men volgt te Portland een overeenkomstig ontwerp.

Ook bij den loodregten zeebreker te Dover wordt een reusachtige steiger gebruikt om de werkzaamheden bij den bouw gemakkelijker te maken. Men kan dan ook in de meeste gevallen den steiger als noodzakelijk beschouwen voor den spaarzamen aanleg van zulke werken.

De zeebrekers van de fransche ingenieurs worden over het algemeen gevormd door steenstorting, maar volgens eene manier, die verschilt van de in Engeland gevolgde. Zoo werden bij den zeebreker van Plymouth alleen groote brokken gestort en de kleine buiten het werk gelaten; te Holyhead en te Portland werden de groote en kleine dooreen gestort, terwijl de fransche ingenieurs gewoonlijk

den kleinen breuksteen gebruiken voor de kern en de grootere brokken bestemmen voor de buitenste bekleeding. Verder beschermen zij de naar de zee gekeerde zijde door betonblokken, die neergeworpen worden, onverschillig op welke zijde zij vallen, en zoo groot zijn (gewoonlijk van 20 tot 30 ton), dat zij, bij het uiterste geweld van de golven niet verplaatst worden.

Deze blokken nemen onder de waterlijn eene helling aan van 1 op 1, zoodat in een' aldus gebouwden zeebreker de massa materiaal aanmerkelijk minder is dan waar kleine brokken gebezigd worden voor de naar de zee gerigte zijde. De hoofden van la Joliette en Napoleon, die de haven van Marseille omvatten, zijn uitmuntende voorbeelden van deze manier.

Na aldus een blik te hebben geworpen op de algemeene beginselen, die bij zeebrekers op den voorgrond staan, en de gebruikelijke wijzen van aanleg te hebben beschreven, schijnt de af te leiden gevolgtrekking te zijn, dat het loodregte stelsel het best de vernielende werking van de zee weerstaat, of juister: afweert, en de minste hoeveelheid materiaal vordert. Evenwel blijven de beide stelsels, de flaauwe glooijing en de loodregte kant, gelijk zij nu worden toegepast, zeer kostbaar, het eerste door de hoeveelheid materiaal, die gevorderd wordt, het laatste door de kostbaarheid van het materiaal en de wijze van bouwen. Het eene stelsel kenmerkt zich door het maximum in de hoeveelheid en het minimum in de kosten van het materiaal te vereenigen; het andere daarentegen het minimum in de hoeveelheid en het maximum in de kosten van het materiaal. Het doel, waarnaar men streeft in het te beschrijven stelsel, is zooveel mogelijk een minimum te bereiken èn in de hoeveelheid èn in de kosten van het materiaal.

Naar gelang van de omstandigheden zouden zeebrekers volgens dit stelsel òf geheel te lood, te beginnen op den bodem, gebouwd worden, òf gedeeltelijk te lood, en boven eene fundering (*mound*) van gestorten steen inspringen. Tot vergelijking is de door den schrijver voorgestelde manier afgebeeld op plaat 3, figuren 7, 8 en 9, in overeenstemming met de voorwaarden, waaraan men gewoonlijk onderworpen is, te weten een verschil in de getijden van 15 voet en eene diepte bij laag water van 6 vadem, gelijk ongeveer het geval is bij den zeebreker te Plymouth, dien van Hartlepool, Filey-Baai en bij den ingang van de Tyne, waar de belangrijkste noodhavens door de koninklijke commissarissen zijn aanbevolen geworden. De doorsnede (plaat 3, figuur 13) stelt een' zeebreker met borstweringsmuur voor, maar deze is niet onontbeerlijk voor het hoofddoel van een' zeebreker en alleen in zekere gevallen noodig, wanneer de binnenzijde voor handelsoogmerken gebruikt moet worden. Waar men den borstweringsmuur missen kan, kan de kruin van den zeebreker gedekt worden met groote blokken van beton of gehouwen' steen van zoodanige afmetingen, dat zij door de zwaarste zeeën niet kunnen worden bewogen. Figuur 12, plaat 3, is de doorsnede van een' op die wijze gebouwden zeebreker.

Het hoofdkenmerk van het nieuwe ontwerp is een geraamte van ijzer, gevormd door palen of staanders en stangen, dat als steiger dient bij de werkzaamheden van den bouw, en daarna een noodzakelijk deel van de zamenstelling wordt door eene sterke bekleeding van steen of andere duurzame stof aan een te houden, waardoor het binnenste kan worden gevuld met lossen breuksteen of andere goedkoope materialen, door vloeibaren beton tot eene zamenhangende massa verbonden. Het zal voor zeebrekers verkieslijk zijn, de staanders van gesmeed ijzer te maken, en over het algemeen zal het niet noodig zijn, ze in den grond te heijen. Het is voldoende ze behoorlijk te plaatsen.

De volgorde van werken is deze: men stelt het ijzeren geraamte vooraf op, hetgeen gedaan kan worden door heijen, inschroeven of door de palen of staanders te rigten uit een werktuig, dat op den steiger geplaatst is en met den arbeid vooruit gaat. Dit werktuig moet lange armen hebben, stevig geschoord en naauwkeurig in den vereischten stand geplaatst, waartusschen de ijzeren palen worden geplaatst en ingedreven op gelijke manier als te Greenock. Als twee palen op hunne plaats zijn gesteld, worden zij volgens het dwarsvlak van den muur met elkaâr verbonden door ijzeren stangen en door den tijdelijken steiger aan de kruin, die de spoorstaven draagt, waarna het heiwerktuig voortbewogen wordt om het volgende paar in te drijven, en zoo voort. Na dezen arbeid komen de karren, die den breuksteen storten tot vorming van de fundering, welk materiaal zich ophoopt, de staanders op hunne plaats bevestigt en stabiliteit aan het geraamte geeft. Wanneer de steenhoop (*mound*) verrezen is tot de vereischte hoogte, te weten 18 voet beneden laag water, beginnen de kranen van den steiger de blokken voor de beklamping neder te laten. Deze zijn zoo bewerkt, dat zij de ijzeren staanders insluiten en in elkander sluiten of haken, met gebogene of regtlijnige sponningen en uitstekken, om weêrstand te bieden aan elke drukking van achteren. Zij kunnen òf in verband gelegd worden òf zonder onderling verband tusschen de palen neêrglijden, naar gelang zulks verkieslijk schijnt, maar de eerste manier gedoogt een' grooteren onderlingen afstand tusschen de palen en geringere afmetingen voor de blokken, bij meerdere sterkte.

Gelijktijdig met het optrekken van de bekleeding wordt het hart van den muur, ruwe breuksteen of ander geschikt materiaal, uit de wagens, die op den steiger staan, neêrgestort, te beginnen volgens de as van den dam, terwijl vulsel van beton of hydraulischen mortel uit groote bakken neêrgeworpen en achter de beklamping gelost wordt, en tevens het hart van breuksteen tot éêne zamenhangende massa met de buitenwanden verbindt.

Men zal opgemerkt hebben, dat de geheele bekleeding aaneengeschakeld is, en dat het door de gebogene of regtlijnige sponningen, waarmede de blokken of platen in elkander haken, onmogelijk is deze van hunne plaats te verwijderen. Dit laatste is een gevaar, waarvoor men zeer te vreezen heeft bij werken van dezen aard en op de gewone wijze gebouwd, daar de werking van de zamenpersing van de lucht in de voegen van het metselwerk door de drukking van de golven, en van de weder uitzetting, als de golven afloopen, somtijds krachtig genoeg is om de steenen te beschadigen, waardoor de geheele zamenstelling gevaar loopt.

De schrijver gelooft, dat door dit stelsel groote hechtheid en sterkte verkregen worden, daar het geheele werk door het ijzeren geraamte vast aan een gehouden wordt, en de wijze van zamenvoeging der steenen door sponningen, zoowel als de doordringing en snelle verharding van de geheele massa door beton, zoo veel mogelijk het doel zullen bereiken, dat bij zulke zamenstellingen beoogd wordt: een monolieth of vaste rots in het bed van den oceaan.

De kosten van zulk een werk, onder gewone omstandigheden en met afmetingen, geschikt voor Hartlepool, de Filey-Baai of den

ingang van de Tyne, kunnen geschat worden op 190 pond sterling per strekkende yard (ruim *f* 2000 den strekkenden meter) zonder borstwering of leuning, en op 200 pond sterling per strekkende yard met leuning, volgens de onderstaande begrooting, waarin dezelfde prijzen zijn behouden als door den heer John Murray werden aangenomen in eene vroegere beraadslaging van *the Institution of Civil Engineers* (1).

Raming van de hoeveelheid materiaal in een vak (tusschen twee stellen platen) van 15 voet van een' zeebreker, met 36 voet diepte bij laag water en 15 voet verschil tusschen de getijden.

		sh.	d.	pd. st.	sh.	d.
150	teerling yards (1 teerling yard = 0.765 teerl. meter) breuksteen aan den rand van de gestorte fundering, tegen	4	6	33	15	0
550	teerling yards breuksteen in het hart van de gestorte fundering na aftrek van $\frac{1}{5}$ voor de tusschenruimten, tegen	3	6	96	5	0
2970	teerling voeten (1 teerling voet = 28.315 teerl. decimeter) betonblokken voor bekleeding onder laag water, tegen . . .	1	8	247	10	0
2250	teerling voeten bekleeding in gehouwen steen boven laagwater, tegen	1	6	168	15	0
547	teerling yards breuksteen in het hart van den zeebreker (na aftrek van $\frac{1}{5}$ voor de tusschenruimten), tegen	3	6	95	14	6
70	teerling yards beton tot opvulling, tegen.	10		35	0	0
33	vierkante yards (1 vierk. yard = 0.8361 vierk. meter) geplaveiden weg, tegen. .	10		16	10	0
119	centenaars (1 centenaar = 45.36 kilogrammen) gesmeed ijzeren staanders (100 pond per voet of 149 kilogr. per meter), tegen.	30		178	10	0
22	centenaars gesmeed ijzeren dwarsstangen (3 duimen = 0m.076 middellijn) tegen .	30	0	33	0	0
5	centenaars gesmeed ijzeren lengte-stangen tegen	30	0	7	10	0
	Borstweringmuur.					
907	teerling voeten bekleeding in bekapten steen	1	6	68	0	6
9	vierkante yards geplaveiden weg . . .	10	0	4	10	0
30	teerling yards beton	10	0	15	0	0
				£ 1000	0	0

of $\frac{£\,1000}{5}$ = 200 pond sterling per strekkenden yard zeebreker met leuning, hetgeen na aftrek voor de leuning en na bijvoeging voor dekplaten 190 pond sterling per strekkenden yard geeft, zonder de leuning.

De blokken, die de bekleeding onder water vormen, kunnen òf van gehouwen steen òf van beton zijn. Als de eerste niet gemakkelijk geleverd kan worden, kan de laatste met voordeel gebezigd worden, inzonderheid daar hij gemakkelijk in de vereischte vormen en volgens bijna elke afmeting te krijgen is. Het vermogen van zulke blokken tot het weerstaan van de kracht der zee gedurende een' onbepaalden tijd is nu ten volle gebleken. Althans mogen zij algemeen worden aangenomen voor de binnenmuren van zeebrekers. Zoo zijn dan ook beton-blokken, op de gewone wijze vervaardigd, reeds door de heeren Walker en Burges te Alderney voor de bekleeding gebezigd geworden.

De groote besparing bij dit stelsel van aanleg der zeebrekers zoude ontstaan uit de geringe hoeveelheid en de goedkoopheid van het grootste deel der materialen. De verhouding van de hoeveelheid materiaal bij dezen zeebreker tot die van den zeebreker te Plymouth, volgens het beginsel met flaauwe glooijingen, is als één tot vier, en de wanverhouding tusschen de kosten is niet minder treffend, daar de zeebreker van Plymouth ongeveer 900 pond sterling per strekkenden yard gekost heeft (ruim *f* 9800 den strekkenden meter).

Bij vergelijking met elke andere wijze van bouwen kan het ijzeren raamwerk geacht worden de kosten niet te verhoogen, daar toch voor den snellen en spaarzamen aanleg van elken zeebreker steigerwerk van de eene of andere soort noodig is. Dit geraamte van ijzeren staanders zal niet meer kosten dan een houten steiger, en zelfs veel minder in die gevallen, waar eene onmetelijke hoeveelheid hout noodig is voor het storten van de ontzettende massa materiaal in zeebrekers volgens het beginsel van de flaauwe glooijingen, zooals te Holyhead, terwijl dit ijzeren raamwerk verreweg meer veiligheid aanbiedt, ten gevolge van zijne eigenaardige sterkte, van zijn soortelijk gewigt en van de geringe oppervlakte, die het aan de werking van de golven biedt. De ligtheid van houten steigerwerk, die het doet drijven, is eene oorzaak van verlies, gelijk te Holyhead gebleken is, waar men rekent voor elk stuk een ander stuk tot vervanging noodig te hebben.

Een ander belangrijk voordeel van deze nieuwe zeebrekers is de groote spoed, waarmede zij kunnen worden aangelegd, daar de grootste hoeveelheid van de bouwstoffen gemakkelijk gestort en de werkzaamheden over eene groote uitgestrektheid te gelijk kunnen worden doorgezet. In streken, waar de bouwstof voor gewone zeebrekers niet te krijgen is, zouden de voordeelen van het nieuwe stelsel nog meer in het licht komen. Dover kan tot voorbeeld strekken, want daar is geen steen in de nabijheid, geschikt voor storting, noch voor loodregte muren volgens de gewone inrigting. Volgens het nieuwe stelsel zouden de hardere kalk van de klippen en brokjes voor het hart kunnen worden gebruikt, daar deze stoffen, met beton vereenigd, het doel evenzeer zouden bereiken als elke andere.

Bij het vormen van de fundering in breuksteen zoude men de fransche ingenieurs met voordeel kunnen navolgen, door de kern zamen te stellen uit materialen van kleinere afmetingen en geringere hoedanigheid, en hiervoor zouden de kalksteen en de brokjes volkomen geschikt zijn. Zij zouden beschermd worden door eene dikke laag breuksteen, en aan de naar de zee gekeerde zijde door eene laag betonblokken van zoodanige grootte, dat zij niet door de zee zouden kunnen worden verschoven. De verticale bovenbouw zoude bestaan uit brokken kalk- of zandsteen, in het hart door beton verbonden. De schrijver schat, dat een zeebreker volgens deze inrigting, in doorsnede afgebeeld in figuur 15, plaat 3, te Dover voor 290 pond sterling per strekkende yard (bijna *f* 3200 per strekkenden meter) zoude kunnen gebouwd worden. De tegenwoordige zeebreker, ter diepte van 45 voet beneden laagwater, is aangenomen geworden tegen 1245 pond sterling per strekkende yard

(1) *Minutes of Proceedings Inst. C. E.* vol. XVIII, p. 104.

(ruim *f* 16000 per strekkenden meter), zoodat men de ontzettende besparing van meer dan anderhalf millioen pond sterling per engelsche mijl verkrijgen zou. Het verschil in aanlegkosten, hoe groot ook volgens dit stelsel, is niet de eenige winst, daar de bestede tijd een gewigtige factor is, die op het eindcijfer invloed heeft, daar toch de rente van het aanlegkapitaal verloren gaat, zoolang de haven niet gebruikt wordt. Er kan geen twijfel bestaan omtrent de hechtheid en duurzaamheid van den zeebreker te Dover, maar als men let op de ontzaggelijke kosten en den tijd, die nog verloopen moet vóór dat zijne voltooijing hem tot handels- en oorlogs-doeleinden geschikt maakt, mag men wel in bedenking geven of het wijs is de nu gevolgde manier van bouwen voort te zetten. Volgens het nieuwe voorstel zoude de zeebreker binnen minder dan vijf jaren voltooid zijn en geschikt als noodhaven voor de oorlogs- en handelsvloten van het land, tegen eene uitgaaf van iets meer dan 1 000 000 pond sterling.

Zeebrekers en hoofden zijn dikwijls gemaakt geworden van houten geraamten en beschoeijingen, die eene massa breuksteen insloten. Uitgestrekte hoofden volgens dit beginsel bestaan te Boulogne, Calais, Duinkerken en in andere havens, maar het is klaar, dat zulk een stelsel, doordien het hout zeer vergankelijk is en dus duurzaamheid mist, en door de plotselinge vernieling bij het bezwijken van de beschoeijing, ten laatste zeer kostbaar moet blijken te zijn. Dit stelsel is, ofschoon op meer wetenschappelijke beginselen, weder in het leven geroepen geworden door de heeren Abernethy en Michael Scott. In deze ontwerpen bestaat de zamenstelling uit eene houten beschoeijing, houten geraamten, staanders of palen met planken. Het inwendige wordt daarna met breuksteen gevuld. Maar dewijl men van de beschoeijing niet veel duurzaamheid kan verwachten, heeft men voorgesteld den bouw te omvatten door hechte muren van metselwerk of beton-blokken, waartoe de eerste zamenstelling als een gemakkelijke en stevige steiger zal dienen, tot het dragen van de spoorstaven en kranen, noodig voor het optrekken van den muur. Men kan niet zeggen, dat op deze wijze aan den eisch der spaarzaamheid voldaan wordt.

Het stelsel van den schrijver zal al de beoogde doeleinden eenvoudiger en goedkooper bereiken. Het is niet noodzakelijk, dat de staanders van ijzer zijn. Zij kunnen van hout zijn, mits ook opgesloten in eene beklamping van steen- of betonblokken. De schrijver zoude dit evenwel niet aanbevelen, tenzij voor kleine hoofden of zeebrekers, waar groote zuinigheid noodig is.

Toepassing bij de funderingen van zee-forten.

De algemeene aanwending van stoom bij oorlogsschepen, de verbeteringen in de artillerie, waardoor de dragt en het gewigt van de projectielen zeer vermeerderd zijn geworden, en het pantseren van de schepen hebben geheel en al de verhouding van de verdedigingswerken te land tot de aanvalswerken ter zee veranderd, en de herziening van het stelsel der versterkingen tot bescherming van de havens en tuighuizen aan zee tot eene levensvraag gemaakt. De tegenwoordige verdedigingswerken zijn te eenenmale ongeschikt bevonden geworden om weerstand te bieden aan de nieuwe krachten, welke er tegen kunnen worden gerigt, en inzonderheid heeft men de noodzakelijkheid gevoeld buitenwerken te bouwen, die de plaatsen beschermen tegen een bombardement van den vijand of althans dezen streng kastijden, als hij het beproeft. In sommige gevallen kunnen deze werken slechts in zee gebouwd worden, en in andere is daar hunne meest doeltreffende ligging. Op deze wijze wordt Kroonstad beschermd, en dit stelsel vormt een gewigtig deel in het algemeene ontwerp van de nieuwe werken tot verdediging van Plymouth en Portsmouth. Er zijn vele overwegingen ter gunste van zeeforten aan te voeren, waarin wij hier niet behoeven te treden.

Het zij voldoende te zeggen, dat vermoedelijk de aanleg van zulke werken zal toenemen; en men zoude verscheidene plekken kunnen aanwijzen, waar forten met meer voordeel in zee dan op het land zouden geplaatst zijn, tot bescherming van zeesteden. Het bezwaar van de uitvoering ligt evenwel in de kosten en den tragen aanleg van de funderingen. De schrijver is van meening, dat de beginselen, reeds ontvouwd voor werken van verschillende inrigting, ook in dit geval met goeden uitslag zouden kunnen worden toegepast op de werken onder laagwater. De beklamping konde van graniet zijn, of het grootste deel uit zware betonblokken, nabij de waterlijn, waar zij aan het schot is blootgesteld, bedekt door eene zware laag granietblokken. De wijze, waarop de vullingsbeton in het inwendige zich tot eene vaste massa zoude verharden, en waarop de geheele zamenstelling zoude worden aaneengehouden door de ijzeren staanders en stangen, zoude eene zoo doeltreffend mogelijke fundering vormen, terwijl de snelheid en de goedkoopheid, waarmede zulk werk te volvoeren zoude zijn, zeker een voordeel zouden opleveren.

Na deze ontwikkeling van het stelsel voor den bouw van onderzeesche werken, bij zeebrekers, hoofden, kaaimuren, lichttorens, versterkingen en dergelijke werken, denke men niet, dat het wordt aanbevolen in elk geval, daar toch de wijze van werken in elken ingenieurs-arbeid hoofdzakelijk door plaatselijke omstandigheden moet worden bepaald. Maar de schrijver gelooft, dat het over het algemeen toepasselijk is, en dat het met regt aanspraak kan maken op deze voordeelen: groote spaarzaamheid, vereenigd met sterkte en duurzaamheid; gemakkelijkheid en snelheid van uitvoering; geschiktheid voor die plaatsen, waar de tegenwoordige werkwijzen niet aanwendbaar zijn.

Het laat zich verwachten, dat er ernstige twijfel en verschil van meeningen zullen heerschen ten aanzien van de verschillende werkzaamheden, zooals de naauwkeurigheid, waarmede de traceerpalen of staanders kunnen worden ingedreven, de gemakkelijkheid, waarmede de hardsteenen beklamping op hare plaats kan worden gelegd, of het storten en de zetting van den beton in opene zee, maar men herinnere zich, dat al dit werk te Greenock op groote schaal de proef met goeden uitslag heeft doorgestaan.

De figuren geven de denkbeelden in ruwe trekken, daar de details wijziging gedoogen, naar de inzigten van verschillende ingenieurs.

Doorsneden van de zeebrekers te Dover, Alderney, Plymouth en Portland zijn te vinden op bladzijde 229 van deel XXII van *The Civil Engineer and Architect's Journal;* die van den dijk te Cherbourg, de hoofden te Marseille, Algiers, Cette, enz. op bladzijde 293 van hetzelfde deel. (1)

(1) Zie ook het uitmuntende werkje van Thomas Stevenson: *On harbours*, een' herdruk (met uitbreiding) van het artikel *Harbours* in de 8ste uitgaaf van de *Encyclopædia Britannica*. (Vert.)

EIGENAARDIGHEDEN VAN HET INGENIEURS-VAK IN INDIË, DOOR DEN MAJOOR-INGENIEUR J. G. MEDLEY.

(*The Civil Engineer and Architect's Journal*, August 1865.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

Ik stel mij voor in deze verhandeling de aandacht te vestigen op enkele eigenaardigheden van het ingenieurs-vak in Indië, die de omstandigheden in het licht zullen stellen, waaronder in dat land de werken worden uitgevoerd, en die doen zien, hoezeer de wijze van uitvoering van die in het moederland verschilt. Misschien zal de schets ook niet geheel van belang ontbloot wezen voor hen, die in Indië zijn.

In de eerste plaats: de ondernemer. Met uitzondering van forten, tuighuizen, dokken, kazernes en dergelijke, is er naauwelijks één openbaar werk in Engeland, waarbij het gouvernement regtstreeks belang heeft; want zelfs werken zoo als gevangenissen, wegen enz. behooren tot de graafschappen (provinciën) of worden beschouwd als van plaatselijk belang te zijn, terwijl de groote hoeveelheid gewigtige werken, zoo als spoorwegen, havens enz. aan maatschappijen van aandeelhouders behooren en privaateigendom zijn.

In Indië legt het gouvernement bijna elk werk door het geheele land aan en onderhoudt het. Niet alleen moeten werken, die tot eene groote militaire nederzetting behooren, maar elke weg, elke brug, elke kerk, elk geregtshof, elke gevangenis enz. uit landsgelden en door rijksdienaren worden gebouwd. Zelfs kunnen de spoorwegen hiervan niet worden uitgezonderd, want ofschoon het bestede kapitaal niet van het gouvernement is, bezit het toch zulk eene groote magt tot toezigt (1), dat het kleinste werk niet ondernomen, de bezoldiging van den geringsten beambte niet uitbetaald kan worden, zonder eene schriftelijke magtiging.

Voor al die werken is een groot rijksdepartement afgezonderd, dat van de openbare werken, waardoor stelselmatig toezigt wordt uitgeoefend over een talrijk ligchaam ambtenaren, europesche en inlandsche, die dienst doen als ingenieurs, opzieners enz., van den secretaris tot den geringsten beambte.

(1) Deze bevoegdheid tot contrôle vloeit voort uit het stelsel van rente-waarborg, waaronder het kapitaal werd opgenomen. Het gouvernement waarborgde den aandeelhouders eene minimum-rente van 5 ten honderd over het aanleg-kapitaal. Het toezigt wordt uitgeoefend door de adviserende ingenieurs van den staat, die een veto kunnen uitspreken over bijna elke handeling van den ingenieur der maatschappij. Het stelsel, misschien vroeger het beste, dat bedacht kan worden, heeft tot veel vertraging en niet weinig geschillen aanleiding gegeven, Het zoude voor het gouvernement verkieslijk zijn een zeker subsidie aan de spoorwegmaatschappij te verleenen voor elke mijl, *die voltooid en voor het verkeer opengesteld is;* vermoedelijk zal dergelijke schikking in de toekomst worden getroffen.

[Volgens het Calcuttasche tijdschrift *The Engineer's Journal*, 1864, p. 165, kende het gouvernement in 1864 aan de *Indian Tramway Company* (die eene spoorwijdte van 3½ voet aannam), voor het jaarlijksch *onderhoud* van elke engelsche mijl 125 ropijen toe (grens, gesteld door het opperbestuur), gedurende twintig jaren, van den dag der openstelling, benevens den grondslag (*substratum*) voor een' gewonen weg. Eveneens kende het aan de *Indian Branch Railway Company* (spoor 5½ voet) voor den *aanleg* 100 pond sterling per engelsche mijl 'sjaars, gedurende 20 jaren toe, benevens eene jaarlijksche ronde som voor buitengewone werken.] (Vert.)

Maar een ander kenmerkend onderscheid is, dat in Engeland bijna onveranderlijk het werk bij aanneming wordt uitgevoerd, terwijl in Indië even onveranderlijk wordt gewerkt in daghuur, die door de ingenieurs wordt betaald. Het is waar, dat al het mogelijke gedaan wordt om het stelsel van overeenkomsten in te voeren, en dat het algemeen in zwang is in de steden van de presidentschappen, en bij de meeste groote spoorwegwerken, maar door het geheele land worden de meeste gouvernementswerken in daghuur verrigt, en de meerdere arbeid, die daardoor op den ingenieur geladen wordt, kan men zich gemakkelijk verbeelden.

In nog een ander gewigtig punt verschillen de bezigheden van den indischen ingenieur van die zijns ambtbroeders in het moederland. In vele gedeelten van het land is er geene regeling hoegenaamd van den arbeid, en als er werken moeten worden uitgevoerd, moet de ingenieur zijne werklieden bijeenzamelen en afrigten, schikkingen treffen voor vervoermiddelen (1), zelf zijne metselsteenen bakken, zelf zijn' kalk branden, zelf zijn timmerhout kappen, en in één woord honderd kleinigheden verrigten, die in een beschaafd land door honderd verschillende personen worden ondernomen, die ieder in zijn bijzonder vak bedreven zijn (2).

Van de werklieden zelven kan veel goeds worden gezegd. Dat zij de gewone vooroordeelen van onwetende heden tegen de invoering van nieuwe denkbeelden hebben, is te verwachten, maar zij zijn op dit punt niet erger dan anderen, en wèl behandeld, zijn zij in den regel èn schrander èn leerzaam. Uitmuntende metselaars, timmerlieden en smids zijn in overvloed in het land te vinden. De werktuigen in de onderscheidene spoorweg-werkplaatsen worden door inlanders bestuurd onder europeesch opzigt, en ofschoon er nog geene inlandsche machinisten zijn, zullen wij er ongetwijfeld eerlang hebben (3).

(1) Dit bezwaar alleen van voertuigen, in een land, waar de afstanden zoo groot zijn en de middelen van gemeenschap zoo gebrekkig zijn, is van den ernstigsten aard. Het grootste gedeelte van den bovenbouw voor den *East Indian Railway* werd met inlandsche vaartuigen den Ganges opgevoerd, en nu ligt eene waarde van *f* 100,000 aan spoorstaven enz. op de bedding van die rivier begraven. Voor den *Punjab Railway* werden de bouwstoffen in praauwen den Indus opgevoerd, die dikwijls zeven maanden onder weg waren (800 engelsche mijlen), zoodat de vrachtloonen tusschen Kurratsjie en Moeltan het dubbel bedroegen van die tusschen Engeland en Kurratsjie. Na Moeltan bereikt te hebben, werden de locomotieven over een' weg zonder macadamisering voortgetrokken op ramen, bespannen met olifanten en ossen; voor het doorloopen van deze 200 engelsche mijlen waren zes weken noodig. De eerste werkzaamheden van de ingenieurs op deze lijn, die door eene woestijn loopt, bestonden in het doen graven van putten en bouwen van verblijven voor het werkvolk; tegelijk moesten zij graankoopers bewegen, zich in de woestijn te vestigen om levensvoorraad te verschaffen. Toen de schrijver derwaarts ging om het eerste tracé van de baan met den hoofdingenieur te inspecteren, moesten water en leeftogt op kameelen worden aangevoerd om in de behoeften van al de menschen te voorzien.

(2) [Vóór meer dan elf jaren verscheen in het Singapoersche tijdschrift *Journal of Eastern Asia and the Indian Archipelago* eene beschrijving van den heer Thomson van een' door hem op de rots *Pedra Branca* gebouwden lichttoren in gehouwen. steen. De aannemer was in zijne verpligting spoedig te kort gekomen en met de noorderzon verhuisd. De belanghebbende kan uit die beschrijving nog beter leeren, welke moeijelijkheden soms den ingenieur in Indie wachten.] (Vert.)

(3) Ik zag, vóór eenigen tijd, in de spoorweg-werkplaatsen te Lahore de timmerlieden arbeiden aan regelmatig geplaatste banken, in plaats van gehurkt te zitten, volgens hunne gewoonte; zij leverden schoone staaltjes van draaijerswerk. Al het rollend materiëel (met uitzondering van de uit Engeland aangevoerde ijzeren deelen) voor bedoelden spoorweg is te Lahore gemaakt geworden door inlandsche werklieden. Ik zag te Goojranwalla een' revolver *à la Colt*, zoo naauwkeurig nagemaakt, tot zelfs het graveerwerk op de cilinders, dat alleen de naauwlettendste beschouwing kon doen zien, dat hij door een' inlandschen smid was vervaardigd geworden.

(1) [Hieronder te verstaan Midden-Hindostan, dat ten zuiden door Dekan wordt begrensd.] (Vert.)

(2) [Vóór drie jaren was de uitgaaf aan brandstof op den spoorweg der noordwestelijke provinciën in Indië (over 328¼ engelsche mijlen) 41 000 pond sterling, of ongeveer 33 percent van de jaarlijksche kosten. In Engeland kostte, bij zooveel meer verkeer, in 1863 de „*locomotive power*" 27.62 percent.] (Vert.)

Wat den pas uit Engeland aangekomen' ingenieur het meest treft, is het volslagen gemis van de gewone werktuigelijke hulpmiddelen tot uitvoering van het werk. Uitgebreide aardewerken worden nog aangelegd met de *phourah* of inlandsche spade, en vrouwen en kinderen dragen mandjes aarde op het hoofd. Kruiwagens zijn zeldzaam, paardekarren nog zeldzamer. Om fundeerputten droog te malen komen nu pompen in gebruik, maar in het algemeen volgt men nog de inlandsche wijze van uitscheppen of bezigt den *churus* (lederen zak), of werkt met een persisch wiel, dat door ossen wordt gedreven. Metselsteenen en pannen worden bijna onveranderlijk met de hand gevormd, en de kleimolen is onbekend; de zaagstelling wordt nimmer gebruikt.

De voornaamste reden van dit alles is natuurlijk het betrekkelijk lage dagloon, maar als dit eenige jaren langer blijft stijgen, gelijk het sinds eenigen tijd gedaan heeft, zal de invoering van betere hulpmiddelen noodzakelijk worden. Met uitzondering van de werkplaatsen voor de spoorwegen en die te Roorkie, is er geen stoomwerktuig in het land, behalve in de steden van de presidentschappen. Werktuigen, gedreven door de kracht van den wind, zijn ook onbekend; het valt moeijelijk te zeggen waarom. Van het zoo krachtige watervermogen, aanwezig op de tallooze rivieren en kanalen, wordt weinig nut getrokken. Zaagmolens worden hier en daar opgerigt, en de gewone *punchukkie* of inlandsche korenmolen is overal te zien, waar een voordeelig verhang is. De werktuigen, door dieren bewogen, bepalen zich tot wateropvoer voor vloeijing, en tot eene of twee oorspronkelijke uitvindingen, die toegepast worden in fabrieken.

Laten wij, na zooveel gezegd te hebben over de wijze van arbeiden, een' blik slaan op de gebezigde bouwstoffen en de volvoerde werken. In Midden-Indië en de heuvelachtige distrikten door het geheele vasteland, vindt men vele verscheidenheden van uitmuntende bouwstoffen, die veel gebruikt worden. In de groote vlakten van Bengalen, Hindostan (1) en den Pundjab is echter baksteen de eenige bruikbare bouwstof. De baksteenen volgens de afmetingen in Engeland, of de nog grootere komen nu algemeen in zwang. De inlandsche metselsteenen zijn zeer klein, uitmuntend gebakken, worden met weinig zorg voor het verband gelegd en met kwistige aanwending van mortel. Hout is de brandstof, behalve in enkele plaatsen, waar steenkool gevonden wordt. (In Noord-Indië werd nog geene kool gevonden, die de exploitatie waard is. De locomotieven gebruiken hout; deze brandstof is zeldzaam en duur) (2).

De steenovens hebben verschillende vormen; soms worden de steenen in hoopen gebakken, gelijk aan de engelsche veldovens, met gedroogden koedrek in plaats van steenkolen.

Uitmuntende kalk is overal in overvloed aanwezig, en wordt gewonnen uit kalksteen op zijn leger of uit rolsteenen in de bergstroomen of uit den *kunkur* in de vlakten. Hij wordt tot mortelbereiding gemengd met verschillende stoffen, waaronder welzand en *soorkhie* (fijn gemalen baksteen) de hoofdbestanddeelen vormen. Voor zeer krachtige of fijne mortels wordt er soms ruwe suiker en eijerdoppen bijgevoegd.

Er is in Indië eene groote verscheidenheid van timmerhout, over het algemeen afkomstig uit de bosschen op de heuvelen, waaronder opmerking verdienen *saul* (1), eene donkere, zware, regte en sterke houtsoort, en *deodar*, bijna gelijk aan het cederhout van den Libanon; het eerste wordt in de noordwestelijke provinciën, het laatste in den Pundjab voor elken bouw gebezigd. Beide soorten worden slechts in de bergen gevonden op eene hoogte van 2000 tot 5000 voeten; de boomen worden geveld en in de rivieren geworpen, en als deze zwellen, worden de stammen de rivier afgevlot naar de vlakten. In West- en Zuid-Indië is het *teak* of djatihout algemeen in gebruik. Het is overvloedig in de bosschen van Burmah, en een der kostbaarste voortbrengselen van dit gewest. *Toon* (2), eene mindere mahonie-soort, wordt op uitgebreide schaal gebezigd voor meubelen; *sissoo* of *shieshum* (3) en enkele verscheidenheden van den acacia zijn harde, zware, kromdradige (*crooked*) houtsoorten, die gebezigd worden, waar het op sterkte en taaiheid aankomt.

IJzerertsen van goede hoedanigheid zijn in verscheidene deelen van Indië overvloedig, maar worden door gebrek aan brandstoffen en vervoermiddelen niet bewerkt; algemeen wordt het engelsche ijzer gebezigd. Het gouvernement stelde en stelt nog vele loffelijke pogingen in het werk om de ijzerfabrikatie te ontwikkelen.

Het zal hier de geschikte plaats zijn om eenige bijzondere constructiën uit Indië te vermelden.

Bij de *wegen* is het gebruik van gebroken *steenen*, gelijk bij het macadamiseren, vrij algemeen, maar in de groote vlakten van Boven-Indië wordt de aan die streken eigene *kunkur* gebezigd en op eene bijzondere wijze gelegd. Het is eene soort van vast-korreligen (*concretionary*) oolithischen kalksteen, die gevonden wordt in lagen en digt bij de aardoppervlakte, met water moet worden verzadigd, zeer fijn gestampt (*rammed*) en daarna gedroogd alvorens tot eenig werk te worden bestemd. Hij vormt dan eene witte, zachte en zeer voortreffelijke bedekking voor wegen. In Zuid-Indië worden gewoonlijk lateriet en moorum (4) gebruikt, het laatste eene soort van rood kwarts.

Bij *funderingen* worden zelden palen gebezigd, want er zijn zoo

(1) [*Saul* of *Shorea robusta*, digt van korrel, zwaar, lichtbruin van kleur, niet zoo duurzaam als *teak* (djatie), maar sterker en taaijer.] (Vert.)

(2) [Toon = *Cedrela toona;* roodachtig bruin.] (Vert.)

(3) [Sissoo = *Dahlbergia sisso*, gebruikt voor den scheepsbouw: licht-, graauwachtig bruin van kleur, met donkerder aderen; in weefsel gelijk aan de fijnere djatiesoorten, maar taaijer en veerkrachtiger.] (Vert.)

(4) [Lateriet, een kleiachtige zandsteen, rood van kleur, vol spleten.] (Vert.)

vele vernielende elementen in het werk, dat zij niet zouden stand houden. De meeste waterstroomen zijn in zekeren tijd van het jaar bijna droog, en dit biedt groot gemak aan tot het leggen van de grondslagen voor bruggen en andere waterwerken. De palen vervangt men door gemetselde blokken, die digt naast elkander worden neërgelaten; hierover slaat men bogen, waarop de landhoofden en pijlers worden opgetrokken. Men legt ook zulke funderingen voor huizen aan, waar de bodem zeer verraderlijk is. De beddingen van de meeste rivieren in Noord-Indië vertoonen bij boring zand tot eene zeer aanzienlijke diepte. In Bengalen wordt alluviale modder gevonden tot even groote diepte, en vereischt zeer veel voorzorgen. De droge toestand van de rivierbedden geeft ook groot gemak in het slaan van bogen, zonder de toevlugt te nemen tot kostbare formeelen. Men bezigt immer eene opeenstapeling van droge metselsteenen en balken, die in het bed van den stroom worden opgetrokken. Wel staat het werk bloot aan ongevallen door plotselinge rivierwassen, maar deze zijn zeer zeldzaam.

De grootste werken, tot heden in Indië uitgevoerd, zijn, even als in Engeland, de spoorwegen. Inderdaad, geene in de wereld zijn van meer belang of gewigt dan die over het hellend vlak van den Bhore Gaut, de bruggen over de Soane en Djumna. Men zoude nog andere werken kunnen opsommen, die bijna niet voor deze onderdoen. De *East Indian Railway*, 1 000 engelsche mijlen lang, van Calcutta naar Delhi, met den zijtak naar Djubbulpoer, die thans in aanleg is, is vermoedelijk de langste lijn in de wereld, waarvan eene enkele maatschappij eigenares is, en zeker eene der schoonste zegepralen van de ingenieurs-wetenschap. De *Great Indian Peninsular* en andere lijnen, ofschoon van geringer lengte, zijn, althans enkele, even belangwekkend.

Daarbij komen de groote wegen, ofschoon het stelsel, gelijk dat van de spoorwegen, nog verre van voltooid is. De *Grand Trunk Road* van Calcutta naar Lahore, 1 300 engelsche mijlen lang, omvat elke verscheidenheid van constructie, van de steile hellingen door de Radjmahal-heuvelen tot de grootsche waterpasophoogingen tusschen den Djumma en den Sutledj.

De weg van Lahore en Pesjawoer, eene voortzetting van den *Trunk Road*, 270 engelsche mijlen lang en thans de voltooijing nabij, kan de vergelijking doorstaan met elken anderen in de wereld, terwijl hij misschien zijne wedergade niet vindt in de ontzaggelijke uitgestrektheid van zijn drooglegginge. Onder de andere wegen kan die van Hindoestan naar Thibet, wanneer hij voltooid zal zijn, eene plaats innemen naast een' van de beroemde wegen over de Alpen, terwijl de groote weg van Dekan, die van Assam en vele andere, thans nog onder handen, van grootschheid getuigen.

Behalve in de groote afstanden, moeten de eigenaardigheden van hunnen aanleg gezocht worden in de geduchte stroomen, die zij moeten doorsnijden. Alleen persoonlijke ondervinding kan den ingenieur een denkbeeld geven van de ontzettende eischen van waterwegen, die in het droge jaargetijde zoo ondiep en soms geheel droog zijn, en er gaat bijna geen saizoen voorbij, zonder dat de rijkste ondervinding beschaamd gemaakt wordt door de uitwerking van een' enkelen rivierwas. Het is bekend, dat de Indus tusschen de rotsachtige oevers van Attock 50 voet in een' enkelen nacht rees. Op een' afstand van 800 engelsche mijlen van zijne monding, ben ik in eene sloep geweest in het midden van de rivier, en kon geen van de beide oevers gewaar worden, daar het diepe vaarwater in één jaargetijde drie engelsche mijlen zijdelings was verplaatst geworden. Doorwaad deze rivier in het droge saisoen, en uw weg leidt over 10 engelsche mijlen los zand (*quicksand*) en modder, terwijl een vaarwater van 1000 voet wijdte al het water afvoert. Een' weg door het dal van zulk eene rivier te leggen en zulk een' stroom te overbruggen, zal den stoutsten ingenieur versagen.

Deze beschrijving geldt alleen de rivieren van Noord-Indie, die van Zuid- en Midden-Indië hebben ook hare bijzonderheden, die het langwijlig zou zijn hier uitvoerig te vermelden.

Inzonderheid echter moet men in de groote vloeijingswerken in Indië, reeds aangelegd of nog in aanleg, de eigenaardigheden van de ingenieurs-werkzaamheden zoeken, want, met uitzondering van Italië [en Spanje, Vert.], hebben zij geen tegenhanger in Europa. Het *Ganges*-kanaal, met zijne vertakkingen 900 engelsche mijlen lang, dat door 3000 engelsche mijlen leidingen zijn water verdeelt over een millioen acres (ruim 400 000 hectares); de kanalen van den *Oost- en West-Djumna*, respectievelijk 200 en 500 engelsche mijlen lang; het kanaal van *Barie-Doab*, ook 200 engelsche mijlen lang — zijn werken, waarop elk land trotsch mag zijn, en uit welker ontwerpen en aanleg ingenieurs veel kunnen leeren, waarin zij in Engeland geen onderrigt kunnen ontvangen. De groote vischvijvers (*weirs*) en vergaarkommen (*tanks*) van Madras, waarvan de werken op den Godavery de schoonste voorbeelden zijn, vormen eene afzonderlijke klasse van werken en zijn uitsluitend aan Indië eigen.

Nog een woord dient gezegd te worden over de indische bouwkunst. De bouwkundige en de ingenieurs zijn over het algemeen in Indië één; dezelfde persoon is ook zoowel ontwerper als bouwmeester. De eischen van het klimaat maken eene wijze van constructie noodig, die van de engelsche verschilt, maar eerst onlangs hebben wij koelte en luchtverversching met veel architektonische schoonheid vereenigd. Men begint in dit opzigt vorderingen te maken. Wij rigten ten minste schooner gebouwen op, en vestigen de aandacht op de meest mogelijke afkoeling. De moeijelijkheden zijn groot, want wat goed is voor de vochtige hitte van de benedenprovinciën zal niet beantwoorden aan de droge hitte van Boven-Indië, die men maanden lang den geheelen dag moet buitensluiten, tenzij de lucht kunstmatig worde afgekoeld alvorens binnengelaten te worden (1). Bovendien is de koude in den winter dikwijls zeer fel, zoodat het gemiddeld verschil van den thermometer tusschen zomer en winter 100° in den Pundjab is, terwijl in Bengalen de temperatuur veel gelijkmatiger en het verschil niet grooter dan 70° is.

Behalve in de steden der presidentschappen hebben de huizen geene verdieping, gedeeltelijk om de kosten, gedeeltelijk om de hitte gedurende de droge maanden. De daken zijn met stroo of pannen gedekt, soms plat en gedekt met baksteen en kalkpleister. De zolderbalken zijn in den regel bloot, dewijl plafonds ongedierte huisvesten en de vernielingen door de witte mieren verbergen. De muren zijn zeer zelden behangen, gewoonlijk bepleisterd en gewit. Houten vloeren zouden te vergankelijk en te duur zijn, zoodat daarvoor vloeren van tegels of kalkpleister in de plaats komen. Deuren zijn talrijk, altijd dubbel en in het midden openslaande.

(1) De warmtegraad van de lucht in Boven-Indië gedurende de maanden Mei en Junij is dikwijls over de 100°.

Gaanderijen of afdaken rondom een huis worden als onmisbaar beschouwd.

In de gewigtigste en belangrijkste takken van het ingenieurs-vak werd tot heden weinig in Indië gedaan; zelfs in de steden van de presidentschappen maken wij eerst nu een begin met drooglegging, watertoevoer en gasverlichting. Er is evenwel een schoon ontwerp van drooglegging voor Calcutta in overweging, een dergelijk ontwerp voor Madras zal binnen kort in behandeling worden genomen, terwijl het draineren en onderhouden (*conservancy*) van inlandsche steden en europesche kantonnementen veel aandacht trekt.

In de verbetering van onze groote rivieren voor de inlandsche vaart is weinig of niets gedaan geworden, maar vele bevaarbare kanalen in Madras en Bengalen zijn onderhanden en anderen in ontwerp. In Bengalen hebben overstroomingen door de zee en de rivieren ons ook veel praktijk doen opzamelen omtrent het gewigtige onderwerp van de dijken, en de *Hidgelee*-zeedijk, eenmaal voltooid, zal, naar men zegt, een grootsch werk zijn.

Over het vak van den militairen ingenieur valt niet veel te zeggen. Gelijk de oude Romeinen kantonneren wij onze troepen in de opene vlakte, in plaats van ze op te sluiten in sterkten. Onze tuighuizen zijn inwendig meestal oude inlandsche forten, eenigzins verbeterd, en behalve Fort William (te Calcutta) en de buitenposten op onze noordwestelijke grenzen, is er naauwelijks in het land één versterking van den tegenwoordigen tijd.

In naauwe verbinding met de ingenieurs-wetenschap is de opmeting van Indië, aan welk grootsch werk, te weinig in de wetenschappelijke wereld bekend, een woord van hulde moet worden gebragt. Terwijl het trigonometrische departement het land overdekt met een net van driehoeken, die de ligging van de voornaamste stations bepalen met eene naauwkeurigheid, zoo al geëvenaard, zeker in geen europeesch land (1) overtroffen, is het topographische departement bezig de bergdistrikten in kaarten voor te stellen (2), waarvan de naauwkeurigheid alleen geëvenaard wordt door de moeijelijkheden van de vervaardiging, en het departement van de inkomsten brengt de vlakten in kaart met eene uitvoerigheid, die niet alleen elk dorp, maar elk veld van elk dorp afbeeldt.

OVER TORBIET, EEN NIEUW PREPARAAT UIT TURF, DOOR D. K. CLARK (3).

(*The Civil Engineer and Architect's Journal*, November 1865.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

De schrijver had vóór korten tijd gelegenheid in zijne hoedanigheid als inspecteur de werken tot het bereiden van brandstof uit turf te Horwich, in Lancashire, te bezigtigen, en was zoo getroffen door alles wat hij opmerkte, en zoo doordrongen van het gewigt der verkregene uitkomsten, dat hij vermeent geen meer belangwekkend onderwerp in de vergadering ter sprake te kunnen brengen. De vraag omtrent de bereiding van turf tot brandstof is inderdaad de vraag omtrent de vermeerdering van de in de natuur aanwezige hoeveelheid kolen met eene brandstof, die in elk opzigt voortreffelijker, overvloediger en toegankelijker kan worden gemaakt. Het verbruik van kolen is zoo ontzettend en neemt jaarlijks in zulk eene mate toe, dat vóór eenigen tijd in ernst de vrees werd gekoesterd, dat onze voorraad kolen binnen een niet zeer verwijderd tijdvak uitgeput zal zijn. Onze kolenschat is, met uitsluiting van alles, wat op eene grootere diepte ligt dan 4000 voet, geraamd geworden op 83 544 000 000 ton. In 1863 steeg het verbruik tot 86 300 000 ton, en de gemiddelde toeneming in de laatste tien jaren beliep 2 000 000 ton. Indien de voorraad juist begroot is geworden, zoude hij in minder dan honderd jaren verdwenen zijn. Gelukkig echter heeft de natuur ons niet afhankelijk gelaten van onzen kolenvoorraad alleen, maar ons ook veenen gegeven.

Turf bezit, gelijk bekend is, vele hoogst te waarderen eigenschappen als ruw materiaal voor brandstof; maar de pogingen, tot heden beproefd om van turf op groote schaal nut te trekken, zijn mislukt, door het bezwaar dat deze zelfstandigheid eene groote ruimte inneemt, zeer los is en van 75 tot 80 ten honderd water bevat. Het water af te scheiden en den turf te verdigten en tot bruikbare afmetingen te vormen tegen eene uitgaaf, die ze als brandstof voor den handel geschikt maakt, is een vraagstuk, dat tot heden de pogingen van vele ondernemers heeft verijdeld. In de meeste gevallen is de zamenpersing, tot het verkrijgen van den noodigen graad van vastheid, verrigt door middel van krachtige hydraulische persen of andere werktuigen. In de bereidingswijze, aangenomen door de heeren Gwynne en door den heer C. Hodgson, wordt de turf eerst gedroogd en fijn gemaakt, en daarna tot blokken geperst, maar de zamendrukking is louter werktuigelijk, en hoewel zij groote vastheid geeft door de turfdeeltjes zoo digt mogelijk met elkander in aanraking te brengen, maakt zij toch inderdaad de stof niet degelijk genoeg, daar zij, blootgesteld aan hitte, hare oorspronkelijke gedaante herneemt en als kruimels in een valt. Aldus bereide turf is te eenenmale ongeschikt weerstand te bieden aan de werking van een' blaasbalg of zelfs van een' matigen luchtstroom, en hoewel de heer Hodgson de fabriek van brandstof volgens zijne manier nog aanhoudt, is het verbruik toch zeer beperkt.

Volgens de behandeling door den heer Cobbold wordt de turf in water gedompeld, ten einde de vezelen af te scheiden van de meer vergane stof, en daarna van het water bevrijd door eenvoudige verdamping of door behulp van middelpuntvliedende kracht; maar ofschoon hierdoor eene zeer digte brandstof wordt verkregen, verbreekt toch de afscheiding van de vezelen haren zamenhang; en bovendien is de bewerking moeijelijk en kostbaar. In Ierland heeft men beproefd van turf partij te trekken door ze alleen om hare chemische producten te bewerken. Verscheidene producten zijn alzoo gewonnen geworden, waaruit zelfs paraffine kaarsen zijn gemaakt; maar de kosten gingen den marktprijs verre te boven.

Toch zijn al deze pogingen niet ijdel geweest, in zoo verre als de ondervinding, bij de behandeling van turf opgedaan, gebleken is groote waarde te hebben. Te weten wat niet helpt is een groote

(1) De superintendent van de opmeting, majoor Walker, is onlangs naar Europa gegaan om met de russische regering te spreken over de aansluiting van de indische driehoeken met het net van de russische opname.

(2) De kaart van Kasjmier door den kapitein-ingenieur Montgomery heeft de warme goedkeuring genoogst van den verdienstelijken voorzitter [? Sir Richard Murchison] der koninklijke geographische maatschappij. Vele trigonometrische stations waren boven de sneeuwgrens, waar de waarnemers verscheidene dagen op gunstig weder moesten wachten.

(3) Voorgelezen in *The British Association for the advancement of Science.*

stap tot het weten van wat helpt, en de jongere octrooijen verraden, bijna in de volgorde van hunne dagteekeningen, de langzame maar gestadige vordering, die gemaakt is geworden tot dat men aan het stelsel van de bereiding komt, die onlangs door den schrijver te Horwich werd geïnspecteerd. Volgens dit stelsel wordt elke werktuigelijke zamendrukking met zorg vermeden, niet alleen als kostbaar maar ook als ondoeltreffend. Men heeft daarentegen zijn voordeel gedaan met de natuurlijke eigenschap, die behoorlijk bereide turf heeft, onder het droogen zamen te trekken, en volkomen vast en zamenhangend te worden. De middelen om het water uit den turf te verdrijven, zijn ook met zorg tot volkomenheid gebragt geworden. De noodzakelijkheid zich van zulk eene groote hoeveelheid water te ontdoen, is sedert den aanvang een groot bezwaar geweest en de oorzaak van buitensporige uitgaven. Te Horwich is het vraagstuk met zorg bestudeerd geworden, en de moeijelijkheden schijnen met goed gevolg overwonnen te zijn. Vóór de uitvinding van het kunstmatig droogen van den turf op eene snelle en goedkoope wijze, moest men de toevlugt nemen tot het droogen door de lucht; waar slechts beperkte hoeveelheden brandstof — bijvoorbeeld 100 ton in het jaar — moeten worden bereid, is het droogen door lucht genoegzaam, maar bij grootere hoeveelheden zoude het in ons vochtig klimaat een te onzeker proces zijn om zich daarop te verlaten, en gedurende zeven maanden in het jaar zoude het in het geheel niet deugen.

Volgens het stelsel, te Horwich overwogen en verwezenlijkt, wordt de turf, zoodra hij uit het veen komt, in eenen daartoe vervaardigden molen geworpen, waardoor hij tot eene gelijkslachtige, brijachtige zelfstandigheid wordt bereid. De brij wordt, door middel van een' riem zonder eind naar het vorm-werktuig geleid, waarin hij, terwijl hij in beweging blijft, tot schijven wordt gevormd en tot blokken van de verlangde afmetingen gesneden. De blokken worden door eene zelfwerkende machine op een' riem gelegd, die ze in de droogkamer geleidt, waar zij met eene bepaalde snelheid voor- en achterwaarts gaan op eene reeks van touwen zonder eind, waarbij zij den geheelen tijd zijn blootgesteld aan de werking van een' stroom verhitte lucht. De riemen zijn zoo gerangschikt, dat de turfblokken achtereenvolgens van den een' op den anderen komen en door dezelfde beweging omkantelen, ten einde telkens nieuwe vlakken met regelmatige tusschenpoozen aan den invloed van de droogende stroomen bloot te stellen, zoodat gene de kamer droog, hard en digt verlaten.

Aan de aldus bereide zelfstandigheid is de naam «*torbiet*» gegeven geworden, naar het latijnsche *torbo*, door welken naam turf in oude bescheiden telkens wordt aangeduid.

Het tweede tijdperk van het proces is de behandeling van het torbiet in digte ovens, om het te bereiden tot houtskool, geschikt voor smelterijen, of het slechts gedeeltelijk te verkolen, ten einde als brandstof voor stoomvorming of in puddle-ovens te dienen.

Het stelsel te Horwich is ontworpen geworden met het oog op de meeste besparing van tijd en arbeid. De ruwe turf wordt bijna geheel automatisch door stoomkracht behandeld; aan het eene uiteinde ingelaten, verlaat zij het andere in den vorm van houtskool, na minder dan vier en twintig uren vroeger uit het veen te zijn gedolven, en de daaraan ten koste gelegde handenarbeid is bijna geheel beperkt tot de eerste werkzaamheid van het graven, zoodat de uitgaaf voor arbeid en brandstof tot het voortbrengen van houtskool niet hooger loopt dan 10 tot 12 sh. (*f* 6.00 tot *f* 7.20) per ton. Maar behalve de besparing, verkregen door het verkolen in digte ovens, wordt er nog eene aanzienlijke hoeveelheid chemische producten van waarde gewonnen, zooals ammonia, azijnzuur, geest van houtzuur (pyroxylic spirit) en paraffine-oliën, waarvan de verkoop alleen de uitgaven van het geheele proces bijna zal dekken. De vetachtige stof, door destillatie afgescheiden, vormt een uitmuntend smeersel, dat gemiddeld 5 ten honderd van het gewigt der verkregene houtskool heeft; in zijn' ruwen staat werd het te Horwich verkocht voor 12 pond sterling de ton.

De uit torbiet vervaardigde houtskool is buitengewoon digt en zuiver; haar verhittings- en haar weêrstandsvermogen zijn aan uitvoerige en strenge proeven onderworpen geworden, en met de meest bevredigende uitkomsten. Bij de werken van Horwich werd ruw ijzer spoedig gesmolten in een' koepeloven. Ongeveer 80 ton voortreffelijk ijzer zijn daaruit bereid geworden in een' kleinen blaasoven, die slechts 6 voet diameter had en 26 voet hoog was. Het gesmolten erts was gedeeltelijk rood hematiet en gedeeltelijk Staffordshire, en de hoeveelheid verbruikte houtskool was 1 ton 11 cwt. per ton gewonnen ijzer; maar in een' grooteren en beter gebouwden oven zal de hoeveelheid noodige houtskool aanmerkelijk geringer zijn. Zij is met even goed gevolg beproefd geworden in puddle- en luchtovens [?], terwijl zij de hoedanigheid van het gesmolten ijzer zeer verbeterde. Tot dit doel werd de brandstof slechts gedeeltelijk verkoold, ten einde haar niet van hare vlam te berooven, die aanmerkelijk langer is dan van steenkool. Een gedeelte van de ijzeren schuitjes, te Horwich bereid, werd toen tot staven veranderd, die daarna koud dubbel omgebogen werden zonder eene enkele barst te vertoonen. De heeren Broun en Lennox hebben, na dit ijzer te hebben beproefd voor kettingen, berigt, dat zijne sterkte gebleken was de gemiddelde sterkte van de beste merken aanzienlijk te overtreffen.

In Duitschland is het gebruik van turf, gemengd met houtskool, zeer algemeen bij het voortbrengen van ijzer, dewijl de turf, zooals zij daar bereid wordt, niet vast genoeg is, om alleen het werk te doen; maar het is gebleken, dat het voortgebragte ijzer te beter is naarmate de gebruikte hoeveelheid turf grooter was. Het gas, dat uit de hooge ovens opstijgt, is ook met gunstig gevolg gebezigd geworden voor het zuiveren van het ijzer en het puddelen van staal. De waarde van turf voor de bereiding van ijzer wordt sinds lang erkend. IJzerfabrikanten zijn eenstemmig van gevoelen, dat het daarmede gewonnen ijzer van zeer voortreffelijke hoedanigheid is. In elk onderdeel van de ijzerfabrikatie en bij het wellen heeft houtskool van turf de meeste waarde.

In de smederij van de heeren Hick en Zoon, te Bolton, werd eene groote massa ijzer, ongeveer tien engelsche duim vierkant, tot welhitte gegloeid met houtskool van turf, te Horwich vervaardigd. De bestede tijd was minder dan met steenkool noodig zou geweest zijn; de geheele massa was door en door even verhit, zonder het geringste spoor van verbranding aan de buitenzijde, en bij het uitsmeden van de massa werd evenveel met ééne verhitting verkregen als gewoonlijk met twee. Het belang van eene overvloedige hoeveelheid goedkoope houtskool kan dus niet worden overschat.

De te Horwich bereide brandstof is ook beproefd geworden voor stoomvorming, en hare voortreffelijkheid boven steenkool proefondervindelijk gebleken, zoowel bij locomotieven als bij vaste werktuigen. Op den spoorweg van de noordelijke graafschappen in Ierland werd daarmede een trein bewogen van Belfast naar Portrush, een afstand van zeventig engelsche mijlen. Aan het einde van de reis toonde de uitkomst eene besparing van 25 tot 30 ten honderd, wat het gewigt van de verbruikte brandstof betrof, in vergelijking met het gemiddelde verbruik van steenkool in drie maanden. Gedurende den geheelen overtogt was er meer dan stoom genoeg, ofschoon de vuurdeur aanhoudend open was en de demper neergelaten. Bij de afreis was de drukking 100 pond, maar gedurende de vaart en bij het bestijgen van eene steilte, klom zij tot 110 pond, en daarna tot 120 pond, met de vuurdeur open. Gedurende de beweging was er geen rook en onder het stilstaan zeer weinig.

Bij de werken te Horwich werd de brandstof onder den ketel aldaar beproefd, in vergelijking met steenkool. Dit werd op twee achtereenvolgende dagen gedaan, terwijl de oven den vorigen nacht geledigd was geworden. De volgende uitkomsten werden verkregen: door steenkool werd stoom van 10 pond drukking gevormd in 2 uur 25 minuten en van 25 ponden drukking in 3 uren; door brandstof van turf werd stoom van 10 pond drukking gevormd in 1 uur 10 minuten en van 25 pond in 1 uur 32 minuten; 21 centenaars steenkool onderhielden gedurende 9¾ uur stoom van 30 pond drukking; 11¼ centenaars brandstof van turf onderhielden gedurende 8 uren stoom van gelijke drukking. Maar hierbij komt nog eene ruime besparing, doordien de zwavel in de steenkool de ketels en roosterstaven vernielt; bij turf geschiedt dit niet. In Beijeren is sinds verscheidene jaren brandstof van turf op de spoorwegen gebezigd geworden, en volgens de officiële verslagen is de besparing, verkregen door haar gebruik, zeer aanmerkelijk bij het slijten van de werktuigen.

De veenen van Groot-Britannië en Ierland beslaan eene oppervlakte, grooter dan vijf millioen *acres* (twee millioen hectares), waarvan de gemiddelde diepte kan worden aangenomen op 20 voet (ruim 6 meters). De natuur heeft ons alzoo de middelen aan de hand gedaan om onzen voorraad brandstof te vermeerderen met ongeveer twintigduizend millioen ton. In Ierland zijn ongeveer anderhalf millioen acres (600000 hectares) geheel opgemeten. In de verslagen van deze opmetingen wordt verklaard, dat beneden de turf een uitmuntende bodem werd gevonden, die zich goed leent tot drooglegging en geschikt is voor bouw- of weiland.

Het is onmogelijk dat men niet getroffen wordt door de overtuiging, dat, wat te Horwich is verrigt geworden, den grondslag gelegd heeft voor eene onderneming van groot nationaal belang.

DE INRIGTING EN DE UITKOMSTEN VAN DE WERKING DER GROOTE STOOMBAGGERMOLENS OP DE CLYDE, DOOR ANDREW DUNCAN (1).

(*The Civil Engineer and Architect's Journal*, 1865, April, p. 101.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

(Plaat 4.)

De verbeteringen in het vaarwater van de rivier Clyde werden aangevangen in 1770 onder de leiding van den heer Goulbourne uit Chester. Destijds was de bevaarbare diepte tot Glasgow bij hooge springvloeden slechts drie voet, bij minder hooge 1½ voet, terwijl bij de zwakste getijden het vloedwater Glasgow in het geheel niet bereikte.

De rivier werd gestremd door zeven banken, waarvan eene bij Dumbuck 12 engelsche mijlen beneden Glasgow lag; hier stond slechts twee voet water bij laagwater. Het eerste werk schijnt de opruiming van de Dumbuck-wadde te zijn geweest; daarna werden talrijke dwarshoofden uit elken oever uitgebragt tot Glasgow, met het doel het vaarwater te vernaauwen; van deze hoofden werden vervolgens de uiteinden door evenwijdige dijken verbonden. Korten tijd na 1798 werden eenige weinige ploegen en een baggerwerktuig, dat door handen in beweging werd gebragt, aangewend tot het uitdiepen van de ondiepste plaatsen, en het gevolg van dezen arbeid was, dat schepen, die 6 voet diepgang hadden, bij springvloed tot Glasgow konden komen.

Door de invoering van stoombaggermolens op de Clyde zijn er belangrijke verbeteringen aangebragt in het vaarwater van de rivier. In 1824 werd de eerste stoombaggermolen verkregen, die nu aan de stad Dumbarton behoort en te werk gesteld wordt op de rivier Leven, tusschen den voet van Loch Lomond en de Clyde. Destijds kwamen de handelschepen van Liverpool met 11 voet diepgang bij springtij tot Glasgow. (Figuren 7, 8 en 9 van plaat 4 toonen de diepte van het vaarwater op drie verschillende tijdstippen aan). In 1831 waren er twee schepen, die 13 voet diep gingen; in 1836 zes schepen van 15 voet; in 1839 één schip van 17 voet; in 1853 twee schepen van 19 voet; in 1860 acht schepen van 19 voet; in 1863 twee schepen van 21 voet diepgang, die allen tot Glasgow kwamen. Zie figuur 9 van plaat 4.

De tonneninhoud (1) van de gaande en komende schepen te Glasgow bedraagt nu jaarlijks meer dan drie millioen; en de geringste diepte bij laag water is nu niet minder dan 12 voet, met eene rijzing van 9 voet bij gemiddeld springtij en 7 voet bij dood getij.

Het uitdiepen en verbreeden van het vaarwater gaat nog steeds voort, en de krachtigste werktuigen worden gemaakt om den arbeid te bespoedigen. De diepte over de geheele lengte van de rivier tot Glasgow is nu 15 voet bij laag water; dit geeft 24 voet (7m.315) bij springvloed en 22 voet bij dood getij.

Wat den aard van de uitgebaggerde gronden betreft, de grootste hoeveelheid komt voort uit de riolen van de stad, die zich allen in de haven ontlasten, waar de uitwerpselen blijven liggen; ook wordt uit de bovenrivier eene aanzienlijke hoeveelheid zand afgevoerd, dat zich voornamelijk achter de Glasgow-brug ophoopt. Een van de twee groote dubbele baggerwerktuigen wordt gestadig in de haven aan den gang gehouden, waarvan het onderhoud jaarlijks 11 000 pond sterling kost; drie vierden van deze som worden besteed voor de uitbaggering van het stadsvuil.

De geheele baggerinrigting van de rivier bestaat uit twee groote dubbele baggermolens, afgebeeld op plaat 4, en drie enkele, te zamen vijf. Hierbij behooren 350 ponten, die elk 8 teerling yards of 10 ton materiaal kunnen laden; nog een sleepstoomer

(1) Voordragt gehouden in *the Institution of Mechanical Engineers*.

(1) Volgens het jaarboekje van het Instituut is 1 scheepston = 1.189 243 teerling meters = 2000 pound A. d. p. = 907.18 kilogrammen, 1 ton van 20 cwt. = 1 016 kilogrammen.

van 80 paardekrachten, en vier schroeflaadbooten met trechters, elk van 300 ton inhoud en voorgesteld op plaat 4. Gedurende de laatste 20 jaren zijn er 8 114 872 teerling yards of 10 143 590 ton uitgebaggerd geworden; in de laatste helft van 1863 en de eerste helft van 1864 gezamenlijk 632 272 teerling yards of 790 340 ton.

Zie hier eene algemeene beschrijving van een' der gebezigde groote baggermolens. (Plaat 4, waar figuur 1 eene lengte-doorsnede is, figuur 2 de helft van den platten grond, figuur 3 eene dwarsdoorsnede; deze molen heet n° 6.)

De eerste dubbele baggermolen n°. 1 werd in 1851 vervaardigd door de heeren Murdoch, Aitken en Comp., uit Glasgow. De romp is van ijzer, 98½ voet (30 meters) lang, 31 voet (9m.45) breed en 10 voet (3m.04) diep, met 5 voet (1m.52) diepgang.

De machine is een regtstreeks werkend scheeps-stoomtuig, met cilinder van 37 engelsche duim (0m.94) en 3 voet (0m.914) zuigerslag, en maakt ongeveer 33 omwentelingen in de minuut. De ketel is met vuurgangen voorzien en heeft vier vuurhaarden; de stoomspanning bedraagt 4 engelsche ponden overdruk (0.281 kilogram per vierkanten centimeter; zie *Jaarboekje* 1866, blz. 109). De machine verbruikt ongeveer 44 centenaars (2 235 kilogrammen) kolen in een' werkdag van 10 uren. De ramen voor de emmers zijn van hout, versterkt door ijzeren stangen, en de emmers kunnen in 22½ voet (6m.86) waterdiepte baggeren. De emmers zijn 38 in getal aan elken kant en elke bevat, vol geladen, 3½ teerling voet (99 teerling decimeters.)

De beweging wordt door de machine aan het bovenste wiel medegedeeld door eene as of stang van gegoten ijzer.

Dit wiel maakt ongeveer 6½ omwentelingen of haalt 13 emmers in de minuut op, maar dewijl de emmers nimmer geheel vol zijn, is de opgebragte hoeveelheid, als men in goede stof werkt, ongeveer 10 ton in de vier minuten of ongeveer 2 teerling voet (56.63 teerling decimeter) per emmer. In het jaar, dat met Junij 1864 eindigde, was de geheele door dezen molen uitgebaggerde hoeveelheid 143 360 teerling yards (109 600 teerling meters) of 179 200 ton, en dewijl het gezamenlijk getal werkuren 2 483 bedroeg, is de gemiddelde hoeveelheid per werkdag van 10 uren uitgebaggerd: 720 ton.

De stof wordt gelost aan den achtersteven van dezen molen, welke inrigting verkozen werd boven het lossen op zijde, dewijl de ponten nu minder ruimte innamen, maar deze manier heeft het nadeel tijdverlies te veroorzaken, dewijl eene gevulde pont moet worden verhaald, voor dat eene andere eene lading kan ontvangen. Een ander nadeel is, dat onder het werken bij vloed in de benedengedeelten van de rivier, waar de stroom veel sterker is dan in de haven, de ponten bijna onhandelbaar worden, daar de stroom ze zoo sterk tegen den achtersteven van den baggermolen drukt, die altijd met zijn voorsteven stroomopwaarts vastgemeerd ligt, dat het omdraaijen van de gevulde ponten een zwaar werk wordt; het werken bij vloed in de benedenrivier werd dan ook zooveel mogelijk vermeden.

De prijs van dezen baggermolen was 8 500 pond sterling. De bemanning voor den baggertoestel en de ponten bestond in het geheel uit 18 man, namelijk den kapitein, den stuurman, den ingenieur, den stoker, één man aan de kraan van den voorsteven, een' man aan den achtersteven, een' man aan de pomp (*wellman*), twee man op het dek, een' kok, een' waker en zeven man voor de ponten. De uitgaven voor den arbeid hebben beloopen gedurende het jaar, dat den 30sten Junij 1863 eindigde:

	pond st.	sh.	d.
Loonen	916	19	2
Kolen	204	10	7
Victualiën	73	11	5
Te zamen	1195	1	2

en de gemiddelde jaarlijksche onkosten voor herstellingen ongeveer 580 pond sterling.

De dubbele baggermolen n°. 6, voorgesteld in plaat 4, werd in 1855 vervaardigd door de heeren Thomas Wingate en Comp. uit Glasgow, en is zoo ingerigt, dat op zijde gelost wordt, ten einde tegemoet te komen aan de hierboven ontvouwde bezwaren bij arbeid in de benedenrivier, waarvoor deze eene hoofdzakelijk bestemd en gebruikt is geworden. De bemanning van dezen molen, afgezonderd van die aan boord der vier schroeflaad-booten is twaalf personen in het geheel, namelijk de kapitein, de ingenieur, de stoker, de stuurman, de kok, de wachter en 6 man op het dek. Toen de schroeflaad-booten nog niet in de plaats van de kleine ponten gekomen waren, vorderde deze machine eene bemanning van 21 personen. De uitgaven voor den arbeid beliepen, gedurende het jaar dat met Junij 1863 eindigde, en bij gebruik van de schroeflaadbooten:

	pond st.	sh.	d.
Loonen	562	1	4
Kolen	171	1	6
Victualiën	95	4	6
Te zamen	828	7	4

De gemiddelde jaarlijksche onkosten voor herstellingen bedragen ongeveer 989 pond sterling, welke som aanmerkelijk grooter is dan die voor den baggermolen n°. 1; want dewijl de laatste in zachten, vetten modder werkt, slijten de scheppers en schalmen niet zoo spoedig als in zand; n°. 6 verkeert in dit geval.

De door ons afgebeelde baggermolen is geheel van ijzer gebouwd en 120 voet (36m.58) lang en 33 voet (10m.06) breed met een' platten bodem en 5 voet diepgang; de platen zijn $\frac{7}{16}$ duim (1.1 decimeter) dik aan den bodem en $\frac{5}{16}$ duim (0.8 decimeter) aan de zijden. De twee ketels *AA*, figuren 1 en 2, in het midden van het vaartuig geplaatst, zijn cilindrische ketels met vuurgangen van 6 voet (1m.83) middellijn, en 15 voet (4m.57) lengte; de stoom werkt met 3 engelsche ponden overdruk (0.211 kilogrammen per vierkanten centimeter), en het verbruik van kolen bedraagt ongeveer 2½ ton (2 540 kilogrammen) per werkdag van tien uren.

Het werktuig *B* is een enkelwerkend zij-balans-stoomtuig, met cilinder van 37 duim (0m.95) middellijn en 3 voet (0m.91) zuigerslag, dat met eene snelheid van ongeveer 32 omwentelingen in de minuut gaat en de trommelassen *CC* van de twee schepper- of emmer-ramen *DD* met de snelheid van 6 omwentelingen in de minuut drijft. Elk stel scheppers kan in rust of beweging gebragt worden, onafhankelijk van het andere, door middel van vangen, die door een' hefboom op het dek worden bestuurd.

Het vermogen wordt aan de trommelassen *CC* medegedeeld door

wrijvingsrollen *EE*, die zoo aangebragt zijn, dat zij slechts een bepaald vermogen overdragen, en slippen, zoodra de wederstand die grens overschrijdt, bijvoorbeeld, als de scheppers te diep in den grond snijden of eenigen hinderpaal ontmoeten; door dit middel wordt elke kans van beschadiging der machinerie voorkomen. Eene van deze wrijvingsrollen is op groote schaal voorgesteld in de figuren 4 en 5. Deze bestaat uit een ring, draaijende in een' anderen, waarvan de binnenste *F* vastgekegd is op de as en eene cilindrische sleuf van regthoekige doorsnede heeft, die in den rand gedraaid is, wijd 8½ duim (0m.216) en diep 1 duim (0m.025), waarin eene reeks gegoten ijzeren segmentblokken *I*, *I* passen. Deze worden in sleuven in den buitensten ring *G* opgesloten, en worden elk tegen den binnensten ring gedrukt door eene stelschroef, die zoo gesteld wordt, dat zij de vereischte wrijving geeft om den binnensten ring *F* en het daarmede verbondene tandrad te drijven.

De emmer-ramen of bagger-ladders *DD* bestaan elk uit een paar liggers van plaatijzer, 77 voet (22m.47) lang en 3 voet 9 duim (1m.15) hoog in het midden, evenwijdig aan elkander op 2 voet 3 duim (0m.69) onderlingen afstand en door plaatijzeren schoren aan elkaar verbonden. Eene doorsnede der helft van een der emmer-ramen is voorgesteld in figuur 6. Deze ramen zijn voorzien van eene rij gegoten ijzeren rollen, waarover de schalmen loopen, en van een gegoten ijzeren rad of trommel *C* en *H*, figuur 1, aan het boven- en het benedeneind, waardoor de schalmen worden bewogen. Elke ladder is aan het boveneind ondersteund door gegoten ijzeren blokken, die stevig vastgebout zijn aan het hoofdgeraamte van den baggermolen. In deze blokken draait de as van het bovenste wiel *C* vrij rond en om de blokken draait de ladder als zij hooger of lager gesteld wordt; op die wijze draagt de as van het bovenste rad *C* niets van het gewigt der ladder *D*. De as *C* is van gesmeed ijzer en draait in metalen bussen in kussenblokken, die vastgebout zijn aan het hoofdgeraamte van den baggermolen. Elke ladder werkt in eene vertikale afgesloten sleuf *K* (figuren 2 en 3), die door den bodem van het vaartuig gaat.

Er zijn 41 emmers of scheppers aan elke ladder, waarvan er een afzonderlijk is afgebeeld in figuur 10, die eene vertikale doorsnede en een' platten grond vertoont van de achterzijde. De emmers zijn vervaardigd van $\frac{5}{16}$ duims (0m.008) geslagen ijzeren platen, gebogen en geklonken, met een' platten rug van ½ duim (0m.013) dikte, waarop vier gesmeed ijzeren staven *JJ* met oogen aan de einden zijn geklonken. Deze zijn onderling gekoppeld door de twee tusschenschalmen *LL*, drie duim (0m.076) vierkant en opgesloten met 2¼ duims (0m.057) verstaalde bouten; het geheel vormt eene aaneengeschakelde keten met 2 voet (0m.61) onderlingen afstand van de schalmen. De bouten kunnen niet draaijen in de oogen van de schalmen *J*, die niet verstaald zijn, en de oogen van de tusschenschalmen *L* zijn met staal bekleed aan den kant, waar zij de meeste slijting ondervinden.

In een' anderen baggermolen n°. 7, die het laatst gemaakt werd, is besloten tot het leggen van eene harde stalen bus van $\frac{5}{8}$ duim (0m.016) dikte in de oogen van de enkele schalmen *L*, terwijl zij heet zijn; als zij versleten is, wordt deze bus er uitgeslagen en eene andere er in gelegd, zoodat de oogen van de schalmen in het geheel niet slijten. De mond van den emmer is 1¼ duim (0m.032) dik aan de punt, afnemende tot ½ duim (0m.013) aan de zijden, en is aan den buitenkant bekleed met staal van ½ duim (0m.013) dikte, dat op het plaatijzer geweld is, gelijk de arceringen van figuur 10 aantoonen; de mond heeft den vorm van eene schop, om de uit te baggeren stof uit te krabben, daar achtereenvolgens elke emmer onder het benedenste rad *H* van de ladder doorgaat, figuren 1 en 3.

De diepte, waartoe de emmers doordringen, wordt geregeld door de draagketen *M* (figuur 1), die bevestigd is aan het benedeneind van het emmerraam *D*; de door het windas of den trommel *N* te verkrijgen rijzing bedraagt 26 voet in de minuut. Dit windas wordt in beweging gebragt door eene kleine stang van het stoomwerktuig, die door eene vangbus en eene wrijvingsrol gaat, even als die welke de emmers in beweging brengen; de beweging wordt door eenen hefboom op het dek geregeld. De diepte van de uitbaggering wordt telkens onder het werk gepeild door een' man, die bij de kettingsleuf *K* staat, eene peilroede in de hand houdt, welke tot den rivierbodem reikt, en den hefboom zoowel als eene vang in zijne nabijheid heeft, ten einde het emmerraam te kunnen neerlaten en alzoo de emmers steeds gelijkelijk diep te doen scheppen, naar gelang van de oppervlakte van den grond. Ook is eene zelfregistrerende peilschaal op het dek geplaatst, zoodat de kapitein door een' blik op den stand van het emmerraam kan zeggen op welke diepte beneden de oppervlakte van het water de punten van de emmers werken. De grootste diepte, waarop deze baggermolen kan werken, is ongeveer 28 voet (8m.50).

De voorwaartsche beweging voor het insnijden van de emmers wordt voortgebragt door den ketting aan den voorsteven *O*, die 1 duim (0m.025) middellijn heeft, en vastgemaakt is aan een éénarmig anker, dat 12 centenaars (610 kilogrammen) weegt, en ongeveer 600 voet (183 meters) voor het vaartuig ligt uitgeworpen als men aan het begin van eene uitdieping is. De ketting wordt met eene zachte beweging door het windas *P* ingehaald, dat door eene tweede kleine stang van het stoomwerktuig, met behulp van eene vangbus en eene wrijvingsrol, gedreven wordt, en een stel vervangraderen heeft tot regeling van de voorwaartsche beweging, naar gelang van de geaardheid der uit te baggeren gronden. Deze beweging wisselt af van ongeveer 4½ voet (1m.37) per minuut in zacht zand tot 1½ voet (0m.46) per minuut in harde stof. Het uitdiepen geschiedt in evenwijdige sleuven van ongeveer 120 voet (36 meters) lengte. Een windas met twee meerkettingen *R* aan den achtersteven van het vaartuig stelt in de gelegenheid om den baggermolen achterwaarts te bewegen tot het uitdiepen van eene tweede sleuf, evenwijdig aan de vorige. Dit windas wordt gedreven door eene kleine hulpmachine van hooge drukking, met een paar 12 duims (0m.305) cilinders, waarbij de baggertoestel en het stoomwerktuig in rust blijven zoo lang men het vaartuig naar achteren werkt; dit duurt ongeveer 15 minuten, daar de snelheid ongeveer 8 voet (2m.4) per minuut is. De twee trossen *SS*, figuur 2, aan beide zijden van den baggermolen, dienen om hem onder het voorwaarts schrijden niet zijdelings te doen afwijken en hem in de nieuwe uit te diepen sleuf te verplaatsen; zij worden gevierd en ingehaald door de lieren *TT*, die door het stoomwerktuig of wel door handen worden gedraaid. De kleine werpankers voor deze trossen zijn voor het vaartuig geplaatst, zoodat de trossen, wanneer de molen bij het begin van eene uitdieping is, eenigzins in den stand zullen verkeeren, die in den platten grond, figuur 2, is aangegeven; de trossen worden

ook des noods om leiblokken geslagen, dewijl het wenschelijk is, dat zij zoo veel mogelijk een' regten hoek met den baggermolen vormen. De twee werptrossen worden neergelaten of uitgestoken (gevierd), als eenig vaartuig langs den baggermolen komt, maar onmiddellijk weder gespannen als het voorbij is.

De baggermolen n°. 6 is nu negen jaren aan den gang geweest en heeft geene enkele herstelling gevorderd behalve aan slijting van de emmers, schalmen en rollen, en de gewone herstellingen aan den romp, enz. De bovenste trommel echter bleek te laag gesteld te zijn voor de behoorlijke plaatsing van den trechter, waardoor de schroefschuiten geladen worden. Zij werd dus $2\frac{1}{2}$ voet ($0^{m}.76$) hooger gesteld. De verstaalde monden der emmers duren een werkjaar van ongeveer negen maanden, na verloop van welken tijd de emmers geheel nagezien en hersteld moeten worden. De bouten en schalmen der emmerkettingen duren over het algemeen ongeveer vier maanden, en worden vervangen als het noodig is; een voorraad duplicaten wordt daartoe aan boord bewaard. De rollen, waarover de emmers loopen bij het opgaan van de ladder, zijn van gegoten ijzer en 1 duim ($0^{m}.025$) dik, met gesmeed ijzeren spillen, die van $1\frac{5}{8}$ duim ($0^{m}.041$) dikke halzen voorzien zijn, met staal bekleed, dat ongeveer drie maanden duurt alvorens uitgesleten te zijn; deze loopen in kleine gegoten ijzeren sporen, met harde houten klossen, die op de bovenflens van de ladder bevestigd zijn en gemakkelijk na uitslijting vernieuwd worden; de gegoten ijzeren sporen duren bijna twee maanden, en de houten klossen ongeveer negen maanden. Elke emmer weegt $5\frac{1}{4}$ centenaar (267 kilogram), en het totaal gewigt van elk stel emmers met schalmen is ongeveer $7\frac{1}{2}$ centenaar (381 kilogram). De teerling inhoud van elken emmer is $3\frac{3}{4}$ teerling voet ($0^{m}.106$), en de gemiddelde hoeveelheid materiaal, die door elken emmer naar boven wordt gebragt, is, als men in zand werkt, ongeveer 2 teerling voet ($0^{m}.057$). Het getal geledigde emmers is per minuut 13 tot 14, met de regelmatige snelheid van ongeveer $6\frac{1}{2}$ omwenteling van den bovensten trommel in de minuut.

De hoeveelheid, die in een' werkdag van tien uren wordt uitgebaggerd, verschilt zeer veel naar de geaardheid van de stof. Waar de baggermolen n°. 6 nu aan het werk is, ongeveer $1\frac{1}{4}$ engelsche mijl beneden de rivier Leven, is de maatstaf 150 ton per uur werkens, terwijl de hoeveelheid misschien slechts de helft hiervan bedraagt in harden grond. Als men de uitkomsten, in het laatste jaar met deze machine verkregen, beschouwt, namelijk 303 957 ton in 2680 uren, dan is de gemiddelde opbrengst voor een' werkdag van 10 uren 1134 ton, of $113\frac{1}{2}$ ton per uur. De geheele hoeveelheid materiaal, in het jaar, dat den 30sten Junij 1864 eindigde, door de twee groote machines n°. 1 en n°. 6 uitgebaggerd, beloopt 386 752 teerling-yards, waarvan ongeveer 250 000 kunnen geacht worden het vaarwater op de diepte te helpen houden, en het overige als bestemd om het steeds te verwijden en dieper te maken.

De kosten van het uitbaggeren per teerling-yard door den molen n°. 1 in het jaar, dat den 30sten Junij 1863 1864?) eindigde, bedroegen als volgt (de stof werd met ponten weggevoerd):

Loonen, kolen, herstellingen enz. benevens 5 percent rente	3.02 pence.
Herstelling van de ponten	1.59 »
Overbrengen. . .	4.61 pence.
Overgebragt. . .	4.61 pence.
Slepen van de ponten naar en van de losplaats . .	2.28 »
Lossen van de ponten met wagens	12.29 »
Totaal van de baggerkosten per teerling yard . .	19.18 pence.

De kosten over hetzelfde tijdvak met den molen n°. 6 bedroegen als volgt (de stof werd met de schroefschuiten weggevoerd):

Loonen, kolen, herstellingen enz. benevens 5 percent rente	4.06 pence.
Lossen door de groote schroefschuiten / Loonen, kolen, herstellingen, enz.	2.30 »
Totaal van de kosten per teerling yard . . .	6.36 pence.
Of per teerling meter	*f* 0.42 (1).

Gedurende dit jaar werkte de molen n°. 6 nabij de twee uiterste einden van de rivier, en daar hij gedurende de helft van den tijd door slechts twee schroefschuiten in plaats van vier bediend werd, ging er noodwendig veel tijd verloren. Men heeft dit sedert verholpen door meer booten te doen maken.

Over de uitgebaggerde stof wordt op verschillende wijzen beschikt. Die, welke in de 10-tons ponten wordt geladen, wordt door sleepbooten stroomafwaarts gebragt op eenig gemakkelijk gelegen punt van de rivier, en daar met kruiwagens of karren op de nabij gelegene oevers of velden gelost. Die, welke in de schroefschuiten (in lengte- en dwarsdoorsnede in figuren 11 en 12 van plaat 4) wordt geladen, wordt naar Loch Long gevoerd, beneden den mond der Clyde, en uitgestort door de luiken *U* in den bodem van de laadruimte *W* te openen, gelijk in figuur 12 door gestippelde lijnen is aangeduid. Ter plaatse waar gestort wordt, is het water meer dan 200 voet (60 meter) diep, en de mond van de Loch is ongeveer 27 engelsche mijlen beneden Glasgow; de schroefschuiten, die nu te werk zijn gesteld, bevatten elk 300 ton uitgebaggerde stof, en stoomen met eene snelheid van 8 tot 9 engelsche mijlen in het uur. Dit is verreweg de goedkoopste wijze om het uitgebaggerde materiaal te vervoeren, gelijk blijkt uit de bovenstaande opgaaf van de kosten der twee wijzen van werken; de uitkomst is dan ook zoo bevredigend geweest, dat twee nieuwe schuiten gebouwd worden, die elk 400 ton voeren en het getal tot zes brengen. Figuur 12 vertoont de vletschuit, terwijl zij gevuld wordt door den trechter *V* van den baggermolen.

Ten slotte zij gemeld, dat een grooter en krachtiger enkelvoudige baggermolen tegenwoordig vervaardigd wordt voor de Clyde Trust (commissie) door de heeren A. en J. Inglis, uit Glasgow. De afmetingen van dezen baggermolen zullen zijn: grootste lengte 157 voet (48 meter), grootste breedte 29 voet ($8^{m}.84$), diepte 10 voet 9 duim ($3^{m}.27$), en een vermogen om in meer dan 30 voet ($9^{m}.15$) diepte te werken. Het stoomwerktuig zal horizontaal zijn, met cilinders van 44 duim ($1^{m}.12$) middellijn en 3 voet ($0^{m}.915$) zuigerslag; de ketel zal tubulair zijn en met 25 engelsche ponden per vierkanten engelschen duim (35.555 kilogrammen per vierkanten centimeter) overdruk kunnen werken. De emmers zullen 39 in getal zijn, op zijde van het vaartuig lossen, de onderlinge afstand der emmers 30 duim ($0^{m}.76$) en elke emmer zal, volgeladen, $13\frac{1}{2}$ teerling voet (382 teerl. decimeter) inhouden. De platte rug van de emmers en de dubbele

(1) Vgl. *Uittreksels uit vreemde tijdschriften*, 1852—1853, blz. 60—63. (Vert.)

schalmen zullen van week gegoten ijzer gemaakt worden; de schalmen stevig er aan vastgegoten. Deze inrigting is bevonden meer dan dubbel zoo lang te duren (zonder herstelling te vereischen) als de gewone ruggen met geklonken schalmen, die in plaat 4 zijn afgebeeld. De rollen voor de emmers zullen geene spillen noodig hebben, dewijl zij van halzen zullen worden voorzien, die op de einden van de rollen worden gegoten en de spillen zullen vervangen. De as van de benedenste schijf zal van gesmeed ijzer zijn en met sterke ringen of hoepels voorzien worden, zoodat de ringen gemakkelijk uitgenomen en vervangen kunnen worden als zij versleten zijn. Het eenige verschil van belang met de tegenwoordig in gebruik zijnde baggermolens zal bestaan in gegroefde wrijvingsraderen voor het drijven van den trommel, die de baggerladder opligt, in stede van tandraderen met een wrijvingsrol, zooals hierboven beschreven is. De gezamenlijke kosten voor dezen molen zullen ongeveer 17 000 pond sterling beloopen.

In het mondeling onderhoud na deze voordragt zeide de heer W. Simons, dat hij de schroefschuiten gebouwd had, die bij de baggermolens op de Clyde gebruikt werden, en eerst sinds twee jaren waren ingevoerd; vroeger waren 350 van de vierkante ponten noodig geweest om de uitgebaggerde stof weg te voeren, maar vier van de schroefschuiten deden nu het werk van de 120 ponten, die vroeger één' baggermolen bedienden. Elke schuit hield 300 ton en was 120 voet ($36^{m}.5$) lang, 24 voet ($7^{m}.3$) breed en had, geladen, $8\frac{1}{2}$ voet ($2^{m}.6$) diepgang; de machine was van 40 paardekrachten met 21 duimen ($0^{m}.53$) zuigerslag, en dreef eene schroef van 7 voet ($2^{m}.14$) middellijn; de snelheid was 9 mijlen (16.666 kilometer) in het uur, onverschillig of de boot geladen of ledig was. De commissie van de Clyde-werken was er op bedacht de oude ponten eens vooral af te schaffen, en alleen de schroef te bezigen voor het wegvoeren van de uitgebaggerde stof. De schuiten werden in ongeveer 70 minuten geladen, en gingen de rivier af tot Loch Long, op ongeveer 50 engelsche mijlen van Glasgow (1), waar al de uitgebaggerde stof door de valdeuren van den bodem uitgestort werd. In twee der booten werd de waterpers aangewend om de valdeuren van den bodem te sluiten en te openen, en in de andere een gewoon windas, dat gebleken was beter te voldoen. De gezamenlijke onkosten van het werken met de baggermolens en schroefbooten beliepen ongeveer 2 pond sterling 5 shilling per dag (*f* 27), hieronder begrepen de loonen, brandstof, olie en het smeer; en de uitkomst van het bezigen der schroefschuiten was eene vermindering der baggerkosten van ongeveer 1 shilling (*f* 0.60) per ton uitgebaggerde stof, toen de ponten gebruikt werden, tot slechts 4 pence (*f* 0.20) met de schroefschuiten, hetgeen eene besparing gaf van tusschen de 19 000 en 20 000 pond sterling in het jaar. Door dit stelsel van baggeren, meende hij, zou het mogelijk zijn eene landstad in eene zeehaven te veranderen, zooals Preston, Lancaster, Manchester of Parijs, als er slechts een riviermond in zee was om de uitgebaggerde stof weg te voeren; het eenige, wat noodig was, waren baggertoestellen en booten van genoegzaam vermogen en inhoud voor het te verrigten werk, aangezien de dubbele baggermolens, die nu op Clyde werken, elk ongeveer 1100 ton per dag ophaalden bij regelmatigen, onafgebroken arbeid, gelijk in de voordragt was vermeld. Omstreeks het jaar 1800, toen de diepte der rivier te Glasgow slechts 3 voet was bij hoogwater, was de jaarlijksche opbrengst van de schepen, die de Clyde opvoeren, slechts 3320 pond sterling, maar in 1825, toen de rivier door uitbaggeren tot 12 voet was uitgediept en schepen van 300 tonnen veroorloofde op te varen, was de opbrengst gestegen tot 9 000 pond sterling; terwijl in 1863, toen de diepte was toegenomen tot 22 voet bij hoogwater ($6^{m}.7$), de opbrengst 118 000 pond sterling beliep en het vaarwater toereikende was voor den «Black Prince,» een gepantserd fregat van 6 000 ton, door den voorzitter gebouwd en het grootste vaartuig, dat ooit in de Clyde was te water gelaten.

(1) Vgl. hierboven: 27 miles. (Vert.)

De voorzitter vroeg, hoeveel tijd er noodig was om de schroefschuiten te lossen met behulp van de valdeuren in den bodem, en hoe deze geopend werden.

De heer Simons hernam, dat er slechts 4 of 5 minuten noodig waren om de geheele lading van 300 tot 320 ton te lossen. Er waren 12 deuren of zes paren op den bodem, met gehengen aan den ijzeren bak bevestigd, en aan de binnenzijde met hout beschoten; de deuren werden voor het uitstorten neergelaten door de kettingen los te laten, die ze gesloten hielden als de laadruimte vol was. De kettingen gingen over schijven in den lengte-ligger, die zich boven de laadruimte van het eene eind tot het andere uitstrekte.

De heer W. E. Newton deed opmerken, dat sinds vele jaren een baggertoestel van eene andere inrigting in verschillende gedeelten van de Vereenigde Staten met zeer gelukkigen uitslag was gebruikt geworden, uit een' grooten emmer bestaande, die bevestigd was aan het eind van een' langen hefboom, welke door kettingen bewogen werd; de emmer werd neergelaten en langs den rivierbodem gesleept tot vulling, daarna door den hefboom opgeligt en horizontaal rondgezwaaid naar de plek, waar de stof moest gestort worden, die men door eene deur in den bodem van den emmer in de schuit liet vallen. Gemiddeld voerde de emmer bij elken slag 26 teerling voet grond (736 teerling decimeter) naar boven. Deze wijze van werken scheen hem eenvoudiger toe dan de gewone baggertoestellen in Engeland, gelijk er een in de voordragt beschreven was; in allen gevalle was zij veel minder kostbaar, en veroorloofde het rondzwaaijen van den emmer naar elke plek, waar men de stof in de boot wilde laden, terwijl bij de gewone baggerwerktuigen de boot op eene bepaalde plaats moest gebragt worden om de stof uit den trechter van den molen te ontvangen.

Hij had een werktuig gezien, volgens dit beginsel ingerigt en bekend «als amerikaansche uitdieper», eenige jaren geleden beproefd aan den spoorweg van de oostelijke graafschappen (*Eastern Counties Railway*), in de nabijheid van Brentwood, tot het uitdiepen van eene inkapping.

De heer Maudslay vroeg, of de wrijvingsrol van den in de voordragt beschreven baggertoestel, onder den arbeid voldoende bleek door altijd los te laten, als de emmers in te harden grond kwamen of te diep in den bodem schepten, of eenigen anderen hinderpaal ontmoetten.

De secretaris zeide, dat hij den baggermolen aan den gang gezien had in de Clyde, en de wrijvingsrol bleek ten volle aan hare bestemming te beantwoorden. De schroeven van de wrijvingsblokken werden aanvankelijk gesteld volgens de drukking, die noodig was voor den gewonen arbeid, en bleven dan onveranderd zonder eenige verdere aandacht onder het werk te vorderen.

Hij had gezien, dat het emmerraam een weinig neergelaten werd

om de emmers trapsgewijze dieper in het rivierbed te doen scheppen, tot dat de weerstand juist toereikend was om de wrijving van de blokken te overwinnen, als wanneer de emmers ophielden te werken, terwijl de drijvende katrol of ring voortging met draaijen buiten de wrijvingsrol; maar zoodra men het emmerraam weder een weinig ophief, geraakte de wrijvingsrol weder in beweging, naar mate de weerstand afnam, en de geheele toestel werkte volkomen zacht en vlug. De ingenieur van den baggermolen had verklaard, dat de wrijvingsrol geen ongemak gegeven had, en dat er geen bezwaar in gelegen was, ze naauwkeurig zoo te stellen als voor den arbeid vereischt werd. Dezelfde soort van wrijvingsbus werd ook aangewend bij den ligtingstoestel, waardoor het eind van het emmerraam opgeheschen en neergelaten werd; zoodat alle deelen van de machinerie trapsgewijze in beweging en tot rust kwamen, daar de wrijvingstoestel gestadig in werking werd gebragt om aan de bezwaren in waterpas en grondsoort van het rivierbed het hoofd te bieden en elke spanning te voorkomen.

De voorzitter deelde nog mede, dat tegenwoordig op de Clyde een toestel voor het baggeren langs de werven in de haven gebezigd wordt, die eenige overeenkomst heeft met den bedoelden amerikaanschen en bestaat in eenen krabber of ploeg, bevestigd aan een langen staak, die bestuurd wordt van den oever of uit eene pont op de rivier, en langs den hoek der werven gebruikt wordt om de stof binnen het bereik van den baggermolen te brengen, als deze niet gemakkelijk op de zijde van de werf kan uitdiepen.

De baggertoestellen, in de voordragt beschreven, hebben groote voordeelen voor Glasgow afgeworpen. In 63 jaren werd de diepte van 3 voet tot 22 gebragt. Sinds de invoering van de stoomvaart had de meeste verbetering plaats gevonden. De stoomslepers gaven het eerst aanleiding tot het snel uitdiepen van de rivier door baggeren; de meerdere inkomsten, uit de schepen van grooter tonnenlast getrokken, verschaften de middelen tot zwaardere uitgaven voor baggeren; alzoo namen de diepte van de rivier en de voordeelen voor de stad hand aan hand toe.

OVER DE VEREENIGING VAN HOUT EN METAAL, TOEGEPAST IN DEN BOUW VAN OORLOGSCHEPEN, DOOR ALEXANDER M'LAINE (1).

(*The Civil Engineer and Architect's Journal*, 1865, July.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

Na te hebben doen uitkomen dat schepen, uitsluitend van hout, vermoedelijk niet meer voor oorlogs-doeleinden zullen worden gebouwd, en dat het nog noodzakelijk blijft tot hout de toevlugt te nemen, ten einde de roodkoperen huid of die van *yellow metal* [twee derden koper en één derde zink] te bevestigen, doet de heer M'Laine verder opmerken, dat de sterkte van een ijzeren schip in zijnen wand bestaat en niet in zijn geraamte; daarom moet de oplossing van het vraagstuk niet gezocht worden in een ijzeren geraamte met eene houten bekleeding. Ook schrijft hij de spoedige vernieling van het ijzer, al is het niet onmiddellijk aan den invloed van de koperen huid blootgesteld, aan de werking van den galvanischen stroom toe, die voortgebragt wordt door het sijpelen of doorlekken van met koper bezwangerd water in de ruimte tusschen de ijzeren huid of spanten en de buitenbeplanking. Hij trekt hieruit het besluit, dat, indien deze ruimte volkomen schoon en droog kon worden gehouden, zonder de vuile lekkages in aanraking met het ijzer te brengen, het gebrek in groote mate zoude zijn verholpen. De bezwaren van het volkomen digthouden van een schip zijn zeer ernstig, en de spreker achtte het verkieslijk de lekkages van het ijzer verwijderd te houden door de schepen te bouwen met eene kiel, een' voorsteven, een' achtersteven, inhouten en eene buitenhuid, bijna gelijk aan die van een gewoon houten vaartuig, maar in plaats van de houten binnenbekleeding, verlangt hij eene ijzeren, overal gesloten doorgaande in het vlak en de zijden van het schip, en volkomen waterdigt gemaakt, zoodat zij eene volmaakte ijzeren binnenbekleeding vormt met dekbalken, wegers, zaadhouten, schotten, dekverbanden, ook van ijzer. Het grootste gedeelte van het houten geraamte behoeft slechts afmetingen te hebben, voldoende om er de houten bekleeding met bouten op te bevestigen, en moet ingesloten worden tusschen ijzeren spanten, die tegen de buitenzijde van de ijzeren huid worden vastgeklonken. De houten spanten moeten met de ijzeren worden verbonden door gegalvaniseerde ijzeren doorgaande bouten, met schroefdraden of volle. De houten wrangen moeten diep in de neb zijn en hunne stijfheid vermeerderd door ijzeren platen aan elke zijde, vastgeklonken aan de spanten van hoekijzer, of wel ijzeren bodemstukken moeten aan de binnenzijde van de ijzeren huid worden aangebragt, ten einde het vereischte dwarsverband te bekomen. De binnenvoorsteven, de binnenachtersteven en de slemphouten moeten worden opgesloten tusschen en gebout aan zware hoekijzers, die op de ijzeren huid worden geklonken. De houten buitenhuid, voor zoover zij aan den invloed van de koperen huid is blootgesteld, moet aan de inhouten worden bevestigd met houten schroeven of met bouten van *yellow metal*. De bovendeelen van den romp moeten bij voorkeur van djatiehout zijn, en de ruimten tusschen de spanten ter hoogte van de pantsering volgezet met djatiehout of eenig ander geschikt materiaal; de ijzeren huid moet daar ook dikker zijn en met tusschenruimten moeten vulstukken worden aangebragt, om schoten te weerstaan en het schip te versterken. Doordien de ijzeren huid in het beschrevene stelsel van constructie volkomen digt is, kunnen geene vreemde stoffen in de ruimten tusschen de spanten komen, die in het ruim water zouden ontbinden en gassen voortbrengen, schadelijk voor dierlijk leven en bevorderlijk voor het bederf van hout, dat aan hunne werking is blootgesteld. Deze ruimten tusschen de spanten, die door gestadig pompen steeds droog zouden moeten worden gehouden, zouden bij uitstek geschikt zijn voor de invoering van een krachtig stelsel van luchtverversching door het schip, door het drijven van een' stroom versche lucht, van boven genomen, door het vak tusschen de zaadhouten, van hier door openingen in den bodem van het zaadhout, uitkomende in elke ruimte tusschen de buikstutten, vandaar opwaarts door de ruimten tusschen de spanten en naar het tusschendeks, door openingen in de ijzeren huid, van roosters en schuivende deksels voorzien, die de ventilatie kunnen regelen. Deze luchtverversching zoude van het hoogste belang zijn voor de bemanning, die bij elke weersgesteldheid op eene regelmatige en gemakkelijk te besturen wijze van versche lucht zou worden voorzien, en zoude tevens met weinig kosten de duurzaamheid van het schip ten hoogste bevorderen. Een werktuig van drie paardekrachten zoude vermoedelijk voldoend vermogen hebben voor de luchtverversching van een schip van 3000 ton.

(1) Uittreksel uit het verhandelde in eene vergadering van *the Institution of Naval Architects*.

OVER DEN BOUW EN HET BEKLEEDEN VAN IJZEREN SCHEPEN, DOOR DEN HEER DAFT (1).

(*The Civil Engineer and Architect's Journal*, 1865, July.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

Na te hebben aangetoond, dat verw en andere mengsels in de praktijk onvoldoende blijken te zijn om te beletten, dat ijzeren schepen aangroeijen, en zelfs niet blijven vasthechten, stelde de heer Daft voor de platen van ijzeren schepen zoo aan te brengen, dat zij eene gladde, doorloopende oppervlakte uitmaken, die een' goeden grondslag voor de verdubbeling aanbiedt. Hij wilde dit verkrijgen door eene sponning tusschen de eene plaat en de andere in de huid van het schip te laten; deze groeven moeten dan gebreeuwd of gevuld worden met djatiehout of wel eenig ander geschikt materieel, glad bijgewerkt. Er zouden dus evenzeer strooken noodig zijn in de lengte als in de hoogte, maar de heer Daft achtte deze manier voordeeliger en sterker dan de gewone manier van de platen over elkander te laten schieten en bovendien de snelheid bevorderende. Ook zonder dubbeling, beschouwde hij zulk eene oppervlakte als verkieslijk voor het blijvend aanhechten van de verw of het mengsel. Maar hij gaf de voorkeur aan dubbeling en wel met zink. Hij beweerde, dat dit metaal niet alleen, volgens de wet van het galvanisme, het ijzer beveiligt, maar dat ook de ligte afbladdering van het zink zelf, veroorzaakt door de galvanische uitwerking van zijne aanraking met ijzer, het zuiverder deed zijn dan koper en *yellow metal*. Hij vertoonde een monster, dat acht en twintig weken in het zeewater bij Southend was gedompeld geweest. Het bloote ijzer was zes of acht engelsche duimen dik bedekt met zeewier en dorens. Het zink was schoon en had slechts een vierentwintigste van zijne oorspronkelijke dikte verloren. Een monster uit eene overeenkomstige proef was in de galerij voor het zeewezen van het South-Kensington museum ten toon gesteld.

(1) Uittreksel uit het verhandelde in eene vergadering van *the Institution of Naval Architects*.

DE BRUG VAN SAINT-LOUIS TE PARIJS.

(Naar een opstel van F. Romany uit de *Annales des Ponts et Chaussées* van 1863 overgenomen in de *Zeitschrift des oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins*, 1865, S. 3.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

(Plaat 5.)

De ijzeren boog der brug van Saint-Louis, die een' arm van de Seine overspant, en het eiland van dien naam met de Cité verbindt, behoort tot de grootste tot heden uitgevoerde bogen, zoodat eene korte beschrijving van de zamenstelling gelijk van de uitkomsten der belastingsproeven niet van belang ontbloot zal zijn.

Beschrijving van het bouwterrein. Voorwaarden, waaraan de brug moest voldoen. — De Seine-arm tusschen de twee genoemde eilanden heeft eene afwisselende, gemiddelde breedte van 65 tot 70 meter en verbindt den zoogenaamden grooten Seine-arm ten noorden van Notre-Dame met den kleinen zuidwaarts gelegen arm.

De eerste voorwaarde, waaraan de te bouwen brug moest voldoen, was, dat zij slechts één opening, dus geen' tusschenpijler, hebben zou, ten einde de scheepvaart niet te hinderen.

Ten tweede mogt zij, wegens het straatpeil van de kade Napoleon, niet meer dan 9^{m}.51 boven den laagsten waterstand liggen.

Deze twee voorwaarden maakten het gebruik van plaat- of gietijzer noodzakelijk.

Eene andere beperking van den aanleg der brug bestond hierin, dat de as, wegens plaatselijke omstandigheden, een hoek van 78° met den rivier-arm moest vormen.

Dientengevolge werden de landhoofden voor een' ijzeren boog van 64 meter spanlengte (scheef gemeten) en 5^{m}.82 pijl aangelegd, en de oorsprong van den boog op 3^{m}.03 boven den laagsten waterstand vastgesteld, waaruit voor de hoogte in den top van den binnensten boog volgt: 8^{m}.85. Deze hoogte, met de daarbij te voegen dikte van den boog, liet toe, dat men, bij een verval van 2.5 centimeter per meter, te rekenen van het midden der brug, het straatpeil van de kade Napoleon niet overschreed (plaat 5, figuur 2.)

Afmetingen van de landhoofden. Wijze van funderen. — Het landhoofd ter regterzijde (bij het eiland St. Louis) werd op 6 meter voor den bestaanden ouden kaaimuur aangelegd; het landhoofd ter linkerzijde echter moest, wegens het voornemen van de gemeente tot den aanleg van eene nieuwe *morgue* op het eiland Notre-Dame, meer voorwaarts in de rivier worden aangelegd.

Vooraf gedane peilingen hadden uitgemaakt, dat men het regtsche landhoofd op eene slechts 1^{m}.3 dikke beton-laag, te rekenen van het laagste waterpeil, kon optrekken.

De fundering van het linker landhoofd zoude op gelijke wijze hebben kunnen plaats vinden: maar hier stortte in October 1860 een gedeelte van de oude kaaimuren in, zoodat de daar noodige baggeringen de waterdiepte tot meer dan 4 meter deden toenemen. Ten gevolge hiervan heeft men, in plaats van eenvoudig op beton te funderen, eene andere manier aangewend; er werden namelijk palen op 1^{m}.25 onderlingen afstand ingedreven, hiertusschen eene steenstorting van 1^{m}.5 hoogte aangebragt, en op deze eene laag beton van 2^{m}.5 dikte.

De dikte van de landhoofden bedraagt 10 meter. Het muurwerk is van gewonen breuksteen in portland-cement, waarbij 350 kilogrammen cement met 1 meter zand worden gemengd. De ondervinding omtrent de buitengewone hardheid, die het metselwerk bij aanwending van portland-cement bereikt, was eene voldoende reden om er bij dezen bouw partij van te trekken, te meer daar de landhoofden dadelijk na hunne voltooijing aan den druk van een' meer dan 1800 tonnen wegenden flaauwen boog en bovendien aan eene proefbelasting van meer dan 600 tonnen werden blootgesteld. Het verschil in prijs tusschen de twee mortelmengsels, namelijk van witten kalk met zand en van cement met zand is slechts ongeveer 10 franken per teerling meter. Bij gebruik van ongeveer 1000 teerling meters per landhoofd volgt eene meerdere uitgaaf van slechts 20000 franken, die niets bedwidt tegenover de gezamenlijke kosten van de geheele brug.

De breedte tusschen de leuningen is 16 meter. Hiervan zijn 10 voor den gepleisterden weg over de brug en 6 meter voor de voetpaden op zijde.

De landhoofden zoowel als de daaraan sluitende muren zijn van breuksteen, en alleen de buitenvlakken van de landhoofden binnen de eigenlijke brugbaan met bekapte steenen bekleed.

IJzeren bestanddeelen. — De uitvoering van den gietijzeren boog werd den heer Martin voor de som van 375000 franken gegund. De hoofdvoorwaarden van de levering waren:

1. Het gietsel zoude van de tweede smelting zijn.

2. Het op 764000 kilogrammen geraamde gewigt zoude door wegingen van beide partijen bepaald worden, waarbij 5 percent aan minder gewigt op de toegestane som zouden worden geduld, zonder den leverancier iets af te trekken. Bedroeg echter dit mindere gewigt meer dan 5 percent, zoo zoude 0fr.41 per kilogram worden afgehouden.

3. De verdeeling moest zoo geregeld zijn, dat de oppervlakte der doorsnede aan den top van den binnensten boog niet minder dan 86556 vierkante millimeter, en van den buitensten boog niet minder dan 52586 vierkante millimeter bedroeg.

4. De boog zoude met eene belasting van 600 kilogrammen per meter beproefd worden, en aanvankelijk gelijkmatig verdeeld over de geheele brug, maar daarna alleen over de halve lengte en breedte van de brug, waarbij de andere helft zou worden ontlast.

De tijd van oplevering werd op acht maanden na de goedkeuring van de aannemings-voorwaarden — 19 Februarij 1861 — vastgesteld.

Beschrijving van den boog. — De voornaamste of hoofdboog is uit verscheidene enkele gietijzeren bogen te zamen gesteld, die de bruggebaan dragen, welke uit kleine gewelven van gebakken steen bestaat, en met eene bestrating en trottoirs gedekt is (figuur 2.)

De hoofdbogen, negen in getal, zijn zoodanig geplaatst, dat zij de 16 meters breede brug in acht gelijke vakken, elk van 2 meters verdeelen (figuur 3.)

De buitenste bogen zijn met groote, ver vooruitspringende kegelvormige knoppen versierd (figuur 1.)

De binnenste bogen hebben den vorm van eene verticale rib van 0m.052 dikte aan de buitenzijde en van 0m.038 in het midden; zij zijn met twee randen van 0m.045 dikte en 0m.40 breedte aan den ondersten en bovensten boog voorzien (figuur 4.)

De hoogte van de buitenste bogen is 1m.10 in den top en 1m.80 bij de geboorte. Hunne respectieve doorsneden zijn 65480 en 31500 vierkante millimeter.

De hoogte van de binnenste bogen is bij de geboorte dezelfde als van de buitenste: 1m.80. In den top hebben zij nog eene versterking, dik 0m.10, waardoor hunne gezamenlijke dikte aldaar tot 1m.20 stijgt; hunne doorsneden zijn respectievelijk 91830 en 100000 vierkante millimeter (figuur 4.)

De gewelfstukken, waarvan er elf in elken boog zijn, sluiten met hunne zorgvuldig gladgemaakte voegvlakken aan elkander en zijn door stevige schroefbouten verbonden. De vier eerste gewelfstukken van de pijlers naar den top zijn aan beide kanten door een stelsel horizontale verbindingsstukken aan elkaâr bevestigd, die bij afwisseling aan den ondersten en den bovensten boog zijn aangebragt, en aan eene zijdelingsche verschuiving van de bogen den krachtigsten weerstand bieden. De drie gewelfstukken in den top zijn niet alleen door de draagbalken verbonden, maar ook nog door verticale ramen, die tusschen de voegvlakken van deze gewelven geplaatst zijn en van den eenen buitensten boog tot den anderen reiken (figuren 3 en 4.)

De verhoogstukken hebben paneelvormige openingen, die zoowel onderling als met de bogen, waardoor ze gedragen worden, door bouten verbonden zijn. Daar de benedenvlakken van de verhoogstukken met de gewelfstukken vereenigd zijn, brengen zij den last op de geheele lengte van den boog over (figuren 2 en 4.)

Bij de verhoogstukken van de buitenste bogen reiken de bedoelde paneelvormige openingen tot den rand, die de leuning draagt (figuur 1), bij de binnenste bogen daarentegen hebben zij eene mindere hoogte (figuur 2), zoodat de gewelven van gebakken steen onder den rijweg het rakelings daarboven liggende hellende vlak niet overschrijden.

Die gewelven van gebakken steen worden gedragen door gietijzeren balken, die van 2 tot 2 meter uit elkander liggen, en zoowel met de bogen als met de verhoogstukken in verbinding staan (figuur 2.)

Op den rand rust de door pilasters versterkte leuning, die er zoo stevig mogelijk mede verbonden is, waardoor de rand de grootst mogelijke stijfheid verkrijgt (figuur 1.)

De bedoelde gewelven, die de baan van de brug vormen, zouden volgens het oorspronkelijk ontwerp uit twee rollagen gebakken steenen bestaan, gelijk bij de Solferino-brug, maar met het oog op den last, dien zij moesten dragen, scheen deze dikte te groot en kon zij zonder bedenking verminderd worden. Opzettelijk met de grootste zorg genomene proeven hebben bewezen, dat segmentvormige gewelven van 2 meter spanwijdte en 0m.30 pijl, en slechts 0m.11 dikte, 10000 kilogrammen per vierkanten meter oppervlakte kunnen dragen.

Gewigt van de onderscheidene gietijzeren deelen. — Het gezamenlijk gewigt van de bogen moest, gelijk reeds gezegd werd, 764000 kilogrammen bedragen. De wegingen hebben evenwel aangetoond, dat het werkelijk slechts 755927 kilogrammen beliep, zoodat het toegestane een-twintigste aan minder gewigt niet overschreden werd. Bovendien was de verdeeling van de massa's zeer naauwkeurig berekend op den eisch van onderscheidene bestanddeelen. Zoo hebben de bogen alleen een gewigt van 444535 kilogrammen, dat is 0.6 van het gezamenlijke gewigt; de verhoogstukken 123862, dat is iets meer dan 0.16; eindelijk wegen de verbindingstukken en de balken, die de gewelven en ook de baan van de brug dragen, 90437, dat is 0.12 van het geheele gewigt.

Aan deze rationele verdeeling van het gewigt is het te danken, dat, zonder het geraamde gezamenlijke gewigt te bereiken, toch bij de bogen eene grootere doorsnede bereikt werd dan door het bestek bepaald was.

De gietijzeren deelen werden over kanalen en de Seine naar Parijs gezonden, waar zij ten gevolge van den ongewoon lagen waterstand eerst in November 1861 aankwamen.

Het plaatsen van de bogen. — Het stellen van de bogen geschiedde door middel van twee op een spoorweg loopende rolwagens, die tusschen de twee oevers heen- en weergingen. De

schepen werden op hunne plaats gebragt en daar verankerd; met behulp van de kranen op de rolwagens werden de onderscheidene bestanddeelen daaruit geheschen en geplaatst. Hierbij werd de grootste werkzaamheid aan den dag gelegd, zoodat men reeds den 20sten December met het metselen van de kleine steenen gewelven kon beginnen. Na hunne voltooijing werd de rijweg bestraat, de voetpaden met asphalt belegd en met lijststeenen van graniet omzoomd, zoodat de belastingsproeven reeds den 13den Februarij 1862 een' aanvang konden nemen.

Proefbelastingen — Voor grootere zekerheid en tot verligting van den arbeid had men aan den top van elken der negen ijzeren bogen eene houten lat bevestigd en zoodanig aangebragt, dat elke door de proef teweeg gebragte zakking in den top van den boog door de verschuiving van deze lat langs eene andere aan den steiger aangebragte lat kon worden waargenomen, zonder dat men eenige waterpassing te doen had.

De eerste proef bestond daarin, dat men de halve lengte en de geheele breedte van de brug met 600 kilogrammen per vierkanten meter belastte. Hiertoe werd eene zandlaag van 0m.37 dikte van het regtsche landhoofd naar het midden van de brug binnen de twee leuningen gelijkmatig verdeeld.

De aan de bedoelde latten waargenomene zakkingen zijn in de volgende tabel voorgesteld; de eerstgestelde zakkingen zijn veroorzaakt door het gewigt der bestrating.

Omschrijving van de werkzaamheden.	Zakking van den boog in millimeters.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13 Februarij. Begin van de belasting	95	99	105	110	112	109	97	97	88.5
14 Februarij. Begin van de 1ste proef.	125	129	138	142	144	141	127.5	126	115
15 Febr. Einde van de 1ste proef, die 24 uren duurde	135	139	146	151	152	150	137	136	125
Verschillen tusschen de getallen van de 1ste en 3de reeks	40	40	41	41	40	41	40	39	36.5
Verschillen tusschen de getallen van de 2de en 3de reeks	10	10	8	9	8	9	9.5	10	10

De twee laatste getallen-reeksen toonen aan:

1. Dat door de aanvankelijke werking der belasting van 600 kilogrammen per vierkanten meter over de halve lengte en de geheele breedte van de brug de bogen bijna evenwijdig werden neergedrukt; het minimum van zakking was 36.5 millimeter het maximum 41 millimeter.

2. Dat de voortzetting, gedurende 24 uren, van de belasting der eerste proef niet meer dan één centimeter zakking teweeg bragt. Men ging toen over tot de drie volgende proeven, die, gelijk de eerste, 24 uren duurden. De wijzigingen waren als volgt:

1. Werd de vermelde belasting over de geheele brug uitgebreid.

2. Hierop werd die bruggehelft ontlast, welke bij de eerste proef belast was.

3. Eindelijk werd de brug over de geheele lengte, maar slechts over de halve breedte belast.

De uitkomsten van deze proeven zijn in de volgende tabel te zamen gevat:

Omschrijving van de proeven.	Zakking van den boog in millimeters.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tweede proef. 15 tot 16 Febr. Begin .	161	163	170	176	188	188	172	164	148
Einde .	161	165	174	178	190	191	172	165	148
Verschillen . .	0	2	4	2	2	3	0	1	0
Derde proef. 18 tot 19 Febr. Begin .	163	163	168	171	182	184	168	162	146
Einde .	162	161	167	172	183	185	170	165	151
Verschillen . .	—1	—2	—1	1	1	1	2	3	5
Vierde proef. 19 tot 20 Febr. Begin .	146	151	162	168	181	183	166	161	145
Einde .	148.5	152	162	169	181	181.5	166	160	144
Verschillen . .	2.5	1	0	1	0	—1.5	0	—1	—1

De in de tabel aangewezene verschillen bewijzen, dat de waargenome afwisselingen in de bewegingen van de bogen gedurende de 2de, 3de en 4de proeven geheel zonder beduidenis waren.

Ten gevolge daarvan heeft de commissie het niet noodzakelijk geacht, tot de 5de proef over te gaan, die eigenlijk slechts eene herhaling van de vierde in omgekeerden zin zoude geweest zijn.

Derhalve werd de brug geheel ontlast. De uitwerkingen van deze ontlasting na 24 uren zijn, vergeleken met de werkingen bij den aanvang van de eerste proef, in de volgende tabel aangeduid.

Dagteekening van de proeven.	Zakking van den boog in millimeters.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14 Febr. Begin van de 1ste proef	125	129	138	142	144	141	127.5	126	115
22 Febr. 24 uren na het einde van de 2de proef .	152	154	160	166	173	170	151½	145	129
Blijvende doorbuiging, door de proeven veroorzaakt .	37	25	22	24	29	29	24	19	14

Hieruit volgt, dat de vier opeenvolgende proeven van 14 tot 22 Februarij bij de verschillende bogen buigingen veroorzaakten, die afwisselden tusschen een minimum van 14 en een maximum van 29 millimeter.

Deze uitkomsten staan wel is waar ook onder den invloed van den warmtegraad des dampkrings; deze is echter in ons geval niet van groote beteekenis geweest, daar de thermometer zich gedurende den geheelen duur van de proeven tusschen 2 of 3 graden onder nul en 7 of 8 graden boven nul bewoog.

Uit al het voorafgaande volgt, dat het eigenlijke gewigt van den weg over de brug tot den aanvang van de proeven eene zakking van hoogstens 112 millimeter en van minstens 88.5 millimeter voortbragt; dat vervolgens de eerste proef eene nieuwe doorbuiging voortbragt, die afwisselde tusschen het maximum van 41 millimeter en het minimum van 36.5 millimeter; dat eindelijk de door de drie andere proeven veroorzaakte werkingen tamelijk onbeduidend waren.

Men ziet hieruit, dat bijna de geheele uitwerking aan het gewigt van den weg of de baan over de brug moet worden toegeschreven, en dat, als men, gelijk gewoonlijk, bij den aanvang van de definitieve opstelling de doorbuiging aan de bogen gemeten had, zij tusschen het minimum van 40 en het maximum van 61 millimeter, dus gemiddeld op 5 centimeter zoude zijn gevonden geworden, gelijk de volgende tafel doet zien.

Dagteekening van de proeven.	Zakking van den boog in millimeters.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14 Febr. Begin van de 1ste proef	95	99	105	110	112	109	97	97	88.5
22. Febr. 24 uren na den afloop van de proeven .	152	154	160	166	173	170	151.5	145	129
Verschillen . . .	57	55	55	56	61	61	54.5	48	40.5

Kosten van de brug. — De kosten van de brug van St. Louis beloopen 684 000 franken en laten zich splitsen als volgt:

Metselwerk	260 000
IJzerconstructie	375 000
Ander werk.	49 000
Som . . .	684 000

Daar de horizontale oppervlakte van de brug 1 024 vierkante meters bedraagt, zoo geeft dit 668 franken per vierkanten meter, waarvan alleen de ijzerconstructie 366.21 franken, dus iets meer dan de helft uitmaakt.

Ten slotte doen wij eene tabel volgen, waarin de belangrijkste factoren vervat zijn, die tot berekening van de maximum-drukking, die het gietijzer had te weerstaan, dienden, en deelen ook de uitkomsten mede, waartoe de becijfering leidde.

Aanvankelijk stelden wij deze tabel slechts te zamen voor de brug van St. Louis, maar het scheen ons belangrijk toe dezelfde elementen van overeenkomstige werken met elkander te vergelijken; daarom voegden wij er bij, wat betrekking heeft op de Solferinobrug te Parijs en den viaduct van Tarascon over de Rhône (1); de bogen van dezen laatsten zijn, wat hunne afmetingen betreft, met die van de St.-Louis-brug te vergelijken, daar elke boog 60 meter overspant bij 5 meter pijl heeft.

(1) Vgl. *Uittreksels uit vreemde tijdschriften*, 1854—1855, blz. 110.

Omschrijving.	Tarascon-viaduct.	Solferino-brug.	St.-Louis-brug.
Totaal gewigt van het gietijzer in éénen boog . . .	kilogram. 1 014 000.00	kilogram. 367 952.00	kilogram. 740 000.00
Gewigt per vierk. meter . .	1 871.00	471.00	723.00
Blijvende last van éénen boog	1 677 200.00	1 450 352.00	1 804 960.00
» per vierk. meter	3 094.00	1 438.00	1 762.00
» » strekkenden meter	27 713.00	28 759.00	28 202.00
Totale belasting gedurende de proeven:			
per vierkanten meter . . .	3 719.00	2 038.00	2 362.00
» strekkenden meter. . .	33 313.00	40 759.00	37 802.00
Maximum-drukking in het gietijzer gedurende de blijvende belasting.			
Totale drukking in den top.	2 496 941.00	1 597 562.00	2 481 776.00
» per vierk.millim.	2.05	3.55	3.21
» bij de geboorte	2 640 446.00	1 703 020.00	2 640 615.00
Maximum-drukking in het gietijzer onder de proef,			
Gezamenlijke drukking in den top	3 001 501.00	2 264 162.00	3 326 576.00
Dito per vierk.millim.	2.47	5.03	4.30
» bij de geboorte	3 174 018.00	2 413 625.00	3 539 482.00

Wij zullen nu de verschillende getallen van de bovenstaande tabel met elkander vergelijken.

Gewigt van het gietijzer. — Gelijk reeds gezegd werd, hebben de bogen van den Tarascon-viaduct en van de St-Louis-brug, wat de spanningen betreft, veel overeenkomst met elkaâr. De laatste overtreft den viaduct hierin slechts 4 meter. Niettemin is haar totaal gewigt aan ijzer 274 000 kilogrammen geringer, ofschoon de afstand tusschen de buitenste bogen 16 meter is, terwijl deze bij den viaduct slechts $8^{m}.96$ bedraagt. Dit verschil komt natuurlijk sterk uit bij vergelijking van het gewigt per vierkanten meter, dat bij den eenen 1871, bij de andere slechts 723 kilogrammen bedraagt.

Blijvende belasting. — De blijvende belasting van een' boog in den Tarascon-viaduct is slechts 127 760 kilogrammen geringer dan bij de St.-Louis-brug, maar men mag niet vergeten, dat deze last bij den een' overeenkomt met eene breedte van $8^{m}.96$ tusschen de buitenste bogen, bij de andere daarentegen met een' afstand van 16 meter, zoodat de last per vierkanten meter in het eene geval bijna het dubbel is van die in het andere.

Drukking in den top. — De druk in den top wisselt weinig af bij beiden. Niettemin overtreft de drukking per vierkanten millimeter bij de St.-Louis-brug die, waaraan de viaduct onderworpen is, met meer dan 1 kilogram, doordien bij de St.-Louis-brug eene minder groote massa ijzer gebruikt werd.

Wij hebben deze drukking door de volgende eenvoudige formule berekend:

$$Q = \frac{pL^2}{2f},$$

waarin p het gewigt per strekkenden meter, L de halve lengte van den boog en f de hoogte van den pijl beduidt.

De druk bij de geboorte werd berekend uit de formule

$$T = Q\cos\alpha + P\sin\alpha,$$

waarin Q de horizontale drukking, P het gewigt van den halven boog en α den halven segmentshoek voorstellen. Deze onderscheidene grootheden L, f en α hebben voor elk van de beschouwde werken de hieronder aangegevene waarde:

Tarascon-viaduct.	Solferino-brug.	St.-Louis-brug.
$L = 30^{m}.00$	$L = 20^{m}.00$	$L = 32^{m}.00$
$f = 5^{m}.00$	$f = 3^{m}.6$	$f = 5^{m}.82$
$\alpha = 18^{o}\,44'$	$\alpha = 10^{o}\,25'$	$\alpha = 20^{o}\,37'$

De heer Göring heeft in de *Hannoversche Zeitschrift des Architecten- und Ingenieur-Vereins* een artikel (eveneens bewerkt naar dat van de *Annales des ponts et chaussées*) geplaatst, waaraan wij nog het volgende ontleenen:

De verhouding der bestanddeelen van den mortel voor de landhoofden is: 5 deelen zand op 1 deel portland-cement.

De bogen hebben in doorsnede de gedaante, welke is afgebeeld in figuur 5.

De gewelfstukken zijn 20 voet lang, aan het einde van flenzen voorzien, welker stootvlakken zuiver geschaafd en met bouten vereenigd zijn. De dwarsverbindingen, gelijk de aanvullingen of verhoogstukken, zijn van gietijzer. De baksteenen zijn $4\frac{1}{2}$ hannoversche duimen dik.

Het gewigt van de brug is aldus verdeeld:

twee buitenste bogen . . .	85 804	kilogrammen.
zeven binnenste » . . .	358 731	»
verhoogstukken	123 862	»
dwarsbalken	38 425	»
dwarsverbindingen	52 012	»
dekplaten	16 421	»
leuningen	26 042	»
versieringen, schroefbouten .	54 630	»

Ofschoon de brug van St. Louis iets meer spanning heeft dan die van Tarascon en bijna de dubbele breedte van deze, zoo zijn niettemin de totaalgewigten bij beiden ongeveer even groot de oorzaak daarvan moet gedeeltelijk in den grooteren last per vierkante eenheid en in de ligtere constructie van de baan (ter dikte van $\frac{1}{2}$ steen) gezocht worden. Onder de proefbelasting bedroeg de grootste druk per vierkanten hannoverschen duim 2 709 kilogrammen (4.3 kilogram per vierkanten millimeter), die veilig genoeg is, daar men gietijzer dikwijls met 4 tot 6 000 kilogrammen per vierkanten hannoverschen duim belast; de proefbelasting van 52 kilogrammen per vierkanten voet is ook toereikende, daar men meestal de 40 kilogrammen bewegelijken last per vierkanten voet niet overschrijdt. Men zoude de brug nog ligter hebben kunnen maken en haar gewigt welligt op 500 000 kilogrammen kunnen brengen.

Ware in plaats van gietijzer eene gesmeed-ijzeren brug gebouwd geworden, zoo zoude deze een eigen gewigt van 600 000 kilogrammen hebben gehad, en daar gesmeed ijzer bijna het dubbele kost van gietijzer, is deze constructie bijna dubbel zoo duur.

Men mag daarom met reden vragen, waarom gietijzeren bruggen niet meer algemeen zijn, daar zij toch een sierlijk voorkomen hebben en aanmerkelijk goedkooper zijn. Niet zonder invloed schijnt de bedenking tegen het schadelijke van uitzetting door hoogere temperatuur te zijn. Laten wij daarom den invloed van temperatuursverhooging op de brug van St.-Louis eens nader beschouwen.

In figuur 6 van plaat 5 is:
l de halve spanning $= 32$ meters.
ff_1 de hoogte van den pijl $= 5^{m}.82$.
LL_1 de ontwikkelde lengte van den boog.

Beschouwt men den boog als eene parabool, wat bij flaauwe bogen geoorloofd is, zoo heeft men voor zijne lengte:

$$L = 2l + \frac{4}{3}\frac{f^2}{l},$$

$$L = 2\times 32 + \frac{4}{3}\frac{(5.82)^2}{32} = 64^{m}.4413.$$

Gietijzer zet zich van 0° tot 100° C. $\frac{1}{90}$ van zijne lengte uit, dus bij een verschil van temperatuur tusschen 15° onder nul en 35° boven nul of van 50° (dat in onze streken gewoon is) $\frac{1}{1800}$ van de lengte. De lengte van den boog wordt dus na de uitzetting door dat temperatuur-verschil:

$$L_1 = L\left(1 + \frac{1}{1800}\right) = 65^{m}.4476.$$

Hieruit laat zich dan de nieuwe pijlshoogte berekenen:

$$L_1 = 2l + \frac{4}{3}\frac{f_1^2}{l},$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{3}{4}(L_1 - 2l)\,l},$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{3}{4}(65.4476 - 64)\,32} = 5^{m}.894.$$

Nemen wij aan, dat de brug bij eene gemiddelde temperatuur van 10° C. is gebouwd geworden, zoo zoude de top in den zomer $1\frac{1}{2}$ hannoverschen duim rijzen en in den winter evenveel dalen. Onder de proefbelasting is de brug evenveel doorgebogen. Men kan gerust aannemen, dat zulk eene geringe verandering bij eene spanning van meer dan 200 voet zonder schadelijke uitwerking op de hechtheid zal blijven. Men houde daarbij in het oog, dat de geheele doorbuiging van den top na het ontcenteren 6 hannoversche duimen bedragen heeft, dat er dus eene veel grootere beweging zonder nadeel heeft plaats gehad.

Het ware daarom te wenschen, dat ook elders gietijzeren bruggen van grootere spanning werden ingevoerd, daar zij in Frankrijk blijven voldoen.

OVER DE ZANDBEDDEN, WAAROP EENIGE GEBOUWEN OP HET STATIONSPLEIN TE EMDEN ZIJN GEFUNDEERD;

door den heer BOLENIUS, *Bau-Conducteur te Oker.*

(*Zeitschrift des Architecten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover*, 1864, Heft 2 und 3.)

(Vertaald door A. J. VOORDUIN, 1e luitenant-ingenieur, L. K. Inst. I.)

(Plaat 6.)

Bij het ontwerpen der stations-gebouwen te Emden werd in de eerste plaats omgezien naar eene geschikte funderingswijze, in verband met den slappen bodem, waarop ze moesten worden aangelegd.

Het overbrengen der belasting, onmiddellijk op den lager gelegen vasten grondslag, door paalroosterwerken, zandpalen of diergelijke funderingen, moest, wegens de groote diepte, waarop de grondslag lag, en de daaruit onvermijdelijk voortvloeijende hooge funderingskosten, voor meerdere van die gebouwen worden opgegeven.

Men zag dus naar andere funderingswijzen om, waardoor: 1°. *de belasting over het grootst mogelijk oppervlak verspreid zou worden*; en 2°. *eene onvermijdelijke zetting*, zoo klein mogelijk, doch vóór alles, *zoo gelijkmatig mogelijk zou worden.*

Het gebruik van liggende roosterwerken, zandbedden, omgekeerde gewelven, beton-kofters enz. voldoet aan beide eischen; doch in dit bijzonder geval scheen echter het gebruik der beide eerste middelen de voorkeur te moeten verdienen.

Over het algemeen fundeert men in de lage Oostfriesche landen (*Marschen*) op een roosterwerk van platen of slijkhouten, dat eenvoudig op den grond wordt gelegd, onverschillig welke de stand van het zomerwater is; hierop worden de fundamenten met de noodige versnijdingen opgemetseld, waarna het geheele grondwerk met klei wordt bedekt.

Men graaft alsdan geen kelders uit, doch maakt, ter vervanging daarvan, een gedeeltelijk ingezonken lokaal, waarboven dan eene *op*kamer wordt gebouwd (1).

De gevolgen dezer hoogst eenvoudige funderingswijze zijn dan ook duidelijk merkbaar, in de allerwege uit het lood staande en gescheurde muren.

Ten opzigte van de beide hierboven meest geschikt geoordeelde funderingswijzen, valt nog op te merken; dat men met liggende roosterwerken een drieledig doel tracht te bereiken, als:

1. het verbreeden van het fundament;

2. het geven van zamenhang daaraan, ter voorkoming van scheuren;

3. het waarborgen eener geregelde uitvoering van het metselwerk — m zoo verre, dat niet enkele gedeelten, afzonderlijk, in den zamendrukbaren bodem kunnen inzinken, alvorens de metselspecie voldoende verhard is.

Door een zandbed tracht men echter: 1. den vasten grondslag kunstmatig te verhoogen, door het uitgraven en door zand vervangen van den daarop liggenden zamendrukbaren grond (hetwelk in dit geval, als te kostbaar, wegens de te diepe ontgraving, moest verworpen worden); of wel, 2. de muren op een ligchaam te doen rusten, dat den last op een zoo groot mogelijk oppervlak van den zamendrukbaren grond overbrengt.

Wanneer men nu aanneemt dat, in een zandbed, als onder 2 bedoeld, de drukkingen onder hoeken van 45° op den zamendrukbaren bodem der kist, waarin het zandbed is aangelegd, worden overgebragt, dan moeten lijnen, uit de uiterste punten van het fundament onder hoeken van 45° naar beneden getrokken, altijd nog binnen het bed vallen. Naarmate dit dus dikker wordt gemaakt, in verband met de zwaardere belasting die het op den bodem heeft over te brengen, wordt het oppervlak, waarop het die belasting overbrengt, overeenkomstig den eisch, tevens grooter.

Ten einde het zetten van het bed zelf zooveel mogelijk te voorkomen, moet men scherp, zuiver, grof zand gebruiken, omdat daarin, tusschen de grootere korrels, méér wrijving zal bestaan dan in fijn zand, en deze meerdere wrijving het verschuiven der zanddeeltjes, en bij gevolg het uitzakken van het bed, ook beter zal tegengaan.

Zinkt het drukkende ligchaam echter in het zand in, dan is zulks een bewijs dat deze wrijving, door den bovenlast is overwonnen.

In het algemeen zouden de zandbedden boven liggende roosterwerken te verkiezen zijn, om de volgende redenen:

1. wordt de last over grooter oppervlak van den zamendrukbaren grond verspreid;

2. behoeft men geen acht te slaan op den stand van het zomerwater; terwijl men, met een liggend roosterwerk, minstens 0m.60, beneden dien stand dient te blijven;

3. zal, bij genoegzame wrijving der grove zandkorrels, het zandbed eenigzins als eene aaneenschakeling van aardwulven kunnen beschouwd worden, waarvan geen enkele gedeelten kunnen bezwijken.

Daar het zandbed echter weinig bijbrengt tot het vermeerderen van den zamenhang in de fundamenten, zou men hierin kunnen voorzien door het gebruik van dunnen waterkalk als bindmiddel.

Men besloot dan ook, de gebouwen op zandbedden te funderen, vooral daar deze in den laatsten tijd, op verschillende plaatsen, met gunstig gevolg zijn aangewend.

Vooraf echter wilde men eenige proeven nemen, zoo ter bepaling van de dikte der bedden, wat haar eigen sterkte betrof, als tot onderzoek naar de vereischte uitgebreidheid der grondvlakken, in verband met de zamendrukbaarheid van den bouwgrond.

Hiertoe werden, op de plaats waar eenige gebouwen zouden komen te staan, zeventien zandbedden aangelegd, van 1m.20, 1m.80, 2m.40 en 3m.00 dikte, waarop ploefbelastingsligchamen van baksteenen, in klei werden gemetseld.

De kassen, waarin het zand werd gestort, waren gedeeltelijk met trappen, gedeeltelijk met binnenwaartsche zijhellingen van $\frac{1}{2}$ op 1 ontgraven.

De belastingsligchamen waren drieërlei van vorm; regthoekige blokken, pyramiden, en blokken in de gedaante van een regten hoek, gevormd door twee tegen elkander staande muren.

De blok- en hoekvormige stukken metselwerk hadden eene aanlegbreedte van 1m.80, nagenoeg overeenkomende met die, welke voor de muren der gebouwen was vastgesteld; de pyramiden hadden een vrij willekeurig grondvlak.

Goedkoopheidshalve gebruikte men tot deze proefbedden het zand uit de wadden van den Dollart, dat zeer fijn en onzuiver is. Indien de proeven, hiermede genomen, niet naar wensch slaagden, dan zou men zich, tot de werkelijke uitvoering, van het zand uit de hooge heigronden (*Geesthöhen*) van het binnenland bedienen, dat van betere hoedanigheid, maar veel kostbaaarder is. Het gebruik van dat zand, tot bedden van gelijke afmeting als die welke niet voldaan zouden hebben, wordt echter door niets geregtvaardigd.

De figuren 1 tot 10 op plaat 6 vertoonen de plaatsing en de vormen der belastingsligchamen, terwijl de hier volgende tabel den uitslag der proeven doet kennen.

Hoewel men zich bij de uitvoering niet van houten vloeren wenschte te bedienen, had men 8 van de 17 belastingsligchamen niet onmiddellijk op het zand aangelegd, maar door een vloer van platen, lang 5m.84, dik 0m.15 op hun zandbed doen dragen.

Evencens had men de pyramidevormige ligchamen kunnen weglaten, daar men, bij den bouw, geen gebruik van dien vorm zou maken.

Zoowel de *diepte* van *inzinking* der ligchamen, als de *graad van ongelijkmatigheid* waarmede die had plaats gegrepen, blijken duidelijk uit de opgaven omtrent de ligchamen 9—17.

Wat *vastheid van stand* betreft, zoo waren de ligchamen 1—8, 13, 15 en 17 zuiver te lood gezakt, doch de anderen waren overgezet en wel als volgt:

n°. 9	hoog	6m.38	0m.006
» 10	»	6m.38	0m.480
» 11	»	6m.67	0m.400
» 12	»	9m.57	0m.090
» 14	»	6m.67	0m.065
» 16	»	8m.41	0m.026

De buitengewone afwijking van het ligchaam n°. 10 moet worden toegeschreven aan zijne plaatsing op den kant eener ingraving.

Hoewel de proeven dus niet zulke bijzonder gunstige uitkomsten opleverden, dat men daarnaar met gerustheid eene te volgen handelwijze zou hebben kunnen vaststellen, zoo mag men daaruit evenwel de volgende besluiten trekken.

In de eerste plaaats bleek, dat de beddingen van 2m.40 en 3 meter dikte, geen grooter draagvermogen bezaten dan die van 1m.20 en 1m.80 dikte, hetwelk aan de slechte hoedanigheid van het gebezigde zand kan worden toegeschreven. Daar dit, wegens zijne fijnheid, geene aanzienlijke inwendige wrijving bezat, vormde het geen genoegzaam onvervormbaar ligchaam, en liet zich dus eer ineen drukken, dan dat het de belasting over grooter oppervlak verspreidde.

In de tweede plaats was er niet voor eene voldoende afwatering gezorgd, zoodat door het natte jaargetijde, vrij van vorst, zoowel de zandbedden als de onderliggende kleibodem doorweekt waren en dus veel minder draagvermogen bezaten, dan zij in droogen toestand zouden gehad hebben. De wrijving toch van droog zand is veel grooter dan die van nat zand; het schijnt dus noodzakelijk te zijn, het water, tot de aanplemping gebruikt, na de voltooijing af te leiden en voor drooglegging, in vervolg van tijd, de noodige maatregelen te nemen.

Verder bleek dat de houten vloeren, onder sommige ligchamen gelegd, niets hadden bijgedragen tot het voorkomen van zettingen of tot het bevorderen van den vasten stand. Men zou ligt geneigd zijn, aan deze vloeren het vermogen toe te schrijven van zamenhang aan het fundament te geven; doch het bleek dat de ligchamen, die koud op het zand waren aangelegd, hoewel slechts in klei gemetseld, volstrekt niet waren gescheurd en er dus, zonder houten ondervloer, reeds voldoende zamenhang in de fundering bestond.

Bij het beschouwen van de dwarsdoorsneden der sleuven voor de zandbedden, valt aanstonds in het oog, dat men van de zijhellingen geen bijzonderen wrijvingsweerstand tegen het inzakken in den slappen ondergrond kon verwachten. Veeleer zal het zandbed, op deze wijze ingezonken, als eene wig kunnen werken en den omringenden grond ter zijde dringen. Van zoodanige zijdrukking, waarmede noodzakelijk opheffing van het omliggend terrein had moeten plaats grijpen, is echter niets bespeurd.

Eene regthoekige dwarsdoorsnede zal toch altijd te verkiezen zijn, daar zij, bij gelijke hoeveelheid zand, eene veel grootere oppervlakte aanbiedt, waarover de belasting wordt verspreid.

Hoewel de proeven geen bepaalde handelwijze aangaven, die men veilig zou kunnen toepassen, zoo bleef er niets anders over dan met een der gebouwen te beginnen en dit als laatste proefneming voor de volgende te doen dienen.

Naar aanleiding van de boven gemaakte gevolgtrekkingen, stelde men hiervoor de volgende bepalingen vast.

1. Men zal het grove, scherpe zand uit het binnenland gebruiken.

2. De sleuven zullen in doorsnede regthoeken zijn.

3. Op de hoeken der gebouwen zullen de fundamenten aan de buitenzijden met twee steen worden verbreed, en dus een halve steen meer breedte verkrijgen dan de belastingsligchamen hadden.

4. De fundamenten zullen ter hoogte van 0m.72 tot 0m.87 in dunnen trasmortel worden gemetseld.

Hierbij moet worden opgemerkt dat deze laatste bepaling in vervanging eener andere was gemaakt, waarbij, tusschen de fundamenten en het bovenvlak der zandbedding, een betonkoffer ter hoogte van 0m.58 was beschreven, ten einde de belasting meer gelijkmatig over te brengen.

Men vond echter geen reden zich hieraan te houden; te meer niet, daar dit doel eenvoudiger en beter door het gebruik van trasmortel werd bereikt.

5. De plaats, waar het gebouw moet worden aangelegd, zoo mede de sleuven voor de zandbeddingen, zullen door afwatering en, des noods kunstmatig worden droog gehouden.

6. Ten einde het dragende vlak der bedden zoo groot mogelijk te maken, zullen zij aan weerszijden 0m.58 of 0m.87 meer dan hunne dikte bedraagt, buiten den aanleg der fondamenten uitsteken.

7. Voor de ligte gebouwen zal de dikte der beddingen 1m.16, voor de anderen 1m.74 bedragen.

Hoewel de gekozen wijze van funderen natuurlijk naar de ligtste wijze van zamenstelling voor de gebouwen deed omzien, vond men geen bezwaar in het gebruik van volle steenen muren, in stede van houten geraamten met dun metselwerk opgevuld (vakwerk.)

(1) Op dezelfde wijze waarop hier te lande, bij de bouwlieden, de melkkamer wordt aangelegd. (Vert.)

Opgaven omtrent de proefbelastingsligchamen, gemetseld op het stationsplein te Emden, alsmede der zettingen die zij hebben ondergaan.

(De zettingen opgenomen in het begin van Junij 1852.)

Namen en gedaanten van de proefbelastingsligchamen.	Dikte van het zandbed: met houten vloer. (m.)	Dikte van het zandbed: zonder houten vloer. (m.)	Zetting. (m.)	Grootte van het grondvlak: met houten vloer. (m².)	Grootte van het grondvlak: zonder houten vloer. (m².)	Gewigt van het proefbelastingsligchaam. (100 pond.)	Belastingen per m² der: houten vloeren. (pond.)	Belastingen per m² der: grondvlakken in metselwerk (pond.)	Datum waarop het proefbelastingsligchaam gemetseld is.
I. (regth. blok)	2.34	—	0.018	10.63	10.63	372	3 500	3 500	Dec. 1851
II. (muurhoek)	—	2.34	0.018	—	8.67	268	—	3 100	„ „
III (regth. blok)	1.17	—	0.018	10.63	10.63	372	3 500	3 500	Nov. 1851
IV (muurhoek)	—	1.75	0.018	—	8.67	268	—	3 100	„ „
V „	—	1.75	0.032	—	8.67	268	—	3 100	Jan. 1852
VI „	—	2.34	0.035	—	8.67	268	—	3 100	„ „
VII (regth. blok)	2.34	—	0.064	10.63	10.63	372	3 500	3 500	Dec. 1851
VIII „	1.17	—	0.006	10.63	10.63	372	3 500	3 500	Jan. 1852
IX (muurhoek)	—	2.92	0.029 0.038 0.044	—	8.67	412	—	4 700	Nov. 1851
X „	—	1.17	0.263 0.135 0.091 0.134	—	8.67	412	—	4 700	„ „
XI „	—	2.34	0.190 0.091 0.073	—	8.67	458	—	5 200	Maart 1852
XII (pyramide)	2.34	—	0.128 0.105 0.134 0.111	23.80	13.60	862	3 600	6 340	Nov. 1851
XIII (muurhoek)	—	2.34	0.143 0.117 0.099	—	8.67	458	—	5 200	„ „
XIV „	—	2.34	0.088 0.060 0.060 0.088	—	8.67	458	—	5 200	April 1852
XV (pyramide)	1.75	—	0.088 0.099 0.088	17.00	5.70	278	1 640	4 900	Oct. 1851
XVI „	2.34	—	0.131 0.099 0.088	23.80	11.82	767	3 200	6 400	„ „
XVII „	1.17	—	0.009 0.018 0.024	17.00	5.70	278	1 640	4 900	„ „

NB. De belastingen, voor de m² berekend, zijn ruim genomen.

AANHANGSEL DOOR DEN VERTALER.

Wanneer men de tabel raadpleegt, bij de voorgaande vertaling gevoegd, dan zal men het gevoelen van den heer Bolenius deelen, dat de uitslag der proefnemingen «geen bepaalde handelwijze aangeeft, welke men veilig zoude kunnen volgen.»

Niettegenstaande dien ongunstigen uitslag heeft hij toch aan zijn beginsel vastgehouden. Wij meenen daaruit te mogen afleiden, dat de vermelde proefneming niet door hem was gedaan omdat hij twijfelde aan de deugdelijkheid van zandbedden, tot fundering in zamendrukbare gronden, maar, dat zij was verrigt tot het verkrijgen van naauwkeurige gegevens, ter bepaling van de afmetingen en den vorm der bedden en van den aard van het aan te wenden zand, in verband met de kosten.

Men moet niet uit het oog verliezen, dat het hier niet gold het uitgraven van den zamendrukbaren grond tot op den natuurlijken vasten grondslag en het kunstmatig verhoogen van dien grondslag, door de aanvulling der uitgraving met zand, maar dat men een zandkist, of zandbed, wenschte aan te brengen, liefst van geringe dikte, besloten binnen, en steunende op den zamendrukbaren grond, ten einde den druk der muren op te vangen en dien, over grooter oppervlak verspreid, op den zamendrukbaren bodem over te brengen; vertrouwende, dat wanneer die gronden, onder den invloed dier verspreide drukking, werden zamengeperst — waardoor het zandbed onvermijdelijk zou nazakken — die werking over de geheele bodemvlakte van het zandbed regelmatig zoude geschieden, zoodat daaruit geen nadeelige gevolgen voor het metselwerk zouden voortvloeijen.

Wanneer de aanleg van het zandbed breed genoeg, de hellingen voldoende flaauw zijn en de omringende specie slechts eenigen zamenhang heeft, dan kan er, bij het gebruik der eerstgenoemde funderingswijze, geen twijfel aan den goeden uitslag bestaan.

De tweede wijze van funderen evenwel vindt bij veel ingenieurs nog geen voldoend vertrouwen.

Het komt hun ongerijmd voor, dezelfde diensten te verwachten van los zand — spreekwoordelijk onzamenhangend — als van een houten vloer of van een betonkoffer, wier zamenhang, in vergelijking met dien van zand, bijna oneindig groot kan genoemd worden.

In behoorlijk ingesloten, digt ineen gepakt zand, schijnt evenwel ook een soort van zamenhang, een soort van verband, te bestaan dat vrij aanzienlijk kan genoemd worden en dat het in staat stelt niet alleen plaatselijke drukkingen op te vangen, maar ze in zijne massa voort te planten en langs dien weg over grooter oppervlak te verspreiden, dan waarop ze ontvangen werden.

Daar mij bekend was dat men in de laatste jaren bij de militaire genie, zoowel hier te lande als in België, met gunstig gevolg van deze eigenschap van het zand gebruik heeft gemaakt tot het funderen van gebouwen, volgens de tweede aangegeven wijze — die voorzeker tot de goedkoopste funderingswijzen behoort — kwam het mij niet ondoelmatig voor een onderzoek in te stellen naar de ondervinding, die daarbij is opgedaan; eensdeels, tot het verkrijgen van een oordeel op feiten berustende; anderdeels, tot het verzamelen van bepalingen, die, in zoodanig geval, moeten gevolgd worden, wil men groote sterkte verkrijgen met geringe kosten.

Ik heb daartoe uitsluitend inlichtingen gevraagd aan militaire ingenieurs.

De gebouwen, tot een uitsluitend militair gebruik gesticht, dragen toch uit den aard hunner bestemming — naarmate zij tot bomvrij verblijf of tot het steunen van wallen zijn bestemd, en naarmate zij al dan niet aan het vijandelijk vuur zijn blootgesteld — vaak aanzienlijke grondbelastingen en bezitten in het algemeen zeer zware afmetingen; zoodat, in den regel, de belasting hunner funderingen die van nagenoeg alle andere gebouwen ver overtreft.

Ter herinnering vermeld ik hier eenige voorbeelden, aangehaald in den «Cours de Construction, par A. Demanet, Lieut. Col. du Génie, 2me Edition, Paris, 1862.»

a. Poterne te Charleroi. — In 1844 werd door den kapitein Roland eene poterne — overwelfde doorgang, onder een wal —

hersteld, die voor de eene helft harer lengte, door middel van een paalroosterwerk, op zeer zamendrukbaren grond rustte en waarin scheuren van 0m.12 tot 0m.15 waren ontstaan, doordien de palen van het roosterwerk niet tot voldoend stuit bleken ingeheid te zijn. Het gescheurde gedeelte, benevens het daaronder gelegen roosterwerk, werden uitgebroken en men fundeerde den nieuwen bouw op een zandbed van zuiver zand, in lagen van 0m.25 aangeplempt en gestampt, tot de geheele dikte van 1 meter, aan alle zijden 1 meter buiten den aanleg der muren uitstekende en besloten tusschen twee muurtjes van ruwen breuksteen, hoog als de dikte van het zandbed, dik 0m.25. Boven op dit zandbed bragt men eene laag beton van 0m.50 en ving daarop het metselwerk aan.

Dit gebouw heeft zich uitmuntend gehouden, zoodat de kapitein Roland zegt: «l'emploi du sable dans cette circonstance, et dans quelques autres moins importantes ou je l'ai appliqué, m'inspire une telle confiance et réunit d'ailleurs tant d'avantages sous le rapport de l'économie, de la simplicité, de l'ubiquité et de l'inaltérabilité, que je n'hésite pas à le recommander comme un moyen très-efficace de surmonter les difficultés qui naissent fréquemment de la nature du sol.»

b. Bomvrij laboratorium te Nieuwpoort. — Het bomvrij laboratorium te Nieuwpoort, in 1820 gesticht, was in 1849 zoodanig gescheurd, dat men meende het te moeten afbreken.

Alvorens daartoe over te gaan, heeft men echter eene herstelling beproefd. Men verbond daartoe de muren inwendig door zware schroefankers aan elkander, terwijl ze uitwendig door schoren werden gesteund.

Vervolgens werden ze bij gedeelten ontgraven en op nieuw gefundeerd, op zandkisten van 0m.70 tot 1m.75 dikte.

Het bovenvlak dezer zandbedden bleef 0m.25 beneden den onderkant der muren, welke ruimte werd aangevuld met 4 lagen metselwerk in zoo weinig mogelijk specie, waarvan de laatste met kracht moest ingeschoven worden.

Vijf dagen na het eindigen der herstelling schroefde men de moeren der ankers los en nam de schoren gedeeltelijk weg. Twee maanden later werden alle ankers en schoren weggenomen en stopte men de scheuren.

Het gebouw heeft zich, na deze herstelling, uitmuntend gehouden.

c. Profilmuur. — Merkwaardiger nog is de wijze, welke men gevolgd heeft tot het herstellen van een profilmuur, — muurwerk tot het bekleeden der doorsnijding van een aarden wal — gefundeerd op een paalroosterwerk, in een geroerd terrein, dat tot de diepte van 6 meters, uit slijkachtigen grond bestond, gemengd met klei en veen (remblai de terre vaseuse, mêlée de terre glaise et de tourbe, sur une hauteur de 5 à 6 mètres.)

Na opruiming van het metselwerk en der verrotte fundering, groef men sleuven ter breedte van 1 meter, ter diepte van 1m.10 en vulde die tot de hoogte van 0m.70 met zand.

Hierop werden, op 3m.60 midden op midden uit elkander, blokken metselwerk aangelegd, lang en breed 0m.80, dik 0m.40, waarop aardbogen werden gemetseld met een pijl van 0m.06., die den nieuwen profilmuur droegen.

Dit werk, waarbij het zandbed niet op de voordeeligst mogelijke wijze was belast, verkeerde twintig jaar na den aanleg nog in den besten staat.

Eindelijk nemen wij, als tegenhanger der proeven te Emden, nog het verslag eener proef over, door den kapitein Cambier genomen.

d. Proef. — In een terrein, bestaande uit opgebragten grond, gemengd met puin, groef men een sleuf ter diepte van 1 meter.

Nadat de bodem met een handhei was ingeslagen, vulde men dien met zand en metselde daarop een pyramidevormig ligchaam, van baksteenen in mortel, met een aanleg van 1m.50 in het vierkant, ter hoogte van 18 lagen, aan alle zijden tweemaal versneden, telkens ter breedte van 0m.20.

Hierop plaatste men een stuk hardsteen van 0m.25 in het vierkant, hoog 0m.35, en belastte dit met 1 700 kilogrammen lood (ongeveer 750 kilogrammen per m²). Hierdoor ontstond geen zetting hoegenaamd.

Na vijf dagen bragt men, met even weinig gevolg, de belasting tot het dubbele en vervolgens tot 8 500 kilogrammen (3 750 kilogrammen per m²), waarna eene zetting van 0m.001 werd waargenomen.

Toen men de belasting vermeerderde tot 57 000 kilogrammen (25 000 kilogrammen per m²), nam de zetting slechts $\frac{1}{6}$ streep toe, doch had, in de 32 volgende dagen, geen sterkere indrukking ten gevolge.

———

Door de welwillendheid van een officier der belgische genie en van een genie-officier in nederlandsche dienst, ben ik in staat gesteld nog eenige voorbeelden aan te halen, welker meerdere uitvoerigheid betere gelegenheid geeft tot het maken van gevolgtrekkingen.

De gunstige uitkomsten, hierboven vermeld, zouden ons het regt geven over de hier besproken wijze van funderen op zand ook een gunstig oordeel te vellen.

De volgende mededeelingen echter betreffen ook toepassingen, die tot minder gunstige uitkomsten hebben geleid. Aangezien men evenwel, juist bij die toepassingen welke min gunstige gevolgen hebben gehad, in staat is, eene mogelijke oorzaak op te geven, waaraan die minder gunstige gevolgen kunnen geweten worden, zoo vinden wij, naar onze bescheiden meening, daarin geen voldoende reden, om het eerstgevelde gunstige oordeel te wijzigen.

Poort aan den ingang van het fort aan het Vlaamsche Hoofd. — Deze poort werd in 1853 en 1854 gebouwd op een zandbed, dik 1m.50, rustende op eene turflaag van 1m.70, waaronder zich het natuurlijk zand bevond.

Vóór de sluiting der gewelven waren de muren reeds 0m.30 gezakt.

De zakking hield nog verscheiden jaren na de voltooijing aan, waardoor scheuren ontstonden; eerst een paar jaar geleden schijnt de zetting van het bed tot staan te zijn gekomen.

Wachthuizen in hetzelfde fort. — Ter linker- en ter regter zijde van den ingang zijn wachthuizen gebouwd, waarvan de muren op zandbedden rusten, breed 1m.20, dik 0m.60.

Beide gebouwen zakten onregelmatig, tot een gemiddeld bedrag van 0m.30.

Bomvrije kazerne en paviljoen in hetzelfde fort. — De beide bomvrije gebouwen — waarvan het eene tot kazerne en het andere tot paviljoen, of officieren-logies is bestemd — zijn op 50 meters afstand van elkander gelegen, zooals figuur 11 aangeeft.

De bouwgrond bestond, van boven af gerekend, uit veen, klei en daarna welzand.

Tot den aanleg der zandbedden, die de gebouwen zouden dragen, werd het veen geheel uitgegraven en de klei slechts, voor zoover zulks doenlijk was, wegens het sterk afkalven van de wanden van den put.

In de figuur 14 is de dikte der kleilaag aangegeven, die niet uitgegraven kon worden, alsmede de dikte der zandbedden, tot onder het metselwerk der grondmuren.

Die dikten zijn als volgt:

	Dikte klei.	Dikte der zandbedden.
Voor de kazerne:		
Zuidzijde	0m.00	2m.85
Midden	0m.50	2m.80
Noordzijde	0m.80	4m.75
Voor het paviljoen:		
Oostzijde	2m.00	2m.50
Westzijde.	0m.80	2m.90

terwijl het bovenvlak der zandbedden 1 meter boven het polderpeil was gelegen.

Het bovenvlak der bedden (figuur 14) heeft meer breedte dan de aanleg der muren, als:

Van dat der kazerne, aan de noord- en zuidzijde respectievelijk 5 en 4 meters, vóór de schildmuren 1 meter en vóór de koppen der regtstanden, over de lengte van 3m.50, 2 meters;

Van het zandbed onder het paviljoen, aan de smalle zijden 3 meters en aan de lange zijden, vóór de schildmuren en koppen der regtstanden, 2m.60.

Men begon den put voor de kazerne aan de zuidzijde te ontgraven, ten einde aldaar het uitmalingswerktuig te kunnen opstellen. Tijdens de aanvulling met zand, die van de noordzijde werd aangevangen, rees de bodem van den put in het midden 0m.50 en aan de zuidzijde 0m.75.

Het zand slonk in den put van de kazerne 20 percent en in dien van het paviljoen 30 percent, welk sterker slinken te wijten is aan den meer slijkerigen toestand van bodem en wanden.

Vóór den winter waren van beide gebouwen de fundamenten in baksteen gemetseld. In April daaraanvolgende waren die der kazerne 0m.02 en die van het paviljoen 0m.03 gezakt.

Na de voltooijing der gebouwen, zakte de kazerne nog 0m.10 en het paviljoen 0m.16. Niettegenstaande de gronddekkingen eerst eenige jaren later op de gebouwen werden gebragt en de fundering dus nog niet ten volle belast was, bleef de zakking steeds voortgaan, waardoor in beide gebouwen eene menigte scheuren ontstonden. Van het paviljoen was onder anderen het 4de wulf, van de westzijde gerekend, gebroken.

Onder de regtstanden was de zetting het aanzienlijkst, doch er scheen geen verband te bestaan tusschen de zetting en den aard der onderliggende gronden, daar kazerne en paviljoen beide, het minst gezakt waren boven de plaatsen waar de overgebleven kleilaag het dikste was. Het midden der kazerne had echter de grootste zakking ondergaan.

Naar het oordeel van deskundigen zouden, in dit geval, de kosten eener paalfundering die voor den aanleg der zandbedden tot geen aanzienlijk bedrag hebben overtroffen; zoo door de diepe ontgravingen, waartoe men was gedwongen geworden, als door de groote hoeveelheid zeezand, die tot de bedden was vereischt.

Gebouwen in het voormalig geretrancheerd kamp van Antwerpen. — De bouwgrond bestond uit eene laag tuinaarde van 1m.50, daaronder eene laag zand met schelpen van gelijke dikte en vervolgens fijn zwart zand, tot onbepaalde diepte.

De keel van elk fort was door eene natte gracht afgesloten, zoodat de gebouwen, aan die zijde, op ongelijke diepte werden gefundeerd. De eigenlijke keelmuren (figuren 16*a* en 16*b*) waren 3m.50 dieper gefundeerd dan de daarop uitloopende regtstanden.

Daar de benedengrond zeer gemakkelijk water doorliet, moest men krachtig water malen, ten einde de sleuf voor den keelmuur op de vereischte diepte te kunnen ontgraven. Toen daardoor de benedengrond zijn zamenhang begon te verliezen, fundeerde men den keelmuur op eene steenstorting en plempte bij het opmetselen zand aan, achter dien muur, in lagen van 0m.10 tot 0m.15, met horizontale trappen op den ongeroerden achtergrond rustende. Op dit zand en op den ongeroerden achtergrond werden nu de regtstanden opgetrokken, die, hoewel op verschillende grondslagen aangelegd en de bomvrije wulven benevens eene gronddekking van 4 meters dragende, na de voltooijing, slechts zeer geringe scheurtjes vertoonden.

Batterijen Saint Michel en Saint Laurent. — Deze batterijen werden tegelijkertijd met de gebouwen van het fort aan het Vlaamsche Hoofd aangelegd, op den tegenovergestelden Scheldeoever, nabij het arsenaal.

De regtstanden der 1ste batterij rusten op zandbedden, breed 2m.60, dik 0m.60, in een terrein, dat, slechts weinig jaren te voren, zelf was opgebragt. De ondergrond is vast; hij bestaat uit zand en grint uit de Schelde.

Het gebouw vertoonde enkele kleine scheurtjes.

De 2de batterij is eveneens gefundeerd, doch haar zandbed is in ongeroerden grond aangelegd.

Hieraan is geen zakking merkbaar geweest.

Buskruidmagazijnen te Brielle en Hellevoetsluis. — Beide magazijnen zijn op zandbedden gefundeerd, die in vrij zamendrukbare gronden zijn aangelegd.

De figuren 15*a* en 15*b* vertoonen twee doorsneden over het eerstgenoemde magazijn en doen tevens den grondslag kennen.

Het zandbed, dik 1m.54, steekt aan alle zijden 1m.40 buiten den aanleg des gebouws uit en rust op 2m.37 blaauwe klei, met zand gemengd, waaronder 1m.40 veen en vervolgens wederom klei met zand. Het ondervlak van het zandbed ligt 1 meter beneden het zomerwater.

Daar dit gebouw, behalve het dak, ongeveer 9 meters hoog is, de gronddekking daaronder gerekend, zoo bedraagt de belasting van den m² fundering — aangenomen, dat de bovenbelasting zich gelijkmatig over de geheele grondvlakte der muren verdeelt — onder de buitenregtstanden, 13 500 kilogrammen, welke aanzienlijke belasting onder de middenregtstanden nog tot 21870 kilogrammen stijgt.

Niettegenstaande de bouw in Augustus 1859 werd aangevangen en men in September 1860 — dus binnen den tijd van één jaar — de gronddekking opbragt, waardoor de fundering dus ten volle was belast, heeft het magazijn zich zeer goed gehouden.

———

Wanneer wij den uitslag nagaan van het gebruik der besproken funderingswijze in de verschillende toepassingen die wij beschouwden, dan hebben wij eer reden zulks aan te prijzen, dan te ontraden.

Sommige dier toepassingen toch, pleiten geheel ten voordeele dier funderingwijze.

De verschillende herstellingswerken te Charleroi en Nieuwpoort, het proefbed van Nieuwpoort en het zandbed onder het kruidmagazijn te Brielle hebben blijken gegeven van een groot draagvermogen te bezitten, en niet onderhevig te zijn aan belangrijke zetting. Zij pleiten te meer ten voordeele der zandbedden, daar men, zoo als boven werd gezegd, de oorzaken meent te kunnen aanwijzen, die het minder gunstig slagen in de overige gevallen ten gevolge hebben gehad.

De sterke zakking van ligchaam n°. 10 op het stationsplein te Emden wordt door den heer Bolenius toegeschreven aan de plaatsing nabij den kant eener ingraving.

Het sterk zakken en scheuren van de poort aan den ingang van het fort aan het Vlaamsche hoofd en van de wachthuizen nabij dien ingang, meenen wij zonder twijfel aan dezelfde reden te mogen toeschrijven.

Een dergelijk geval heeft zich onder anderen voorgedaan bij eene poterne in een der forten van de stelling van Heusden. Deze poterne was gefundeerd door uitgraving van den bovengrond tot op het natuurlijk zand en verkeerde dus, wat de funderingswijze betreft, in veel gunstiger omstandigheden dan de poort aan het Vlaamsche Hoofd. De dikte dier natuurlijke zandlaag was wel is waar onbekend, doch de ondervinding, opgedaan bij het heiwerk voor de fundering der inundatiesluis, die in de onmiddellijke nabijheid in den Hoogen Maasdijk werd gebouwd, had geleerd, dat de benedengrond in geenen deele slap was te noemen.

Toen men echter den wal van het aardewerk over de voltooide poterne doortrok, begon zij in het midden door te zakken en, van beneden af, sterke scheuren te vertoonen.

Dat zoodanige werking geen plaats heeft gehad bij de gebouwen in de keelen der forten van het voormalig geretrancheerd kamp van Antwerpen (figuren 16*a* en 16*b*), kan geweten worden aan den dieper gefundeerden keelmuur, die, in de eerste plaats, door zijn gewigt alle doorpersing van grond tegenging en die, in de tweede plaats, eenigzins als beschoeijing dienst deed. Uitpersing der minder zamenhangende benedenlagen werd hierdoor waarschijnlijk voorkomen. Wij meenen het scheuren der vermelde poterne dan ook gerust aan uitpersing van den ondergrond te mogen toeschrijven.

De aanzienlijke, schijnbaar onregelmatige zakking van de kazerne en van het paviljoen, in het fort van het Vlaamsche Hoofd, meenen wij dat toegeschreven kan worden aan de ongelijkmatige dikte van de daaronder gebragte zandbedden, in verband met den betrekkelijk hoogen stand van het polderwater.

Wanneer men met den heer Bolenius aanneemt, dat er in een zandbed van niet al te fijn en zeer zuiver zand eene soort van gewelfvorming plaats heeft, waarbij wij meenen dat de sterkst gedrukte vakken de rol van regtstanden zullen vervullen, dan zal bij zandbedden van ongelijkmatige dikte die vorming voorzeker niet even regelmatig kunnen geschieden, als bij bedden van gelijkmatige dikte.

Ligt het zandbed daarenboven gedeeltelijk beneden het zomerpeil, dan zal, op dat peil, die vorming waarschijnlijk geheel ophouden, daar de vochtigheid der zanddeeltjes hunne wrijving grootendeels zal opheffen. Om die reden komt ons de tusschenvoeging van dunne kleilagen, tot verkrijging van meerderen zamenhang, aanbevelingswaardig voor, daar zulks ten koste der wrijving zal plaats hebben.

De ongelijkmatige dikte der overgeblevene kleilaag schijnt geen invloed op de zakking te hebben gehad. De weinige zamendrukbaarheid van taaije grondsoorten, die geheel ongeroerd zijn en gedurende een lang tijdverloops een aanzienlijk gewigt aan bovengrond hebben gedragen, komt ons zeer aannemelijk voor. Op zoo weinig verschil in dikte kunnen de verschillen der percentsgewijze plaats gegrepen hebbende zamendrukkingen ook niet aanzienlijk zijn geweest.

Wij meenen dus de ongelijkmatige dikte der zandbedden en den hoogen stand van het polderwater als de hoofdoorzaken te mogen beschouwen van de nadeelige gevolgen, bij deze toepassing ondervonden.

Noch in de proeven van den heer Bolenius, noch in een der andere aangehaalde voorbeelden, vindt men echter voorzorgen aangegeven met betrekking tot de wijze van zamenstellen der gebouwen, in verband met de behandelde funderingwijze.

In dit opzigt kan men evenwel veel bijbrengen tot voorkoming van die scheuren, welke reeds bij de geringste zetting ontstaan.

Wanneer men toch aandachtig de werking gadeslaat, die plaats heeft in gebouwen, welke op deze of op soortgelijke wijze zijn gefundeerd, dan zal men doorgaans waarnemen, dat de eerste scheuren ontstaan in de benedenhoeken van deur- en raamopeningen, onder nagenoeg 45° naar beneden uit elkander wijkende.

Men kan zulks verklaren door aan te nemen, dat de gedeelten van het zandbed, die de muurgedeelten dragen, beneden de zool der opening gelegen, minder gedrukt wordende dan de aangrenzende gedeelten van het zandbed, die de volle muren dragen welke de raamopening begrenzen (of die bijvoorbeeld de regtstanden dragen, welke den schildmuur insluiten, waarin de raamopening gelegen is), deze minder gedrukte gedeelten van het zandbed ook minder zaamgeperst worden dan de aangrenzende, en bij gevolg eene weerstandbiedende kracht opleveren, die het muurwerk onder de raamopening op de oorspronkelijke hoogte tracht te houden, terwijl het belendende muurwerk op het zandbed nazakt (of door het gewelf daarop neergedrukt wordt.)

Ten einde de afscheuring te voorkomen, die hierdoor natuurlijkerwijze ontstaat, zou men de gedeelten van het muurwerk beneden de zoolen der openingen moeten dwingen de algemeene beweging te volgen; zulks kan onder anderen geschieden door het metselen van omgekeerde segments of streksche togen, onder de rollaag, die de zool vormt, of in stede van die rollaag (1).

———

Wanneer wij, met het oog op bovenstaande opmerkingen en naar aanleiding van de ondervinding, bepalingen moesten maken op den aanleg van zandbedden, tot fundering in slappe gronden, in voege als hier is bedoeld, dan zouden wij die stellen als volgt:

———

(1) Bovenstaande opmerking is schrijver verschuldigd aan de welwillendheid van den heer kapitein-ingenieur P. Stolk.

1. de diepte der ontgravingen zal worden geregeld in verband met den aard der te ontgraven gronden, zoodanig dat de dikte van het zandbed zoo gelijkmatig mogelijk worde; dat het ruste op ongeroerden, zamenhangenden grond en dat het bovenvlak van het bed minstens 1 meter boven den meest voorkomenden waterstand zij gelegen;

2. het zandbed zal in doorsnede den vorm van een regthoek hebben;

3. het zal, naar den aard der gebouwen, aan alle zijden meer of minder buiten den aanleg der muren uitsteken;

4. het zal, door aanplemping in lagen van 0^{m}.10 tot 0^{m}.15, uit zuiver, grof zand worden vervaardigd en na de voltooijing eenige dagen onder water worden gehouden;

5. men zal vervolgens het water doen wegzakken en na uitpomping van het water dat daarin nog kan zijn achtergebleven, de fundamenten aanleggen;

6. zoo veel doenlijk zullen de materialen, waarmede het werk zal worden opgetrokken, op de fundamenten worden gestapeld, welke belasting men eenige maanden daarop zal doen rusten;

7. de zamenstelling der gebouwen zal zoo ligt zijn als slechts eenigzins met hunne bestemming kan worden overeengebragt;

8. indien zij in de nabijheid van ingravingen of grachten zijn geplaatst, dan zal tegen de wegpersing van den grond, van onder het zandbed door geschikte middelen moeten worden voorzien.

Met het oog op uitsluitend militaire gebouwen zouden wij hier bijvoegen:

9. de schildmuren zullen niet worden gemetseld, dan nadat het overige metselwerk aan geen zakking meer onderhevig blijkt te zijn;

10. onder de verschillende openingen, die in de muren moeten gespaard worden, zullen omgekeerde gewelven worden gemetseld;

11. de gronddekking zal zoo laat mogelijk worden opgebragt.

Breda, den 28sten Februarij 1867.

DE IJZEREN SLUISDEUREN AAN DE ZEEHAVEN TE GEESTEMÜNDE, DOOR DEN *Obenmaschinenmeister* WELKNER.

(Zeitschrift des Architecten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover, 1865, S. 226.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst I.)

(Platen 7—12.)

In het volgende opstel zal de constructie van de ijzeren sluisdeuren aan de zeehaven te Geestemünde omstandig worden beschreven, met welker uitvoering de schrijver van wege de rijksdirectie over spoorwegen en telegrafen belast was.

Volgens het plan moesten er drie paren sluisdeuren van 80 voet (23^{m}.35) doorvaartwijdte aangelegd worden: een paar vloeddeuren van 16 voet onder nul tot 27 voet boven nul, dus 43 voet (12^{m}.55) hoog, en twee paar ebdeuren van — 16 tot + 16 voet, dus 32 voet (9^{m}.34) hoog. De gewone vloedhoogte stijgt tot + 11.4 voet, hetwelk ook de waterstand in de havenkom is, dus de drukhoogte, die voor de ebdeuren in aanmerking komt; voor de vloeddeuren was de grootere hoogte noodig door de periodiek terugkeerende stormvloeden.

Nadat besloten was de deuren van ijzer en wel, naar het voorbeeld van eenige overeenkomstige grootere zamenstellingen, zoowel in Engeland als in de naburige haven Bremerhaven, ze als holle drijvende ligchamen van geslagen ijzer te maken, rees het eerst de vraag, welke gedaante en afmetingen aan de sluizen moesten gegeven worden, opdat zij den hoogst mogelijken graad van vastheid tegen de waterdrukking, zoowel met betrekking tot het geheele zamenstel als tot de plaatselijke vastheid van de afzonderlijke vrije ijzeren platen, zouden bezitten, en onder beide voorwaarden bij het spaarzaamst mogelijk gebruik van ijzer.

Daarbij was de vraag, of de deuren zouden worden gemaakt als balken, die, van binnen regt en van buiten eenigzins bol, volgens zekeren hoek tegen elkander zouden slaan en tegen de landhoofden leunen (plaat 7, figuur 2), of als boogvormige balken, die, gelijk in figuur 3, volgens den daaraan beantwoordenden straal beschreven, den druk op de slagstijlen der landhoofden overbrengen.

Wat *de vastheid van de deuren in het geheel* betreft, leidt eene vergelijking van beide constructiën, als men bij dezelfde wijdte van 80 voet (23^{m}.36) ook dezelfde pijlshoogte $cd = 16$ voet (4^{m}.67) aanneemt en op den voorgrond stelt, dat in de dwarsdoorsnede ef van eene onder ebbepeil gelegene kas van 3 voet hoogte even veel materiaal en 58.8 vierkante hannoversche duimen (348.5 vierk. centimeters) oppervlakte is, verder dat de geheele vastheid van het ijzer (gemiddelde van volstrekte en uitrekkings-vastheid per vierkanten hannoverschen duim 35000 pond (5920 pond of 2960 kilogrammen per vierk. centimeter) bedraagt, en dat de grootste meerdere druk van het water 14 voet (4^{m}.09) hoogte boven vloed bedraagt, — tot de volgende uitkomsten:

Voor den *regten* vorm van de deur is de maximum-drukking p in het ijzer per vierkanten hannoverschen duim, als:

q den waterdruk per strekkenden voet beduidt, dus hier = 2234 pond (11.17 kilogrammen).

l de halve lengte van eene deur . . . . = 23 voet

e den afstand der meest verwijderde vezelen van de onzijdige as der deur, bij 3 voet dikte . . . . . = 1.5 »

d den hefboomsarm voor het aangrijpingspunt der kracht volgens de lengte bij 3 voet dikte in het midden en 2 voet dikte aan de einden (de voorzijde bol ondersteld) . . . . . = 0.5 »

W het moment van traagheid der boven aangeduide verticale dwarsdoorsnede (de voet als lengte-eenheid genomen). . . . . = 0.711 »

F de dwarsdoorsnede van het aangewezen gedeelte (hoog 3 voet) der cilindervormige deur in vierkante voeten, hier $= \frac{58.8}{144}$ . . . . . = 0.408 vierk.voet

en Φ den hellingshoek van de deur $\left(\text{hier tang } \Phi = \frac{16}{40} = \frac{2}{5}\right)$ volgens de formule

$$p = \frac{q\,l\,e}{W}\left(\frac{l}{2} - \frac{d}{\text{tg}\,\Phi}\right) + \frac{q\,l}{F\,\text{tg}\,\Phi}$$

$p = 9910$ pond per vierkanten hannoverschen duim (1670 pond of 835 kilogrammen per vierkanten centimeter.)

Dus geeft de *regte* vorm van de deur eene

$$\frac{35000}{9910} = 3.5\text{-voudige veiligheid.}$$

Voor den *ronden* vorm van de deur volgt uit de genoemde pijlshoogte een straal r van 58 voet (16^{m}.9), en men vindt, als weder $q = 2234$ pond (1117 kilogrammen) en F = 58.8 vierkante hannoversche duimen is, voor p

$$p = \frac{q \cdot r}{F} = 2215 \text{ pond per vierkanten hannoverschen duim (374 pond}$$

of 187 kilogrammen per vierkanten centimeter.)

Dus geeft de *ronde* deurvorm eene:

$$\frac{35000}{2215} = 15.8\text{-voudige veiligheid.}$$

Bij de regte deuren bedraagt de lengte van eene deur slechts 43 voet, terwijl zulk eene deur bij de ronde deuren, volgens een' boog van 58 voet straal, 44.2 voet lang wordt; het paar ronde deuren vordert dus, bij gelijke doorsnede, $\frac{88.4 - 86}{86} = \frac{1}{35}$ meer materiaal dan het regte, of, bij gelijk verbruik van ijzer, zoude de regte deur nog 3 hannoversche duimen dikker kunnen gemaakt worden dan bij de bovenstaande berekening van de doorsnede is aangenomen, dat is 3 voet en 3 duim, in plaats van 3 voet, waardoor dan $e = 1.62$ voet, $d = 0.62$ voet, W = 0.833 in voeten en eindelijk $p = 9140$ pond per vierkanten hannoverschen duim zou worden. De regte deur geeft zelfs dan nog slechts eene $\frac{35000}{9140} = 3.8$-voudige veiligheid tegenover den waterdruk van 14 voet hoogte, terwijl bij niet grooter verbruik van ijzer de ronde deur eene 15.8-voudige veiligheid geeft. Dus blijkt de ronde vorm, met betrekking tot de vastheid van het geheel, meer dan 4 malen zoo veilig te zijn als de regte en derhalve de voorkeur te verdienen.

Wat *de plaatselijke vastheid der diep onder water gelegene ijzerplaten* van het ligchaam der deur betreft, ontstaat eveneens de vraag, welke deurvorm zich uit dit oogpunt gunstiger vertoont, waarbij gelet moet worden op eenen meermalen terugkeerenden grootsten waterstand tegen de onderste deelen van de vloeddeuren, ter hoogte van 34 voet.

Voor de regte deuren werd eene berekening gemaakt met betrekking tot de bekleedingsplaten van 3 voet hoogte en 9 voet lengte. Na aftrek van de breedte der hoekijzers werd voor de vrije hoogte 30 duim genomen. De dikte was $\frac{1}{2}$ duim. Voor eene willekeurige verticale strook werd de grootste inwendige spanning gevonden 14400 pond per vierkanten duim (2430 pond of 1215 kilogramme per vierkanten centimeter.) In dezen zin zouden zulke platen eene 2.5 voudige veiligheid aanbieden. Voor eene horizontale strook wordt dan de veiligheids-coëfficiënt gevonden = 0.25 (1).

Bij de ijzerplaten der ronde deur komt, behalve de weerstand der verticale strook, de weerstand der gebogene horizontale strook in aanmerking.

De veiligheids-coëfficiënt der verticale strook is ook hier = 2.5. De berekening geeft voor de hier bedoelde horizontale strook eenen veiligheids-coëfficient = 2.

De geheele veiligheid van de beide met elkaâr dingende vormen zal men, zonder een' te grooten misslag te begaan, door de som van de afzonderlijke veiligheden kunnen uitdrukken; men verkrijgt dan voor de vlakken van de regte deur 2.5 + 0.25 = 2.75-voudige veiligheid, en voor de even dikke en even wijde vlakken van de gebogene deur

$$2.5 + 2 = 4.5\text{-voudige veiligheid,}$$

zoodat ook met het oog op de plaatselijke vastheid van de ijzeren zamenstelling aan den gebogen vorm onvoorwaardelijk de voorkeur moet worden geschonken.

Men kon evenwel twijfel opperen, of de voor den wederstand van de hier in beschouwing genomen platen gemaakte berekening juist was, en daar zij bovendien slechts geringe graden van veiligheid aanbood, die voor zulk een belangrijk werk te naauwernood bevredigen konden, maar daarentegen, te oordeelen naar overeenkomstige ondervinding, vrije platen van $\frac{1}{2}$ duim dikte bij 30 duim hoogte aan den in aanmerking genomen druk wel met voldoende veiligheid weêrstand moesten kunnen bieden, en daar voorts naauwkeurige opgaven over den weêrstand van platte en ook van kromme ijzerplaten tot heden te eenenmale ontbraken, — zoo sloeg ik het nemen van proeven voor, die den werkelijken toestand helder zouden voorstellen.

Nadat het bestuur over de spoorwegen en telegrafen het nemen van die proeven had goedgekeurd, deed ik de in figuur 3 afgebeelde twee plaatijzeren kasten maken, die, naar de afmetingen, $\frac{1}{3}$ van de natuurlijke grootte der platen van de te bouwen sluisdeuren en gelijke inrigting hadden.

De kast A vertegenwoordigt de in beschouwing komende regte ijzeren platen, de kast B de gebogene voor een' straal van 60 voet, die dus bij de proef 20 voet werd. Daar hier de waterdruk niet, gelijk bij de sluisdeuren, van buiten maar in het binnenste van de kasten werd voortgebragt, zoo stelt het vlak b de bolle, het vlak b' de holle zijde van de sluisdeur voor. De vrije hoogte in de kast bedraagt $\frac{30''}{3} = 10''$, de dikte van het plaatijzer $\frac{\frac{1}{2}''}{3} = \frac{1}{6}'' = 2'''$ engelsche maat.

Bij a is het mondstuk eener waterdrukpijp van eene drukpomp, bij c is een manometer aangebragt, die den uitgeoefenden waterdruk per vierkanten duim oppervlakte in ponden aanwijst, en daaronder bevindt zich eene luchtkraan. Het meten van de te weeg gebragte doorbuigingen geschiedde met behulp van het liniaal-raam ee, terwijl de druk in het binnenste van de kast door sluiting van de kraan f werd bepaald. De kasten waren geheel lucht- en waterdigt geklonken. In de volgende tafels zijn de uitkomsten van de proeven te zamen gevat.

Bij de regte kasten is van de doorbuigingen, die elke wand vertoonde, het gemiddelde aangegeven; zij hebben echter nooit meer dan $\frac{1}{4}$ millimeter van elkander verschild.

(1) Eene meer naauwkeurige berekening geeft voor de grootste inwendige spanningen omstreeks het dubbele van hetgeen daarvoor door den schrijver is gevonden. De veiligheids-coëfficiënten 2.5 en 0.25 zijn dus slechts ongeveer half zoo groot. (Red.)

Tafel I.

Drukking in halve kilogrammen.		Regte kast. Doorbuigingen in millimeters.		Gebogene kast. Doorbuigingen in millimeters.			
				Geheele		Blijvende	
per v. duim.	per v. cent.	Geheele.	Blijvende.	bol.	hol.	bol.	hol.
5	0.844	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	0	0
10	1.69	1	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	0	0
15	2.53	$1\frac{1}{4}$	0	$\frac{7}{8}$	1	0	0
20	3.38	$1\frac{5}{8}$	0	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	0	0
25	4.22	2	$\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
30	5.07	$2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{7}{8}$	$2\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$
35	5.92	3	$\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{5}{8}$
40	6.75	$3\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$2\frac{7}{8}$	3	$\frac{1}{4}$	1
45	7.60	$4\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$1\frac{3}{8}$

Door de drukking van 45 pond (22.5 kilogrammen) per vierkanten duim was de grens van de veerkracht der ijzeren wanden aanmerkelijk overschreden; intusschen bevond men bij naauwkeurig onderzoek van beide kasten, dat de plaats gehad hebbende verandering van vorm gelijkmatig geschied was, zoodat er geene golvendebuigingen of dergelijke zigtbaar waren.

De proeven werden hervat met dezelfde kasten, welker wanden door de blijvende doorbuiging, het gevolg van 45 pond druk op den vierkanten duim, reeds eenigzins uitgezet waren, en gaven de uitkomsten in de volgende tafel vervat.

Tafel II.

Drukking in ponden.		Regte kast.			Gebogene kast.					
		Doorbuigingen in millimeters.		Geheele blijvende verandering van vorm in millim.	Doorbuigingen in millimeters.				Geheele blijvende verandering van vorm in millimeters.	
					Geheele		Blijvende			
per v. duim.	per v.c. m.	Geheele.	Blijvende.		bol.	hol.	bol.	hol.	bol.	hol.
5	0.844	$\frac{1}{2}$	0	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	0	$\frac{7}{8}$	$1\frac{3}{8}$
10	1.69	$\frac{7}{8}$	0	—	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	—	—
15	2.53	$1\frac{1}{8}$		—	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	0	0	—	—
20	3.38	$1\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$	$1\frac{5}{8}$	1	1	0	0	—	—
25	4.22	$1\frac{5}{8}$	$\frac{1}{8}$	—	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	0	$\frac{1}{16}$	—	$1\frac{7}{16}$
30	5.07	2	$\frac{1}{8}$	—	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{15}{16}$	$1\frac{1}{2}$
35	5.92	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	—	2	2	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	1	—
40	6.75	$2\frac{5}{8}$	$\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	—	—
45	7.60	$3\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{7}{8}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	—	$1\frac{5}{8}$
50	8.44	$3\frac{7}{8}$	$\frac{1}{2}$	2	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{3}{4}$	1	$\frac{7}{8}$	$1\frac{7}{8}$	$2\frac{1}{4}$
60	10.13	$6\frac{1}{4}$	$2\frac{5}{8}$	$4\frac{1}{8}$	4	4	2	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{7}{8}$	$2\frac{7}{8}$

Ook na deze proeven werden de kasten onderzocht en vertoonden evenmin in de regte als in de gebogene wanden eenige onregelmatige doorbuiging. Alleen had er eene gelijkmatige zwelling plaats gegrepen, die in het geheel aan elke zijde van de regte kast $4\frac{1}{8}$ millimeter, en aan elke zijde van de gebogene kast $2\frac{7}{8}$ millimeter bedroeg.

De platen stonden dus aanmerkelijk meer door dan de berekeningen deden voorzien; bij 60 pond (30 kilogrammen) per vierkanten duim hadden zij (althans de regte) volgens de berekening op het punt van te scheuren moeten gekomen zijn; dit was echter verreweg nog niet het geval.

Om de grens van het scheuren te naderen onderwierp ik de op de regte ramen geklonkene wanden aan eenen steeds toenemenden druk en zelfs tot 150 halve kilogrammen per vierkanten duim (25.3 pond of 12.65 kilogrammen per vierkanten centimeter), maar ook nu hield het ijzer het nog goed uit en ontstonden alleen aan de verticale buitenste kanten sterke bulten, het plaatijzer begon hier wat te lijden, hetgeen merkbaar werd door het afbladeren van de buitenkorst.

Voor de sluisdeuren in Geestemünde was de grootste druk, die met betrekking tot de plaatselijke vastheid van de ijzerplaten in aanmerking kwam, ongeveer 15 pond per vierkanten duim (= 2.53 pond of 1.265 kilogrammen per vierkanten centimeter), hetgeen overeenkomt met eene grootste waterdiepte van ongeveer 34 hannoversche voeten. Uit deze proeven lieten zich zeer gewigtige gevolgtrekkingen maken, te weten:

1. Was het buiten twijfel, dat de gebogene platen een grooter wederstandsvermogen toonden dan de regte; deze vastheid is voor buitenwanden van $\frac{1}{2}$ duim dikte, gebogen volgens een' straal van 60 voet, aanvankelijk bij 5 en 10 pond drukking en ten slotte bij 60 pond drukking bijna het dubbele, in het geheel minstens $1\frac{1}{2}$ maal zoo groot als bij regte wanden. De opgedane praktische ondervinding stemt alzoo *betrekkelijk* tamelijk wel met de berekening overeen, daar deze voor de platte vlakken 2.75, voor de met 60 voeten straal gebogene, $\frac{1}{2}$ duim dikke, platen 4.5 voudige veiligheid gaf.

2. Volgt uit de proeven, dat de platen bij eene drukking tot 20 pond per vierkanten duim geene, en de bolle, die bij de sluisdeuren den grootsten druk te wederstaan hebben, nog bij 35 pond drukking geene noemenswaardige blijvende doorbuiging vertoonen. Uit de omstandigheid, dat de platen het uitgehouden hebben bij eene drukking, die tot 150 pond per vierkanten duim steeg, volgt, dat platen van $\frac{1}{2}$ duim dikte en gebogen volgens een' straal van 60 voet, bij eene vrije hoogte van 30 duim, tegen den plaats grijpenden localen druk, eene minstens 10-voudige veiligheid aanbieden; en het is dus niet noodig zulke vrije ijzeren platen door het aanbrengen van T-ijzers te versterken, zoodat eene aanzienlijke hoeveelheid materiaal bespaard wordt.

3. De wederstand van de holle platen is altijd grooter dan die van de regte, maar daarentegen kleiner dan die van de bolle. Bij hoogere drukkingen naderen de uitkomsten die van de laatsten, en bij 60 pond druk zijn de vormveranderingen voor holle platen niet grooter dan die voor de bolle.

De vraag kan nog ontstaan, of het juist is, gelijk hierboven geschiedde, uit de proefkasten besluiten te trekken voor de werkelijke uitvoering.

Men stelle

l = de vrije lengte in duimen,

d = de dikte van de plaat in duimen,

q = de uitwendige drukking per vierkanten duim, zoowel bij de modelkasten als bij de werkelijke uitvoering, en eveneens

p en p_1 = de grootste inwendige drukking per vierkanten duim van het materiaal, verder

r = den straal van den boog in duimen,

zoo is voor eene afzonderlijk beschouwde plaatijzeren reep van 1 duim breedte

$$p = \frac{\frac{d}{2} \cdot q \cdot l^2}{16 \cdot \frac{1}{12} d^3} = \frac{3}{8} \frac{q \cdot l^2}{d^2}; \quad p_1 = \frac{qr}{d}.$$

Bij de proeven met de modellen was de uitwendige drukking eveneens per vierkanten duim genomen, maar al de afmetingen waren tot $\frac{1}{3}$ herleid; beteekenen dus W en W_1 de maximum-drukking bij de modellen, zoo heeft men

$$W = \frac{3}{8} \frac{q \cdot (\frac{1}{3} l)^2}{(\frac{1}{3} d)^2} = \frac{3}{8} \frac{q l^2}{d^2} = p$$

$$W_1 = \frac{q \cdot \frac{1}{3} r}{\frac{1}{3} d} = \frac{q r}{d} = p_1$$

zoodat de gemaakte gevolgtrekkingen als juist mogen worden erkend.

Wat de volstrekte grootte van de veerkrachtige en ook van de blijvende doorbuigingen betreft, geven ook de proeven hieromtrent een naauwkeurig rigtsnoer, ofschoon zij slechts tot bepaling van het *betrekkelijk wederstandsvermogen* der regte en gebogene platen dienen moesten.

Stelt men in de formulen voor de doorbuiging van regte en van gebogene platen drie eenvoudige afmetingen, zoo wordt ook de waarde der doorbuiging het drievoud. Bij de deuren mag dus eene doorbuiging verwacht worden ten bedrage van het drievoud der bij het model waargenomen doorbuiging.

Nog kon de vraag worden opgeworpen, of de opgeteekende uitkomsten op den duur proef houden, als een dikwijls terugkeerende druk werkt, gelijk de wisseling van eb en vloed, en bij welke grens eene meermalen terugkeerende drukking in staat is de doorbuiging, welke eene ijzerplaat heeft aangenomen, te vergrooten.

Tot dit doel werd de regte kast, welker buitenvlakken, blijkens tafel II, reeds aan een' druk van 60 pond per vierkanten duim blootgesteld waren geweest, en doorbuigingen van ongeveer 20 voet straal hadden aangenomen, gelijk vroeger van een' metalen manometer voorzien, met de drukpomp van een stoomwerktuig in verbinding gebragt, zoodat de naar de kast zich voortplantende drukking (tot de grens van 25 pond per vierkanten duim) naar welgevallen kon worden bepaald, en zoo dikwijls met tusschenpoozen terugkeerde als de pomp slagen naar boven of het stoomwerktuig omwentelingen deed.

De volgende tafel III geeft de uitkomsten van de waarneming, voor beide kastwanden gemiddeld:

Tafel III.

Drukking in ponden (halve kilogrammen.)		Veerkrachtige doorbuiging in millimeters.	Blijvende doorbuiging in millimeters.	Hoe dikwijls de druk aangebragt werd en na welk tijdsverloop de doorbuigingen plaats grepen. (ongeveer.)
per vierk. duim.	per v. centim.			
7	1.18	$\frac{1}{2}$	0	25 malen in $\frac{1}{2}$ minuut.
7	—	$\frac{1}{2}$	0	25 000 „ „ 1 dag.
10	1.69	$\frac{7}{8}$	0	25 „ „ $\frac{1}{2}$ minuut.
10	—	$\frac{7}{8}$	0	25 000 „ „ 1 dag.
15	2.53	$1\frac{1}{8}$	0	25 „ „ $\frac{1}{2}$ minuut.
15	—	$1\frac{1}{8}$	0	25 000 „ „ 1 dag.
20	3.38	$1\frac{3}{8}$	0	25 „ „ $\frac{1}{2}$ minuut.
20	—	$1\frac{3}{8}$	0	25 000 „ „ 1 dag.
20	—	$1\frac{3}{8}$	0	75 000 „ „ 3 dagen.
25	4.22	$1\frac{5}{8}$	$\frac{1}{16}$	25 „ „ $\frac{1}{2}$ minuut.
25	—	$1\frac{5}{8}$	$\frac{1}{8}$	25 000 „ „ 1 dag.
25	—	$1\frac{5}{8}$	$\frac{1}{8}$	125 000 „ „ 6 dagen.

Uit deze proeven moet worden afgeleid:

1. dat het dikwijls terugkeerende getal werkingen op de grootte van de doorbuigingen (binnen de grens van 25 pond per vierkanten duim) bijna of in het geheel geen' invloed uitoefent;

2. dat, vergeleken met de tafels I en II, het wederstandsvermogen van de ijzerplaat met de toenemende blijvende doorbuigingen (waarvan het gevolg was de plaat meer en meer bol uit te zetten) steeg; althans is dit het geval geweest binnen de grens van 25 pond;

3. dat door de (volgens tafel II) bij 60 pond drukking plaats gehad hebbende doorbuiging het ijzer in het geheel niet zoodanig geleden heeft, dat zijne grens van veerkracht door drukkingen beneden de 25 pond verminderd is geworden.

Uit al deze resultaten volgt eindelijk, dat men voor de onderste gedeelten van de sluisdeuren te Geestemünde ijzerplaten van $\frac{1}{2}$ duim dikte, bij ongeveer 30 duim vrije spanning, veilig tegen den plaatselijken waterdruk kan aanwenden, en dat, wegens grootere veiligheid, aan de gewelfvormige deuren onvoor waardelijk de voorkeur moet worden geschonken.

Daar men, wegens den invloed van het roesten, voor de onderste deelen wilde afzien van geringere dikten dan die van $\frac{1}{2}$ engelsche duim (12.7 millimeter), ook om aan de deuren een' langen duur te verzekeren, behoefde nog slechts de vraag te worden behandeld, welken graad van doorbuiging men bij de vrije platen wilde toelaten, om daarnaar de bijzondere versterkingen van de onderste vlakken in te rigten.

Bij de 2 paren ebbedeuren bedraagt de grootste druk op de onderste ijzerplaten te naauwernood 12 pond per vierkanten duim (2.03 pond of 1.015 kilogramme per vierkanten centimeter); de daardoor ontstane doorbuigingen konden derhalve niet grooter worden aangenomen dan $3 \times \frac{5}{8}$ = ongeveer 2 millimeters, en het scheen onnoodig bij deze deuren de platen van $\frac{1}{2}$ duim dikte door bijzondere versterkingen stijver te maken.

Bij de vloeddeuren bedraagt de plaatselijke waterdruk in den regel ook niet meer dan 12 pond per vierkanten duim, maar bij

hooge stormvloeden kan hij iets stijgen en wel tot 16 of 17 pond per vierkanten duim (2.7 tot 2.87 pond of 1.35 tot 1.435 kilogramme per vierkanten centimeter). Ofschoon ook hierbij blijvende doorbuigingen van de $\frac{1}{2}$ duim dikke platen niet te verwachten waren, zoo zoude in de onderste bolle deelen van de deur de veerkrachtige doorbuiging toch tot 3×1 millimeters $= 3$ milimeters kunnen toenemen. Om derhalve aan de vloeddeur evenveel weerstandsvermogen tegen den plaatselijken waterdruk te geven als aan de ebdeur, werd als voorzorg wenschelijk geacht de stijfheid van de onderste kasten en van de bodemplaat der vloeddeur te verhoogen door er T-ijzer tegen aan te klinken, gelijk dan ook bij de uitvoering geschied is. Bij de twee paren ebbedeuren scheen *zulk eene voorzorg* intusschen in het geheel niet noodig. Bij de keuze van den regten deurvorm zou bij de ebbedeuren de veerkrachtige doorbuiging reeds $3 \times 1\frac{1}{8}$ millimeter $= 3\frac{3}{8}$ milimeter bedragen hebben, zoodat men in dat geval bijzondere versterkingen van de $\frac{1}{2}$ duim dikke platen zou hebben moeten aanbrengen of sterkere platen kiezen.

Na al deze overwegingen kon het niet langer worden ontkend, *dat de ronde vorm* van de ijzeren sluisdeur den in elk opzigt hoogsten graad van veiligheid aanbood en daarbij tevens de goedkoopste uitvoering gedoogde.

Daarbij vloeide uit de keus van ronde deuren nog het voordeel voort, dat de sluismuren (het metselwerk van de slagstijlen) minder zijdelingschen weerstand zullen behoeven te bieden, dan bij de regte, dewijl bij de ronde deuren de rigting van den op het metselwerk overgebragten druk meer in de rigting der lengte van dit metselwerk valt.

Men besloot dus op al deze gronden bepaaldelijk de ronde deur te kiezen

Eindelijk rees nog de vraag naar den voordeeligsten straal voor de deuren of naar den voordeeligsten hoek Φ in de figuur 4 van plaat 7, onder voorwaarde, dat de aan te wenden massa materiaal, bij de grootste vastheid van deur, zoo gering mogelijk werd.

Beduidt

$D = qr$ de op den boog uitgeoefende drukking en
$B = 4\ r\ \Phi$ de lengte van den boog,

dan is:

$$F(\Phi) = D \times B = qr^2 . 4\ \Phi$$

en dewijl

$$r = \frac{l}{\sin(2\Phi)} \text{ is,}$$

$$F(\Phi) = 4\ q\ \frac{l^2\ \Phi}{\sin^2(2\Phi)}.$$

Uit welke vergelijking volgt:

$$\Phi = 33^\circ.$$

De hoek $\Phi = 33^\circ$ zou echter beantwoorden aan een' straal van 43.7 voet, waaruit eene booglengte van 100.5 zou volgen. Daar aan den anderen kant reeds gebleken was, dat de sluisdeuren, bij inwendige breedte van 2 voet 9 duim met platen van $\frac{1}{2}$ duim beneden, met een' straal van 60 voet (overeenkomende met een' hoek $\Phi = 22\frac{1}{2}^\circ$) beschreven en met eene booglengte van 94.2 voet, zoowel met betrekking tot de vastheid in het geheel als tot de plaatselijke vastheid, sterk genoeg waren; dewijl het daarbij ook dringend moest worden aanbevolen, wegens den invloed van het roesten geene zwakkere platen dan van $\frac{1}{2}$ duim dikte beneden in de deuren aan te wenden, zoo zoude de invoering van den hoek $\Phi = 33^\circ$ in dit geval (wel is waar om praktische redenen) tot een zeer onnoodig meerder gebruik van materiaal hebben geleid, in verhouding van de lengten der bogen (100.5 : 94.2), weshalve bij de uitvoering aan den hoek $\Phi = 22\frac{1}{2}^\circ$, en daarmede aan den straal van 60 voet (17.5 meter) de voorkeur werd gegeven.

Definitief werd wegens den noodzakelijken terugsprong van de stijlen, bij eene doorvaartwijdte in het midden van 80 voet, de afstand van de middelpunten dezer slagstijlen 85 voet, de pijl van den boog der deur (tot het midden van hare dikte) 17 *voet 9 duim* ($5^m.18$) *en de straal, die met dezen pijl* overeenkomt, 59 voet $9\frac{3}{4}$ duim ($17^m.45$)

Na deze uiteenzetting kan tot de beschrijving van de zamenstelling der sluisdeuren met hare bestanddeelen, zoo als schuiven, windwerken, enz. worden overgegaan.

Daartoe zijn afgebeeld:

op plaat 7 de platte-grond en horizontale doorsnede van de sluisdeuren; het voorste paar of dat van de vloeddeuren is in doorsnede geteekend, het eerste paar ebbedeuren van boven gezien. Het tweede paar ebbedeuren is aan het eerste gelijk, en aan het eind van de sluiskamer aangebragt.

*Plaat 8 stelt in een standgezigt en in twee doorsneden de in*wendige zamenstelling van de deuren voor, bepaaldelijk van eene ebdeur. De drie andere ebdeuren zijn daaraan gelijk, behoudens het onderscheid tusschen regts en links.

De beide vloeddeuren onderscheiden zich eigenlijk slechts door de 11 voet meerdere hoogte en het daaruit volgend grooter aantal horizontale regels. Ook is bij de vloeddeuren, gelijk reeds boven werd aangemerkt, en op plaat 7 te zien is, aan de onderste deelen van de kasten eene bijzondere versterking met T-ijzer aangebragt.

Plaat 9 vertoont de inrigting van de achterharren die, gelijk men zien zal, eveneens geheel van gesmeed ijzer zijn vervaardigd. Ook zijn de bovenste en onderste tappen en de tappannen op deze plaat voorgesteld.

Plaat 10 toont de détails van de verbindingen der ijzeren platen, benevens de inrigting en de plaatsing van de houten aanslagen, om de deuren digt tegen den drempel en de slagstijlen te doen sluiten.

Plaat 11 vertoont de inrigting van de spui-toestellen aan de ebdeuren, waarvan de openingen ook in doorsnede op plaat 8 te zien zijn. Aan de vloeddeuren waren zulke toestellen niet noodig. Ook is op plaat 11 de pomp voorgesteld, die in het inwendige van elke deur is aangebragt, om eenig langzamerhand verzameld regenwater en het door lekkage er in dringende water uit de deuren te kunnen verwijderen, opdat de tot zekere hoogte met water gevulde deuren door dit water niet met der tijd zwaarder worden. Ook hebben de pompen ten doel de deuren bij voorkomende herstellingen en tot het vernieuwen van de verw van binnen droog te maken.

Plaat 12 vertoont de windwerken en de rolkast voor de vloeddeuren en het eerste paar ebdeuren. Het vervaardigde windwerk is een dubbele windtoestel, *die tot het sluiten van elke twee tegenover*staande deuren dient; van zulke dubbele windwerken zijn er twee voorhanden; bovendien zijn er nog vier enkele windwerken van overeenkomstige zamenstelling tot het openen van deze vier deuren.

Eveneens zijn er voor het tweede paar ebbedeuren vier enkele windwerken voorhanden, waarvan er twee dienen tot het sluiten, en twee tot het openen van deze deuren.

De rolkasten dienen om de verscheidene van de windwerken komende *trekkettingen te geleiden bij het verlaten* van het metselwerk.

Behalve deze ondergeschikte deelen zijn er nog *inrigtingen tot het vastzetten van elke deur* aangebragt, om te voorkomen, dat de geopende deur de golvende beweging van het water aanneemt, en alzoo stooten in de tappannen te voorkomen.

Bij de vloeddeuren zijn inrigtingen tot het vastzetten aangebragt, zoowel voor hare ondersteuning van onderen bij eb als van boven om bij vloed haar rijzen en stooten tegen de bovenste tappen te verhoeden. Voor de ebdeuren waren zulke inrigtingen tot het vastzetten, uit den aard van haar gebruik, slechts voor hare ondersteuning van onderen noodig.

Deze inrigtingen tot vastzetten bestaan uit een' schroeftoestel, die op sterke gesmeed ijzeren hefboomen werkt. De schroeftoestellen zijn $\frac{3}{4}$ van de deurlengte in de zijmuren aangebragt en stevig verankerd.

Eene geleiding met rollen onder de te openen deur was wegens haar drijfvermogen niet noodig.

Gelijk uit plaat 7 blijkt, is de straal van de gebogene deuren, gemeten in het midden van hare dikte, 59 voet $9\frac{3}{4}$ duim ($17^m.45$). De deuren zijn in het midden inwendig 2 voet 9 duim ($0^m.802$), aan de einden 2 voet 2 duim ($0^m.634$) breed, zoodat zij van onderen, waar de wanden $\frac{1}{2}$ duim dikte hebben, uitwendig 2 voet 10 duim ($0^m.826$) en 2 voet 3 duim ($0^m.657$) dik zijn. De buitenste holle wanden zijn volgens een' straal van 60 voet beschreven; de binnenste bolle zijn volgens denzelfden straal van 60 voet gebogen, maar aan elk der einden ter lengte van 7 voet ($2^m.04$) regt.

De plaatdikten van de buitenhuid vangen van onderen aan met $\frac{1}{2}$ *engelsche duim* (12.7 *millimeter*) *en nemen naar boven* af (in de volgorde, op de afbeelding aangegeven) tot op $\frac{3}{8}$ engelschen duim (9.53 millimeter). Eveneens zijn de onderste of bodem- en bovenste of dekplaten, gelijk ook de voorste en achterste loodregte wanden uit platen van $\frac{1}{2}$ duim dikte zamengesteld. (Plaat 9.)

In de hoogte zijn de deuren door horizontale platen in vakken afgedeeld van 3 voet tot 3 voet 6 duim; deze platen zijn van onderen $\frac{7}{16}$ duim (11.1 millimeter), vervolgens $\frac{3}{8}$ duim (9.53 millimeter) en van boven $\frac{5}{16}$ duim (7.95 millimeter) dik. In de lengte zijn de deuren door vertikale wanden in vakken afgedeeld, die uit plaatijzer van $\frac{3}{8}$ engelsche duim zijn vervaardigd.

Het ligchaam van de deur bestaat *uit een geraamte van* plaatijzer, dat de gezamenlijke hooge ruimte in afzonderlijke kasten verdeelt, die 3 voet hoog, ongeveer 12 voet ($3^m.5$) lang en over het algemeen 2 voet 9 duim ($0^m.802$) breed zijn. De achterharren bestaan uit kleine stukken, volgens eene afzonderlijke indeeling.

Het geheel is met de noodige hoekijzers en lasschen, waarvan de afmetingen en klinkverbindingen uit plaat 10 blijken, *waterdigt aaneengevoegd.*

Aan weerszijden van den middelsten verticalen wand zijn mangaten aangebragt, waardoor elke afzonderlijke afdeeling toegankelijk is. Door het aanbrengen van twee gietijzeren mangat-deksels met gewone schroefbeugels kan elke afzonderlijke afdeeling van de daaronder liggende vakken worden afgezonderd, indien zulks bij voorkomende herstellingen noodzakelijk mogt zijn.

Eene bijzondere beschouwing verdient de op plaat 9 op grootere schaal voorgestelde achterhar. Zij is, gelijk de deur zelve, geheel van gesmeed ijzer gemaakt; eene constructie, die wel is waar vroeger nergens was uitgevoerd geworden, maar om de gelijkslachtigheid van het materiaal bepaaldelijk de voorkeur verdiende. Figuur 1 op plaat 9 vertoont de achterhar in den gesloten (toegedraaiden) stand van de deur, *die vast aansluit tegen den uit graniet*blokken opgetrokken en zuiver afgeslepen slagstijl. Fig. 2 vertoont ze in den geopenden (opengedraaiden) stand van de deur.

Het draaipunt of het midden der tappan van de deur bevindt zich in het punt *D*. Uit het punt *M* echter (figuur 1), dat van *D* $\frac{3}{4}$ duim (18.2 millimeter; de exentriciteit of uitmiddelpuntigheid) verwijderd ligt, is met een' straal van 1 voet 5 duim ($0^m.414$) de *buitenste omtrek* van de achterhar en het holle gedeelte van den slagstijl beschreven. Bij het opendraaijen van de deur (eene hoekbeweging van $67^\circ\ 20^m$) schrijdt het middelpunt *M* van de achterhar naar M^1 en de deur draait vrij. De afstand van het vrijdraaijen bedraagt bij pq en rs (figuur 2) $\frac{1}{2}$ duim, en is zoo klein genomen, opdat bij het openstaan van de deuren geene drijvende ligchamen er achter kunnen dringen of achter den slagstijl vast raken.

De gebogen platen van de achterharren zijn $\frac{3}{4}$ duim (19.05 millimeter) dik genomen en met uitwendig verzonken klinkbouten plat aaneengevoegd. Ofschoon bij de zorg, waarmede de achterharren en de slagstijlen bewerkt zijn, het lekken van het water achter langs *de gesloten deuren niet te vreezen* was, *zoo zijn toch tot meerdere* zekerheid tegen de achterharren nog vertikale houten aanslagen aangebragt, gelijk zij van onderen langs den drempel noodig waren. Wegens deze vertikale houten aanslagen (figuur 2), was er een voorsprong of uitstek van de achterhar buiten het eigenlijke ligchaam van de deur noodig, groot 5 duim (12.15 centimeter), en is tot betere ondersteuning van dezen voorsprong in de afzonderlijke vakken, die de hoogte verdeelen, nog de hoekvormige plaat *a* (figuur 2) tusschengevoegd, zoodat te dezer plaatse ongeveer op elke $1\frac{1}{2}$ voet hoogte eene horizontale verbinding voorkomt.

Behalve de bedoelde houten aanslagen bevinden zich nog zulke aan de voorzijde, voor den onderlingen aanslag der deuren, gelijk blijkt uit plaat 10.

De aanslagen, gemaakt van het beste eikenhout, zijn met schroeven zoo aan het ijzeren ligchaam bevestigd, dat zij aan de binnenzijde van de deur losgemaakt en verwisseld kunnen worden. Dewijl het te vreezen is, dat de onder de houtvlakken gelegene ijzervlakken mettertijd sterk zullen lijden door roesten, zoo zijn, gelijk *op plaat 10 te zien is, deze ijzerplaten allen nog met* $\frac{1}{4}$ duims ijzerplaten bekleed, die eerst kunnen wegroesten, vóór dat de roest de eigenlijke ijzerconstructie kan aantasten. Te gelijk werd hierdoor de vastheid van deze ijzerdeelen, die het meest blootgesteld zijn aan de drukkrachten, aanmerkelijk verhoogd.

De tappannen zijn geheel van gesmeed ijzer en staal gemaakt, en met de ligchamen van de deuren door klinkbouten stevig verbonden. De bovenste en onderste tappannen van de 6 deuren zijn aan elkaâr gelijk. In de figuren op plaat 9 is *b* eene gesmede ligplaat, *c* eene bovenkomplaat van staal en *d* de halsring of rand.

De tappen, waarop de deuren draaijen, zijn van best gesmeed ijzer (staalijzer) vervaardigd en $8\frac{1}{4}$ duim (20.05 centimeter) in mid-

dellijn. Zij zijn in gietijzeren ankerstukken gezet, waarvan de inrigting en bevestiging in het muurwerk uit de afbeeldingen op plaat 9 blijkt. Aan deze gietijzeren stukken zijn ronde randen gegoten, waarnaar de slagstijlen zijn bewerkt geworden.

De tappen van $8\frac{1}{4}$ duim middellijn zijn naar beneden verdund tot 8 duim (19.44 centimeter). De halsringen zijn van boven $8\frac{1}{2}$ duim, van onderen $8\frac{1}{8}$ duim (20.95 centimeter en 19.73 centimeter) wijd, zoodat aan de deuren in hare tappannen of kommen slechts zeer geringe speelruimte gelaten is, en zij bij het vrijstaan en drijvende slechts in zeer geringe mate de beweging van de golven kunnen volgen.

De aldus uitgevoerde deuren hebben voor het gewone gebruik eene zeer groote vastheid. Hare geringste verticale doorsnede bedraagt bij de vloeddeuren van 43 voet hoogte 712.5 vierkante duimen en bij de 32 voet hooge ebdeuren 542.5 vierkante duimen, zonder de lasschen.

Moeten de deuren bij uitzondering dienen om de sluiskamer bij daarin te verrigten herstellingen droog te maken, zoo zoude bij eene waterdiepte van 30 voet (8m.76) (welke reeds met een' vloed van 14 voet hoogte overeenkomt) de vloeddeur de daaruit volgende waterdrukking nog met 18-voudige veiligheid verdragen; even groot is voor zulk een geval de veiligheidsgraad bij de ebdeur, terwijl hier slechts eene grootste waterdiepte van $16 + 11.4 = 27.4$ voet kan plaats vinden.

De waterdruk, die op de geslotene deur werkt, wordt op het metselwerk overgebragt, waar hij onder een' hoek van 45° 20′ werkt; dit metselwerk is voor alle gebeurlijkheden sterk genoeg aangelegd.

De tappen van de deuren hebben slechts de deuren bij het draaijen te besturen en ze te verzekeren tegen de werking van haar eigen gewigt en van het opwaarts drijven.

Het gewigt van de ijzerconstructie eener vloeddeur bedraagt 161 310 pond (80 655 kilogrammen) en met de daarbij komende deelen ongeveer 170 000 pond (85 000 kilogrammen). Het eigen gewigt van eene ebdeur is 120 890 pond (60 445 kilogrammen) en in het geheel bijna 130 000 pond (65 000 kilogrammen).

De zwaartepunten van deze massa's liggen bij beide deursoorten op ongeveer 20 voet van de draaijingsas.

Het grondvlak van eene in het water gedompelde deur bedraagt 133 hannoversche vierkante voeten. Bij gewonen vloed van $16 + 11.4 = 27.4$ voet waterdiepte is er dus eene oppersende kracht van $133 \times 27.4 \times 50 = 182\,210$ pond (91 105 kilogrammen); de vertikale as van deze oppersende kracht ligt op $22\frac{1}{2}$ voet van de draaijingsas verwijderd, alzoo ongeveer $2\frac{1}{2}$ voet voor de vertikaal van het zwaartepunt, zoodat de deuren immer op de ondertappen blijven drukken.

Wil men de deuren bij gewonen vloed even drijvend hebben, zoo moeten de vloeddeuren

$$\frac{182\,000 - 172\,000}{133 \times 50} = 1\tfrac{1}{2} \text{ voet}$$

en de ebdeuren met

$$\frac{182\,000 - 130\,000}{133 \times 50} = 7\tfrac{1}{2} \text{ voet}$$

hoog met water gevuld zijn.

Bij het gebruik van de deuren heeft men het beter geacht, ze met $1\frac{1}{2}$ voet minder water te vullen, dat is, de vloeddeuren in het geheel niet en in de ebdeuren slechts de twee onderste vakken tot eene gezamenlijke hoogte van 6 voet water te vullen. Deze vulling geschiedde met zoet water, dewijl het zoute water van de haven meer aanleiding tot roesten zou geven.

Met deze gewigten en vullingen beginnen de deuren te drijven als er nog $1\frac{1}{2}$ voet aan het gewone vloedpeil ontbreekt. Daarentegen is nu de druk der deuren op hunne steunpunten, als zij, hetgeen zelden gebeurt, bij eb geopend worden, zooveel te kleiner en bedraagt hoogstens ongeveer 60 000 pond.

Voor den weerstand van de tappen is alzoo de ongunstigst denkbare omstandigheid, als de deuren bij geheel ledige sluiskamers, gelijk bij hare eerste plaatsing het geval moest zijn, vrij om hare tappen draaijen. De eigene gewigten van de deuren werken dan op de tappen met een' druk, die

bij de vloeddeuren $\frac{172\,000 \times 20}{43} = 80\,000$ pond

» » ebdeuren $\frac{130\,000 \times 20}{32} = 81\,250$ pond

bedraagt.

Met het oog op dezen druk zijn de tappen voor 6-voudige veiligheid ontworpen geworden en $8\frac{1}{4}$ duim dik gemaakt. Bij het gebruik van de deuren is de veiligheid of het weerstandsvermogen van de tappen nog 2 tot $2\frac{1}{2}$ maal grooter.

De bovenste tappannen en hare verankering zijn in overeenstemming daarmede sterk gemaakt. Na hare plaatsing en vóór het inlaten van het water der sluiskamer gingen de deuren zoo gemakkelijk, dat reeds een sterke luchtstroom ze in beweging bragt. Ook in het gewone gebruik zijn zij zeer gemakkelijk te hanteren.

In den laatsten winter had zich achter de har van eene der vloeddeuren, toen beiden gedurende felle koude een tijd lang aanhoudend open hadden gestaan, eene vaste ijslaag gevormd. Door onvoorzigtig sluiten van de deur, zonder dat men vooraf de ijslaag verwijderd had, barstte de gietijzeren ring van den bovensten tap.

Om voortaan dergelijke ongevallen te voorkomen, zal het doelmatig zijn de bovenste tapringen nog met gesmeed ijzeren veiligheidsbanden te versterken, gelijk in de figuren op plaat 9 met gestippelde lijnen is aangeduid.

Om de vermelde waterstanden in de deuren te behouden, is bij elke deur eene van de op plaat 11 voorgestelde drukpompen aangebragt.

Bij de ebdeuren zijn de zuigpijpen zoo aangebragt, dat zij het water slechts van de derde horizontale afscheiding opvoeren. Daar de deuren zeer digt bewerkt en van boven gesloten zijn, behoeven de pompen slechts zeer zelden dienst te doen.

De op plaat 11 afgebeelde inrigting tot spuijen geeft tot geene bijzondere opmerkingen aanleiding.

Aan elke ebdeur zijn 2 spuischuiven, elke van 2 voet 9 duim breedte op 1 voet $7\frac{1}{2}$ duim hoogte (0m.803 bij 0m.474), tot spuijing van den bodem der sluiskamer en eene derde kleinere opening van $10\frac{1}{2}$ duim middellijn (0m.255) tot spuijing van het drempelvlak aangebragt, waardoor het op deze vlakken bezinkende slijk wordt verwijderd. Voor de spuijing in het algemeen zijn overigens in het metselwerk ruime riolen gespaard.

Voor de op plaat 12 afgebeelde windwerken tot het opentrekken en sluiten van de sluisdeuren is, in plaats van de gewoonlijk gebrekkige constructie van de windwerken op de wijze van de kaapstanders, waarbij de arbeiders aan uitstekende armen staan en moeten meeloopen, de inrigting zoo ontworpen, dat de sluiswachters aan krukken werken. Deze inrigting, overigens duidelijk genoeg in de afbeeldingen voorgesteld, biedt de volgende voordeelen aan:

1. dat er geene kegelvormige raderen behoeven te worden aangebragt, zoodat de windwerken bij gelijke krachtsinspanning gemakkelijker gaan;

2. de windwerken kunnen zoo hoog gelegd worden, dat door de kettingsponningen geen water naar binnen kan dringen en de windwerken dus in den winter steeds vrij van ijs blijven;

3. er konde gemakkelijk een dubbel stel in de windwerken worden aangebragt, het sterkere om de deuren reeds te kunnen optrekken, als het water voor en achter de deuren nog niet geheel op gelijk peil is gekomen, hetgeen in de laatste oogenblikken, gelijk bekend is, zeer langzaam gaat; het zwakkere voor het gewoon minder langzaam gebruik. De aangebragte raderen geven voor de verhouding der snelheden van last en van kracht:

$$1 : 50$$
$$\text{en } 1 : 25;$$

4. op deze wijze kon ook de remtoestel beter toegankelijk gemaakt worden, hetgeen wegens het uitschieten van de kettingen van belang is.

Bij de beschrijving van de platen werd reeds vermeld, dat in het geheel twee dubbele windwerken en buitendien 8 enkele windwerken met slechts éénen kettingtrommel aanwezig zijn.

De kettingen tot verbinding van de deuren met de windwerken zijn uit best ijzer, 1 duim dik, vervaardigd; eene dikte, die wegens de mogelijke krachtsinspanning, maar ook met het oog op de afslijting en het roesten van de kettingen in het zoute water bezwaarlijk geringer kon worden genomen.

De rolkasten tot geleiding van de kettingen door het muurwerk naar de windtoestellen zijn zoo hoog gelegd, dat zij gemakkelijk te naderen zijn; de acht rolkasten in de voorhaven en de sluiskamer zijn op $+1$, de twee rolkasten in de havenkom op $+9$ voet aangebragt.

Gelijk reeds hierboven werd aangegeven, bedraagt het gewigt aan gesmeed ijzer van eene vloeddeur 1613 centner (80 650 kilogrammen), dat van eene ebdeur 1208 centner (60 400 kilogrammen).

In de zes deuren is dus eene hoeveelheid bewerkt ijzer, zwaar 8058 centner (402 900 kilogrammen), tot welker bereiding 8150 centner (407 500 kilogrammen) materiaal verwerkt zijn geworden.

De gietijzeren tappannen van de deuren wegen gezamenlijk 610 centner (30 500 kilogrammen).

De gezamenlijke overige deelen, zooals spui-inrigtingen, pompen, windwerken, rolkasten, toestellen tot vastzetten van de deuren, en leuningen wegen te zamen nog 1715 centner (85 750 kilogrammen.)

Het geheele gewigt aan ijzer voor den bouw bedraagt alzoo 10383 centner (519 650 kilogrammen.)

Het voor de deuren zelve noodige gesmeed ijzer, al de platen, hoek- en T ijzers, klinkbouten, lasschen en kettingen, ook de tappen en tapplaten werden, dewijl de vrijhaven Geestemünde niet in het tolgebied ligt, naar naauwkeurig opgegevene maten uit Engeland besteld, terwijl het ineenzetten van de deuren, hare plaatsing, het in beweging stellen, de levering en plaatsing van al de bijzaken door de fabrikanten Frerichs & Comp. in Rönnebeck aan de Weser werden aangenomen, die tot groote tevredenheid hunne taak hebben verrigt.

De raming was:

1. het uit Engeland te ontbieden materiaal van gesmeed ijzer	37331 thalers
2. de plaatijzeren en andere voor de deuren noodige deelen, het opzetten er onder begrepen.	38069 »
3. het maken en plaatsen van de bijzaken, zonder kettingen	12900 »
Begrootingsom. .	88300 thalers

Bij de uitvoering zijn de kosten sub 1 iets lager uitgevallen.

De arbeid sub 2 en 3 is op slechts 44432 thalers te staan gekomen, zoodat ook hieruit nog eene besparing van ongeveer 6500 thalers voortvloeide, en de geheele uitvoering zonder steigers, steenhouwers- en timmerwerk voor aanslagen enz., ook zonder aanstrijken, in ronde cijfers slechts 81 000 thalers gekost heeft.

De centner (50 kilogrammen) is dus kant en klaar op ongeveer 8 thalers (14 gulden) te staan gekomen (28 cents per kilogramme.)

Nadat de deuren gesteld, en zoowel in- als uitwendig van roest gezuiverd waren, zijn zij driemalen met olie aangestreken.

De teekeningen werden in 1858 gemaakt, in 1859 werd de uitvoering aangevangen en in den herfst van 1861 was de arbeid aan de deuren voltooid.

SCHEEPVAART BINNEN 'S LANDS.
SLEPEN LANGS KETTINGEN.

(*Allgemeine Bauzeitung*, 1865, S. 193, naar Armengaud's *Publication industrielle*, XIV, p. 147.)

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

(Plaat 13.)

1. *Inleiding.*

Het eenvoudigste middel om schepen in eene rivier opwaarts te slepen bestaat, gelijk bekend is, daarin, dat men ze door menschen of paarden laat trekken, die aan eene jaaglijn loopen. (Paarden trekken bij 1 meter snelheid 40 tot 80 kilogrammen; de arbeid van een' mensch is slechts $\frac{1}{3}$ daarvan.)

Dit trekken nu is te onvoordeeliger, naarmate het jaagpad verder van den te volgen waterweg ligt, en daar deze afstand afwisselt, nu eens klein en dan weder zeer groot wordt, moet de trekkrach afgemeten worden naar den grootsten afstand.

Het gebrekkige van deze inrigting leidde reeds sinds lang tot het bezigen van stoomslepers, waaraan de geladene vaartuigen worden vastgemaakt. Maar deze kunnen slechts op groote rivieren met voordeel werken, waar zij geringe stroomsnelheid en groote waterdiepten vinden; in kleinere rivieren, die sterken stroom en slechts eene diepte van 50 tot 60 centimeters hebben, zijn zij bijna niet te gebruiken.

Daar bedient men zich meestal nog van het onvolkomene middel der regtstreeksche trekking en het bleef een vraagstuk voor de

waterbouwkundigen, een eenvoudig middel te vinden, waardoor deze inrigting met voordeel kon worden vervangen.

Voor rivieren, waarbij het vaarwater weinig afwisseling aanbiedt, en die bij tamelijk gelijke diepte geene te sterke kronkelingen hebben, is reeds het middel gevonden door de kettingvaart, eene inrigting, waarbij in het vaarwater der rivier een ketting gelegd en met beide einden bevestigd wordt, die over een of twee op een schip geplaatste cilinders of trommels loopt, welke door beweegkracht aan het draaijen worden gebragt.

Het is gemakkelijk te begrijpen, hoe dit schip zich aan den ketting opwerkt, hoe de ketting daarbij alleen met het vooreinde naar boven stijgt, daarentegen met het achtereinde weder op den rivierbodem daalt en alzoo slechts over eene betrekkelijk geringe lengte zigtbaar is; hoe verder de bewegende kracht, daar zij het schip met de daaraan vastgemaakte laadschouwen tegen een vast punt optrekt en voortbeweegt, veel *voordeeliger* werkt dan bij de stoomslepers, die zich zonder vast punt tegen den stroom moeten voortbewegen, waardoor veel kracht verloren gaat, en hoe eindelijk het trekken veel gunstiger moet uitvallen dan met eene jaaglijn, daar het den ketting en derhalve ook den stroom volgt.

Reeds sinds lang nam men tot dergelijke inrigtingen als de tegenwoordige kettingsleepvaart de toevlugt; men trok evenwel geen partij van de stoomkracht, maar van die van paarden, waarbij men paardenmolens op het slepende schip plaatste en zich langs eenen kabel tegen een vast punt optrok.

De eerste proef werd vermoedelijk in 1792, maar op grootere schaal in 1820 te Lyon op de Saône door Tourasse en Courteaut genomen.

Hier had men evenwel geen doorloopenden ketting, maar een kabel van tamelijke lengte met het eene eind aan den oever bevestigd, terwijl het andere eind zijne bevestiging aan den op het schip geplaatsten trommel vond. Zoodra de kabel geheel opgewonden was, moest hij weder afgerold en hooger stroomopwaarts vastgemaakt worden.

Zelfs met deze onvolkome paardenmolens waren de uitkomsten zoo bevredigend, dat men het denkbeeld opvatte, dergelijke schepen op de Rhône te laten varen, maar daarbij de kracht van den stoom aan te wenden in de plaats van die van paarden.

Ten gevolge hiervan werden in Maart 1822 twee proeftogten tusschen Givors en Lyon gedaan. De snelheid bedroeg 1 kilometer in het uur en de kabel had eene lengte van 2000 meters en eene dikte van 56 millimeters. Hierbij was echter de kabel in twee deelen gesplitst, en terwijl de eerste 1000 meters hiervan met het schip werden doorloopen, bragt men de andere 1000 hooger stroomopwaarts, zoodat het oponthoud minder lang duurde dan bij de vroegere inrigting.

In hetzelfde jaar 1822 nam Vinchon de Quémont eene proef op de Seine. De toestel was gemaakt naar aanwijzingen van Montgolfier en Dayme en bewoog een' loodregten trommel van 1^{m}.25 middellijn en 0^{m}.55 hoogte, die regts en links draaijen kon naar gelang van het vatten der hoekraderwerken. Het stoomwerktuig was volgens het stelsel van Watt en van 6 paardekrachten, die gelijke uitwerking deden als 10 trekkende paarden. Ook hier bleef de werking onbevredigend, doordien men nog geen doorloopenden kabel had.

Eerst in het jaar 1825 vormde Edouard de Rigny eene maatschappij voor sleepvaart op de Seine, tusschen Rouaan en Parijs, nadat hij zich overtuigd had, dat de onvoldoende uitkomsten alleen aan de gebrekkige inrigting van het mechanismus waren te wijten. Hij deed daarbij zijn voordeel met de ondervinding, die Courteaut en Tourasse in 1821 op de Saône opdeden, stelde de kracht van den stoom in de plaats van die van paarden, *kettingen* in de plaats van de kabels of touwen, en maakte *gene even lang als den te doorloopen weg.*

De maatschappij droeg den naam: «*Entreprise des remorqueurs sur la Seine.*»

De toestel van den sleper «la Dauphine», dien de maatschappij deed bouwen, was op een geplatboomd vaartuig van 21 meters lengte en 12^{m}.85 breedte. Het stoomwerktuig was ronddraaijend of rotatief, van 30 paardekrachten, en bragt een' gewonen trommel van 0^{m}.37 middellijn en 0^{m}.65 hoogte in beweging door middel van een rad van 1^{m}.3 middellijn, aan de as van het stoomwerktuig verbonden. In dit rad greep een ander van 0^{m}.75 middellijn; op de as van het laatste was een scheprad van 2^{m}.92 middellijn, dat bij het afvaren van den stroom dienst deed, en op de as van het scheprad was eene rol van 0^{m}.59 middellijn, over welker groef een ketting liep, die de beweging op eene soortgelijke rol voortplantte, welke op het voorste gedeelte van het schip was geplaatst en eindelijk de beweging aan eene derde rol van 0^{m}.54 op dezelfde as mededeelde, waarover de trekketting liep.

De overbrenging van beweging was zoo, dat als de beweegtoestel 10 omwentelingen maakte, het schip met eene snelheid van 1015 meters in het uur vooruitging.

Nog andere proeven werden in 1826 en 1827 door Bourdon gedaan op de Saône met gelijktijdig gebruik van twee schepen, waarbij men eveneens stoomwerktuigen van 30 paardekrachten aanwendde, die een scheprad en een' horizontalen trommel van 1^{m}.13 in beweging bragten, waarover een eind touw liep van 600 meters lengte.

Bij het opwaarts varen bevestigde men elk schip met zijn touw aan de voorste laadschouw, die opgesleept moest worden.

Nu voer eerst het eene schip stroomopwaarts en rolde zijn touw af tot op 600 meters lengte. Na dezen weg te hebben doorloopen, werd het voor anker gelegd, het scheprad buiten werk gesteld en het werktuig aan den gang gebragt, zoodat het de laadschouwen tot zich trok. Intusschen voer het andere schip met behulp van zijne schepraderen eveneens op, en wond daarbij zijn touw tot op 600 meters af; daarna kwam het voor anker en trok, op gelijke wijze als het eerste, de laadschouwen tot zich, totdat de beide stoomschepen weder bijeen waren. Zoo voer men voort tot dat de geheele weg was afgelegd.

Deze wijze van werken had het voordeel, dat men slechts twee touwen van 600 meters lengte noodig had, maar daarentegen het nadeel, dat er veel tijd verloren ging en de touwen zeer spoedig afsleten.

De heeren Tourasse en Mellet gaven in hunne verhandeling over stoomschepen de volgende beschrijving van een' sleper met 24 paardekrachten, dien zij in 1829 voor de dienst op de Seine, van Rouaan naar Parijs, ontwierpen.

Het sleepvaartuig had, gelijk de meeste stoomschepen, een' platten bodem, en was voor het afvaren van schepraderen voorzien. Om door sluizen en naauwe gedeelten van de rivier te kunnen varen, was er eene inrigting aangebragt, waardoor de schepraderen

ter volle breedte of dikte naar binnen konden worden teruggeschoven. De toestel tot opwaarts slepen bestond uit twee trommels, waarover zich een touw oprolde, dat aan een vast punt was geslagen. De ketting of kabel van ijzerdraad was een weinig langer dan de af te leggen weg en zijne dikte wisselde af met de sterkte van den stroom. Kwam men bij een snelstroomend gedeelte, zoo werd de kabel aan een vast punt op den oever geslagen, en eerst, als deze stroom overwonnen was, weder losgemaakt.

Deze waren de onderscheidene inrigtingen, tot het jaar 1829 bekend, en door de heeren Tourasse en Mellet in hun werk van 1828 beschreven.

Zij gaven voor het vervolg de regels:

1. dat men de cilinders of trommels, waarover de ketting zich oprolt, zoo moet aanbrengen, dat schokken niet nadeelig werken;
2. dat de trommels ten opzigte van elkander onveranderlijk van stand moeten zijn;
3. dat elke onnoodige wrijving van den ketting moet worden vermeden;
4. dat de snelheid van de trommels naar den stroom moet worden geregeld;
5. dat men geene kegelvormige of conische raderen moet gebruiken;
6. dat men geen henneptouw, maar of kabels van ijzerdraad of *kettingen* moet aanbrengen, die eene lengte hebben, gelijk aan die van den te doorloopen weg.

Hoe aan al deze voorwaarden kan worden voldaan, zien wij uit de volgende beschrijving van een door Dietz te Bordeaux gebouwd kettingschip, dat den naam draagt van *la ville de Sens*. Het heeft eene inrigting als reeds sinds lang op de Boven-Seine bestaat en ook sinds eenige jaren op de Beneden-Seine van Parijs naar Conflans werd gevolgd en tot de zee zal worden toegepast; zij vereenigt zooveel eenvoudigheid, regelmatigheid en gemak in de dienst, dat het te verwonderen is, dat zij niet meer is verbreid geworden.

Eerst in den jongsten tijd zijn concessien voor kettingscheepvaart op den Rijn aangevraagd geworden, inzonderheid op den Beneden-Rijn tusschen Ruhrort en Koblents, waarbij de ondernemers zich verbonden voor het rijk vrachtgoed 30 percent goedkooper te vervoeren dan de schippers, die hunne vaartuigen door paarden doen trekken.

2. *Beschrijving van het stoomsleepschip «la ville de Sens», gebouwd door den ingenieur Ch. Dietz, te Bordeaux.*

Figuur 1 van plaat 13 is eene lengte-doorsnede van het schip.
Figuur 2 de platte grond.
Figuur 3 de dwarsdoorsnede volgens de lijn 1—2 in figuur 1.
Deze drie figuren zijn op de schaal van $\frac{1}{120}$.
De figuren 4 en 5 vertoonen op de schaal van $\frac{1}{30}$ den beweegstoestel van voren en op zijde.
Figuur 6 toont in de bijzonderheden de wijze van zamenstelling der rollen, waarover de ketting loopt.
Figuur 7 geeft het standgezigt en den platten grond van een' der beide beweegbare armen of naalden, die den ketting leiden en de wrijving langs den scheepsrand verminderen.
Figuren 8, 9 en 10 zijn onderdeelen van den ketting.

Algemeene inrigting van het schip.

Het schip is geheel van ijzer; zijn bodem is plat, gelijk figuur 3 duidelijk aanwijst, opdat de diepgang zoo gering mogelijk zij; daarom voert het schip ook geen ballast; ledig bestaat zijne belasting alleen uit het stoom- of bewegings-werktuig in het midden en de beide ketels met de kolenhokken aan de einden. Op deze wijze gelukte het den scheepsbouwmeester den diepgang tot slechts 40 centimeters te herleiden (1), hetwelk van groot belang was voor de dienst op de Seine, die op vele plaatsen ondiepten heeft. De ribben, waaraan het plaatijzer, dat den buitensten wand van het schip vormt, zijn bevestigd, bestaan uit hoekijzers.

Voor en achter in het schip bevinden zich twee kamers A, die van de overige ruimte door een beschot a zoo zijn gescheiden, dat, als deze twee kamers A ten gevolge van een lek water inlaten, de veiligheid van het schip toch geen gevaar loopt.

Om het schip naar welgevallen te kunnen wenden, zijn twee roeren, aan elk eind één, aangebragt. Hun bewegingstoestel is zeer eenvoudig:

Aan de as van het roer zit namelijk eene rol b; over deze en de rol b' gaat een ketting c; de rol b' zit vast aan de verticale spil d en boven aan de laatste zit een stuurrad v, waaraan de roerganger draait.

De bewegings-werktuigen zijn nabij het midden van het schip opgesteld; het raam, dat de rollen en raderen draagt, steekt boven het dek van het schip uit en is daarom met eene kap B van plaatijzer overdekt.

De beide stoomketels hebben vlampijpen gelijk locomotiefketels en den vuurhaard daarbinnen.

De kolenvoorraad ligt in de magazijnen C, C, figuren 2 en 3, die regts en links van de ketels zijn aangebragt. Lucht en licht dringen in het binnenste van het schip door de openingen c' c' in het scheepsdek en de ronde glasruiten e e in de zijwanden, figuur 1.

De bewegings-werktuigen hebben liggende cilinders met uitzetting, die veranderd kan worden, en stoom-afkoeling.

De cilinders C^{1}, figuur 4, van 350 millimeters middellijn, zijn aan de wanden B^{2} van het gietijzeren raam bevestigd. De zuigerstangen loopen in lei-schalmen of coulissen en deelen de beweging mede aan de krukstangen F, en daardoor aan de krukken G, waardoor de horizontale as E, figuur 5, rondgedraaid wordt.

Tusschen de twee cilinders onder de as E zit de luchtpomp I. Eene tweede as E' vormt de verlenging van de as E en draagt de spoorraderen H en h, die door te grijpen in de spoorraderen H' en h' de beweging op de ketting-trommels T T' voortplanten.

De beide onderste wanden van het raam B^{2}, B^{2} zijn met de hooge wanden B^{3}, B^{3} en onderling door sterke bouten b^{1} verbonden. Het gansche raam rust op eene balklaag en is hiermede en tevens met het schip stevig vereenigd. Buitendien zijn twee T-vormige ijzers b^{2} aan de uitstekende armen van het raam aangebragt en vormen tevens de dwarsverbindingen met het schip.

De spoorraderen H en h zijn niet van gelijke middellijn, ten

(1) Volgens een artikel: „*Flussdampfschiffahrt in Nord-Amerika*", in de *Zeit. d. Vereins deutscher Eisenb.-Verw.*, 1865, vindt men daar stoomslepers die slechts *één voet* diep gaan. (Vert.)

einde aan de trommels verschillende snelheden te kunnen geven, zonder den gang van het werktuig te veranderen.

Wil men de groote snelheid te weeg brengen, zoo doet men het rad h grijpen in de raderen h^1 en h^2, figuren 4 en 5; wil men de kleine, zoo doet men het rad H vatten in de raderen H^1 en H^2.

De raderen h^1, h^2, H^1 en H^2 zijn met wiggen vastgezet op de horizontale assen J en J', welker tappen op de gietijzeren opstaande wanden van het raam B^3, B^3 rusten. Op de verlengden van deze assen zitten de trommels $T\,T$, waarover de trekketting loopt.

Het is van zeer veel belang, dat men de snelheid van het schip naar goedvinden kan wijzigen, naar gelang men stroomop- of afwaarts vaart; de toestel tot het uit- en in het werk stellen van de raderen is uit figuur 5 duidelijk te zien: v^1, v^1 zijn twee schroefspillen met tegen elkaâr inloopende schroefdraden; zij dragen aan elk eind kleine raderen x, x; de schroeven hebben hare moeren in de raderen H en h, en op de as E' zit een los klein spoorrad met een spilrad V. Wordt nu het laatste met de hand omgedraaid, zoo draaijen de schroefspillen en verschuiven ook de spoorraderen H en h op hunne as.

De trommels $T\,T$, figuur 6, zijn uit vijf gietijzeren schijven t, t, van gelijke gelijke middellijn, zaamgesteld, met schijven van blik er tusschen; al de schijven zijn door bouten t', t' met elkander verbonden. Om te voorkomen, dat de gietijzeren schijven aan den omtrek te spoedig afslijten, zijn zij van stalen randen voorzien, welke men, in geval van herstelling, er gemakkelijk kan afnemen. Dit is van belang, omdat eene ongelijke afslijting van de gietijzeren schijven door de verandering van hare middellijn nadeelig op den gang van den ketting werkt. De einden van de beide assen J en J' zijn door een sterken bout U verbonden.

De beide ketels, die het stoomwerktuig voeden, hebben, gelijk vermeld werd, vlampijpen en inwendige stookinrigting. Zij bestaan, figuur 1, uit een cilinder L van $1^m.2$ middellijn met een stoomkap l en de gewone veiligheidstoestellen.

Binnen den cilinder L is een tweede cilinder l' met eenen vuurrooster; de cilinder l' staat van achteren in verband met 26 vlampijpen m, waardoor de rook en de gassen in de ruimte M treden, om vandaar door den schoorsteen N te ontwijken. De ruimte M heeft eene opening met deur, om van tijd tot tijd de vlampijpen te kunnen schoonmaken. De schoorsteenen zijn onder vierhoekig en boven cilindrisch, en kunnen neergelaten worden om het schip onder de bruggen te doen doorgaan. De twee hevels met de gewigten p houden het bewegelijke deel van den schoorsteen in evenwigt. De trekketting van den stoomsleper voor de Boven-Seine had aanvankelijk slechts 19 millimeters dikte; hij bleek te zwak te zijn en men maakte hem daarom van 23 millimeters, hetgeen hoofdzakelijk noodig was om de schokken.

De trekketting, die verscheidene malen om de beide trommels $T\,T$ is geslagen, glijdt aan het vooreind van het schip over de voorste rol p, achter over de rollen r' en r en reikt tusschen twee rollen o o doorglijdende tot de achterste rol P.

De rollen p zitten aan een' arm O (figuur 7), die zich om eenen bout y bewegen kan. Bij zijne beweging loopt de arm met twee kleine raderen o' o' op eene ijzeren spoorstaaf q, die op den rand van het schip bevestigd is. Deze arm O dient als geleider voor den sleep- of trekketting in de verschillende rigtingen, die deze aanneemt.

Buiten het schip zijn nogmaals twee verticale wrijvingsrollen q' q', figuur 7, aangebragt, om den ketting steeds in de groef van de rol p te houden. Door deze inrigting is het mogelijk het schip elke rigting te laten aannemen, zonder het oprollen van den ketting te storen en zonder ergens eenige wrijving langs het schip zelf te veroorzaken. Om den sleepketting gedurende het varen te ondersteunen, zijn twee houten geleiders p' p' met hunne wrijvingsrollen r en r' aangebragt.

Voor het geval, dat de ketting breekt, heeft men altijd eenige schalmen in voorraad; zij hebben de gedaante van de figuren 9 en 10.

3. *Gang van het schip en nuttige arbeid van het werktuig.*

Het schip, op de omschrevene wijze gebouwd, vormt met den sleepketting $x\,x$, die iets langer is dan de te doorloopen weg, en met zijne einden stevig op den rivierbed bevestigd of verankerd is, den geheelen toestel.

De ketting loopt over de beide trommels $T\,T$, die in dezelfde rigting draaijen; hij wordt in de rigting van de beweging sterk aangespannen en valt in de tegenovergestelde rigting, door zijn gewigt op het rivierbed; hij is dus slechts voor iets meer dan de lengte van het schip boven water.

De schuiten en booten, die aan het schip worden gehaakt, worden met touwen aan de posten $R\,R$, figuur 2, bevestigd.

Twee stokers en een machinist verrigten de dienst bij het werktuig. De stoom treedt door de pijpen s, figuur 4, in de mof S, waarin eene klep zit, die door den hefboom s' kan worden geregeld.

Het veranderen van de snelheid van het werktuig of het aan den gang brengen of het veranderen van de beweging in tegenovergestelde rigting geschiedt door eenen toestel u, figuur 4, ingerigt naar de methode van Stephenson; door tusschenhefboomen wordt de stand der twee excentrieken en daardoor de stoomverdeeling gewijzigd. Een spilrad U met de schroefspil u' dient den machinist om den vermelden regulator te verzetten. Daar de regulator voor de toestrooming van den stoom zich geheel in de nabijheid bevindt, kan de machinist gemakkelijk aan beide regulatoren den juisten stand geven.

De werktuigen zijn zoo vervaardigd, dat zij bij normalen gang 35 tot 40 paardekrachten van 75 kilogrammeters uitoefenen; zij deelen aan het schip eene maximum-snelheid van 6000 meters in het uur stroomopwaarts en van 12 000 meters stroomafwaarts mede.

In het eerste geval moet de machine werken met eene snelheid van 42 tot 43 omwentelingen in de minuut, in het tweede geval met 58 omwentelingen. Neemt men aan 43 en tevens, dat het rad H grijpt in de raderen H^1 en H^2 om opwaarts te varen, zoo vindt men, daar de middellijn van $H = 1^m.58$ en van $H^1 = H^2 = 2^m.3$ is, voor de snelheid van de trommels:

$$T = \frac{1.58 \times 43}{2.3} = 29.58 \text{ omwentelingen.}$$

De middellijn van de trommels is $1^m.1$, men heeft dus

$1.1 \times 3.1416 \times 29.58 = 108.22$ meters in de minuut

en $108.22 \times 60 = 6133$ meters in het uur.

Doet men de raderen h in h^1 en h^2 grijpen voor het stroomafwaarts varen, zoo heeft men, daar $h = 2$ meters is en $h^1 = h^2 = 1^m.85$,

voor het aantal omwentelingen van de trommels

$$\frac{2 \times 43}{1.85} = 46.48$$

en voor hunne snelheid in de minuut:

$$1.1 \times 3.1416 \times 46.48 = 160^m.58,$$

bijgevolg voor den afgelegden weg in het uur:

$$60 \times 160.58 = 9635^m.28.$$

Om aan het schip de maximum-vaart van 12 000 meters in het uur mede te deelen, moet men de raderen h, h^1 en h^2 gebruiken; doet het werktuig 58 omwentelingen, zoo verkrijgt men

$$1.1 \times 3.1416 \times \frac{2 \times 58}{1.85} \times 60 = 12000 \text{ meters}$$

in het uur.

De stoomketels zijn beproefd met vijf dampkringsdrukkingen en het kolenverbruik is gemiddeld 1000 kilogrammen in de 10 uren.

Het is vrij moeijelijk het getal tonnen te bepalen, die met het stoomschip gesleept kunnen worden, dewijl hier zeer verschillende elementen in de berekening voorkomen, die ze omslagtig maken en ten slotte toch tot geene naauwkeurige uitkomst leiden.

De uitkomsten zullen afhankelijk zijn van de stroomsnelheid bij verschillende waterstanden, van de gedaante en doorsnede der vaartuigen, van hunnen weerstand aan den stroom, van de wrijving der kettingen op de trommels en rollen, enz.

De praktijk leert, dat men op het vak van de Seine binnen de stad Parijs, waar de stroom zwak is, aan eenen stoomsleper van 35 paardekrachten 8 tot 10 laadschouwen, elk van 250 ton, kan vasthaken, dus te zamen 2500 ton. Buiten de stad, waar de stroom sterker is, kan men slechts 6 schuiten aanhaken, dus 1500 ton opslepen, en op plaatsen, waar de stroom zijn maximum bereikt, niet meer dan 4 met eenen gezamenlijken inhoud van 1000 ton.

4. *Voordeelen van de ketting-sleepvaart.*

De vrachtprijzen bij kettingvaart zijn minstens 30 percent lager dan bij het trekken van paarden aan de jaaglijn. Deze uitkomst is te verklaren, als men in aanmerking neemt:

1. dat het slepen grootendeels evenwijdig met den stoom plaats heeft, terwijl het trekken bij de gewone vaart in horizontale en vertikale rigting geschiedt, daar de paarden op het jaagpad loopen, en het touw zoowel met den oever of den stroom als met het waterpas-vlak een' scherpen hoek maakt;

2. dat de schepen, doordien zij in het vaarwater of het midden van den stroom blijven, niet tegen den oever slepen en minder slijten, terwijl ook de slijting van de sleeptouwen geringer is;

3. dat bij de gewone vaart de paarden menig niet vooruitgezien oponthoud vinden, waarvan de kosten ten laste van den schipper komen;

4. dat in het algemeen de reis met den stoomsleper minder tijd vordert dan het trekken met paarden; zoo vereischt bijvoorbeeld de togt van Parijs naar Montereau 6 tot 8 dagen met paarden, 2 tot 3 dagen met kettingschepen.

De maatschappij voor ketting-sleepvaart op de Boven-Seine heeft een kapitaal van 1 500 000 franken, gesplitst in 3000 aandeelen.

Sedert 1859 is de scheepvaart op de geheele lijn van Parijs naar Montereau over 106 kilometers in vollen gang. In het jaar 1860 gingen 9001 ledige en geladene schepen opwaarts met eene lading van 117 000 ton. In het jaar 1861 steeg het aantal schepen tot 11 336 met eene lading van 148 000 ton.

In het geheel heeft de maatschappij zeven stoomslepers, die allen door Ch. Dietz in Bordeaux gebouwd zijn; 5 daarvan hebben 35 paardekrachten en twee niet meer dan 24 en 16.

5. *Kosten van aanleg en exploitatie.*

De kosten van eenen sleper van 35 paardekrachten laten zich op de volgende wijze berekenen:

De lengte van het schip is 40 meters
» breedte » » » » 7 »
» diepgang » » » » 0.4 »

derhalve $100^m.8$ teerling meter het volumen van het verplaatste water, dus het geheele gewigt van het schip met zijnen inhoud 100 800 kilogrammen.

Dit gewigt laat zich aldus splitsen:

gewigt van het schip zelf.	63 300	kilogrammen
» » » werktuig	17 500	»
» » de ketels	10 000	»
» » » kolen	7 500	»
» » » overige deelen	2 500	»

Gemiddeld kost een kilogram 1 frank, dus de $100\,800 - 7500 = 93\,300$ kilogrammen 93 300 franken.

De kosten van den ketting worden aldus berekend:

Als de middellijn van het ijzer voor de kettingschalmen d oude duimen is, dan is het gewigt van eenen strekkenden voet $10\ d^2$ (oude ponden); hier is $d = 0^m.023$ of ongeveer 0.8 oude duim, dus het gewigt van een' voet 6.4 oude ponden, of het gewigt van een' meter 22 oude ponden $= 11$ kilogrammen. Het oude pond ketting kost 0.2 gulden, dus de strekkende meter in ronde cijfers 8.5 franken.

Neemt men aan, dat het werktuig dagelijks 10 uren dienst doet, dan zijn de kosten van exploitatie:

5 man tot bediening ad 3 franken . . .	15 franken
kolenverbruik, 1000 kilogrammen. . .	30 »
allerlei uitgaven, olie enz	5 »
Te zamen . . .	50 franken per dag

Laat ons onderstellen, dat men eene kettingsleepdienst op den Rijn tot stand wil brengen tusschen Keulen en Koblents.

De lengte is 20 uren of 88 880 meters, dus kost de ketting alleen $88\,880 \times 8.5$ . . . . . 754 480 franken

Daarbij twee schepen, dewijl één in voorraad moet worden gehouden, dus de kosten van deze twee $2 \times 93\,300$. . . . . 186 600 »

Te zamen . . . 941 080 franken

en met andere bijkomende uitgaven 1 000 000 franken.

In een uur worden bij gemiddelde stroomsnelheid 6000 meters afgelegd met 6 laadschouwen, die te zamen eene lading voeren van 1500 ton.

De opvaart heeft daarvoor noodig

$$\frac{88\,880}{6\,000} = 15 \text{ uren.}$$

De afvaart vereischt 7 uren, dus de geheele reis 23 uren of, bij 10 uren per dag, 2.3 dag.

Dus zijn de kosten:

Voor rente van het kapitaal en onderhoud, gerekend op 10 pct.,

$$2.3 \times \frac{100\,000}{365} = 2.3 \times 274 = 630 \text{ franken.}$$

Voor exploitatie $2.3 \times 50 = 115$ »

Te zamen 745 »

dus de ton 0.5 frank en de centenaar [van 50 kilogrammen] 0.7 kreuzer.

Wil men gelijken last met paarden trekken, zoo heeft men minstens 40 paarden noodig, die per dag met hunne geleiders kosten $40 \times 7 = 280$ franken.

De paarden leggen in een uur slechts 3 600 meters af, behoeven alzoo voor de 20 uren weg:

$$\frac{88\,880}{3\,600} = 25 \text{ uren,}$$

en voor de afvaart, namelijk als de schuiten ledig terugkeeren, 20 uren, dus in het geheel 45 uren of 4.5 dag voor de reis.

De kosten met paarden zijn alzoo $280 \times 4.5 = 1260$ franken, of per ton 0.84 frank, of per centenaar 1.17 kreuzer, dus 78 *ten honderd* hooger dan bij de kettingsleepvaart.

Als dus de maatschappij de vrachtprijzen 30 pct. lager stelt, dan de tegenwoordige, wint zij nog altijd.

6. *Besluit.*

Gelijk uit het gezegde volgt, bestaat de kettingsleepvaart alleen op de Seine en voldoet daar zoo, dat men er op bedacht is ze op andere stroomen in Frankrijk en ook in Duitschland in te voeren.

Tot heden werd, naar het schijnt, door de ingenieurs weinig aandacht aan het vraagstuk gewijd, maar het laat zich verwachten, dat het voor de toekomst van groote beteekenis zal zijn.

Dit, gevoegd bij de omstandigheid, dat de beschrijving van een kettingschip sedert nog niet in duitsche technische tijdschriften werd geleverd en ook nog vrij onbekend schijnt, heeft aanleiding gegeven tot dit opstel, waarbij partij werd getrokken van de *Publication industrielle*, door Armengaud, vol. XIV, afl. 3, 4, blz. 147.

Karlsruhe, December, 1864. M. B.

KANALEN. VERSLAG AAN DE FRANSCHE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN OVER EENE VERHANDELING VAN BAZIN (1) OMTRENT DE BEWEGING VAN HET WATER IN OPENE KANALEN, DOOR DUPIN, PONCELET, COMBES, CLAPEYRON, MORIN (*rapporteur*).

(Vertaald door S. E. W. Roorda van Eysinga, L. K. Inst. I.)

De ingenieurs, die hunne aandacht wijden aan de beweging van het water in kanalen en afvoerbuizen, hebben, reeds sinds vrij lang, erkend, dat de formules, door Prony afgeleid uit een beperkt getal proeven, genomen onder voorwaarden, die zelden vergelijking dulden, slechts op zekere gevallen van toepassing waren.

Aan den eenen kant maakt haar vrij zamengestelde vorm hare aanwending een weinig omslagtig, in weerwil van de tabellen, berekend om het gebruik gemakkelijk te maken, en aan den anderen kant is de invloed van den aard der wanden, door deze formules buiten rekening gelaten, door de schoone onderzoekingen van wijlen Darcy omtrent de beweging van het water in buizen in een te helder licht gesteld geworden, dan dat men niet de noodzakelijkheid zou gevoelen van onderzoekingen van gelijke strekking, ten einde, zoo mogelijk, de wetten van dezen zelfden invloed op de beweging van het water in kanalen te leeren kennen.

Wij hebben dan ook, sinds 1854, in een door de akademie goedgekeurd verslag over den eersten arbeid van Darcy omtrent doorlaatbuizen, de belangstelling van deze vereeniging en de welwillendheid van het gouvernement ingeroepen voor de onderzoekingen, welke deze geleerde ingenieur reeds had ingesteld, en die hij zich voornam omtrent dit vraagstuk voort te zetten.

Noch de ondersteuning van den minister van openbare werken, noch de medewerking van bekwame ingenieurs, die zich geheel aan de wetenschap wijden, heeft den heer Darcy ontbroken. De noodige hulpmiddelen waren te zijner beschikking gesteld geworden; de heer Baumgarten, hoofdingenieur der bruggen en wegen, had hem bijgestaan met eene veeljarige ondervinding, opgedaan aan de werken van den Rijn; de heer Ritter, toenmaals gewoon ingenieur bij het waterstaats-departement van la Côte-d'Or, had hem zooveel mogelijk geholpen. Maar de heer Darcy had zich eene taak opgelegd, te omvangrijk voor de weinige krachten, die hem na langdurigen arbeid nog overschoten. Ook waren de heeren Baumgarten en Ritter, door de eischen van de dienst tot andere bestemmingen geroepen, in 1856 van hem gescheiden geworden op het oogenblik toen de voorbereidende werkzaamheden afgeloopen waren en de proefnemingen zouden beginnen.

Het was voor den heer Bazin, dien Darcy zich sinds dat tijdstip had toegevoegd, weggelegd hem eerst te ondersteunen en later, na zijn zoo betreurenswaardig overlijden (in 1858), de uitkomsten van zoo talrijke en zoo naauwgezette proeven te vereenigen, aan te vullen en te toetsen, en er voor de kunst van den ingenieur zoo gewigtige gevolgtrekkingen, waartoe zij voeren, uit af te leiden.

De arbeid, waarvan wij aan de akademie verslag hebben te geven, is dus het werk van verscheidene ingenieurs. Hij is ontworpen, geregeld en aangevangen geworden door den heer Darcy en onder zijne leiding voortgezet tot zijn dood; maar de uitvoering van een zeer groot gedeelte der proeven, de beoordeeling van hare uitkomsten, even als de wetenschappelijke besluiten, die er uit voortvloeiden, en die in de verhandeling van den heer Bazin met eene merkwaardige helderheid zijn uiteengezet, moeten worden beschouwd als geheel en alleen het werk van dezen ingenieur te zijn.

(1) *Recherches hydrauliques entreprises par* M. H. Darcy, *continuées par* M. H. Bazin. Paris, Dunod. 1865.

De verhandeling, die de heer Bazin aan het oordeel van de akademie onderwerpt, bevat vier hoofdafdeelingen, die tot onderwerp hebben:

1.) De proeven op kanalen met eenparige beweging;

2.) De proeven omtrent de verdeeling van de snelheden in de stroomen;

3.) De proeven omtrent afwisselende beweging;

4.) De proeven omtrent de beweging van de golven.

De aanzienlijke omvang van deze nasporingen, vervat en beredeneerd in vier deelen handschrift in folio, vergezeld van veertig platen, onberispelijk uitgevoerd door den heer Chapuis, opzigter der bruggen en wegen, heeft ons genoodzaakt het onderzoek te verdeelen tusschen twee leden van de commissie, die de eer hebben aan de akademie de afzonderlijke verslagen te onderwerpen, waarvan wij haar thans het eerste zullen doen kennen, dat voornamelijk betrekking heeft op de beweging van het water in kanalen met een gelijkvormig *régime*.

OVER DE EENPARIGE BEWEGING VAN HET WATER IN KANALEN.

Alvorens het voornaamste gedeelte van dit uitvoerig geheel te ontleden, dat, in 1855 begonnen, eerst in 1862 voltooid is, is het noodig een paar woorden te zeggen over de maatregelen, genomen als waarborg voor de juistheid van de waargenomene uitkomsten en van de gevolgtrekkingen, die men er uit mag afleiden.

Algemeene schikkingen. — Om aan de proeven een geheel praktisch karakter te geven, hetwelk zou kunnen vergeleken worden met dat van de omstandigheden, waarin men zich mogelijk zou hebben te bedienen van de regels, die men er uit hoopte af te leiden, had de heer Darcy langs het pand n°. 57 van het kanaal van Bourgogne eene geul van 596m.5 lengte doen aanleggen, welke, na over eene lengte van 450 meters evenwijdig aan dit kanaal te hebben geloopen, zich links wendde om in de rivier Ouche het water te storten, dat zij aan het kanaal onttrokken had. Deze geul, waarvan de wanden bekleed waren met planken van populierenhout, die door ramen in den behoorlijken stand werden gehouden, had binnenwerks 2 meters breedte op 0m.95 diepte. Zij was besloten in eene bijna geheel waterdigte vaste leemlaag, en hare inwendige afmetingen hebben het mogelijk gemaakt er losse vloeren in aan te brengen, ten einde met verschillend verhang en afwisselende dwarsprofillen te werken, volgens de vormen, welke men zich voornam te bestuderen.

Aanvangspunt (*prise d'eau*). — Het water, dat men in deze geul wilde doen stroomen, werd, bij den oorsprong, eenvoudig geleid uit het kanaal, op 157 meters boven de sluis n°. 56, door middel van eene schuifdeur met vier openingen van 1 meter breedte en 0m.4 hoogte; maar de waarneming bewees spoedig, dat het, tot verkrijging van eene regelmatige en normale strooming in de geul, noodig was, tusschen deze en de schuifdeur een afzonderlijken vergaarbak of verdeelpand aan te leggen, die door eene stuw werd gesloten, voorzien van kleiner en talrijker openingen.

Dit bewoog den heer Darcy eene tweede stuw met twaalf openingen van 0m.2 op 0m.2 te doen maken, met ramen en schuifdeuren van koper, en zooveel mogelijk de vormen en verhoudingen van de openingen met volkomene zamentrekking nabij komende, die met zooveel zorg bestudeerd zijn geworden door de heeren Poncelet en Lesbos in hunne schoone onderzoekingen omtrent de uitstrooming van het water.

Maar wij moeten ons haasten er bij te voegen, dat de plaatselijke gesteldheid en het naderbij brengen van de openingen eenig verschil in de waarde der coëfficiënten van doorstrooming hebben gegeven, en men daardoor verpligt is geweest over te gaan tot bovendien zeer nuttige proeven voor de bepaling van de bijzondere waarden, die men hun moest geven in elk van de onderscheidene gevallen, die zich hebben voorgedaan.

Deze proeven werden gemakkelijk gemaakt en de juistheid van hare uitkomsten kon niets te wenschen overlaten, aangezien de groote uitgestrektheid van de regelmatige geul, waarin het water kon worden opgevangen, het mogelijk maakte de hoeveelheid water, dat toegestroomd was, naauwkeurig te bepalen.

Behalve het latere gebruik, dat van deze uitkomsten is gemaakt geworden voor de bijzondere onderzoekingen, die het onderwerp van de verhandeling zijn, hebben zij ook nuttige gegevens verschaft voor de kunst van den ingenieur met betrekking tot de wegvloeijing van het water door meer of min talrijke, aan elkander verbondene, schuifdeuren.

Middelen, gebezigd om de snelheid te bepalen in verschillende punten van één en dezelfde dwarsdoorsnede. — Het bestuderen van de verdeeling der snelheden in de verschillende gedeelten eener zelfde dwarsdoorsnede van een' waterstroom is een van de vraagstukken, die de meeste zorg verdienen en het meeste twistgeschrijt hebben verwekt, en zijne oplossing kan slechts door proeven worden verkregen, zoodat het onderzoek van de te bezigen instrumenten een groot gewigt heeft. Ook heeft het sinds lang de waterbouwkundigen bezig gehouden. Het was voor wijlen den heer Darcy weggelegd door schrander ontworpene en grondig doordachte verbeteringen er in te slagen den toestel, algemeen bekend onder den naam: *buis van Pitot*, die tot heden den waarnemers slechts gering vertrouwen inboezemde, gemakkelijk en veilig voor het gebruik te maken.

Men weet, dat in 1732 Pitot der fransche akademie van wetenschappen den toestel aanbood, die zijnen naam draagt en «bestond in eene lange houten stang van driehoekige dwarsdoorsnede, in een van welker vlakken twee glazen buizen waren geplaatst. Eene van deze buizen was aan haar benedeneind horizontaal omgebogen; de andere daarentegen daalde verticaal neder tot de hoogte van het omgebogene deel der eerste.»

De meening van Pitot was, dat zijn instrument, blootgesteld aan den stroom van het water, door het verschil in peil tusschen de twee waterkolommen in de twee buizen, de hoogte zou aangeven, die het gevolg der snelheid van het vocht was in het punt, dat men onderzocht, en dat het dan gemakkelijk zou wezen de gezochte snelheid af te leiden uit de vergelijking $V^2 = 2gh$, waarin h het waargenomen verschil is.

Het denkbeeld was eenvoudig en vernuftig; maar in weerwil van

de pogingen van Dubuat en van vele proefnemers, hadden onderscheidene omstandigheden tot dusverre het vinden van een gemakkelijk en genoegzaam te vertrouwen middel in den weg gestaan, tot bepaling van de snelheid der verschillende water-aderen in één en dezelfde dwarsdoorsnede. Den heer Darcy komt de eer toe, ze alle te doen verdwijnen door een geheel van vernuftige inrigtingen, waartoe hij geleid werd door de in zijne verhandeling over de *Beweging van het water in buizen* ontwikkelde beschouwingen, waartoe wij verwijzen, ook voor de beschrijving van het instrument.

Volgens deze beschouwingen zouden de verhooging h' van het peil in de eerste der twee buizen, en de verlaging h'' in de tweede, met betrekking tot het algemeene peil van den stroom, door het brengen van de som $h' + h''$ in de formule

$$V = \mu \sqrt{2g(h' + h'')}$$

de snelheid van de water-aderen aan het uiteinde der horizontale buis doen kennen, als men den coëfficiënt μ door eene voorafgaande herleiding der aanwijzingen van het instrument kende.

Dit zijn de formule en de middelen, gebezigd door de heer Darcy; maar hij heeft er andere vernuftige inrigtingen bijgevoegd, die de waarnemingen gemakkelijker en zekerder maken. Men zal ze beschreven vinden in de verhandelingen van den heer Bazin.

Herleiding van de aanwijzingen der buis voor stroommeting. — Na de opgaven, welke wij gedaan hebben omtrent de verbeteringen, door den heer Darcy in de buis van Pitot aangebragt, is het noodig het vertrouwen te regtvaardigen, dat hij en zijne medearbeiders hebben gesteld in de aanwijzingen, welke zij hun voor hunne gewigtige proefnemingen heeft verschaft, door de verschillende manieren te doen kennen, welke zij hebben gebezigd tot toetsing van hare naauwkeurigheid.

Te dien einde zijn zij op drie verschillende wijzen tot de beproeving van dit instrument overgegaan:

1. Door met behulp van drijvers de snelheid aan de oppervlakte van een' stroom te meten en door de verkregene uitkomsten te vergelijken met de aanwijzingen van de buis;

2. Door het instrument met eene bekende snelheid te bewegen in een stilstaand water;

3. Door met behulp van de buis de snelheid te meten in een groot aantal punten der dwarsdoorsnede van een' stroom, en door vervolgens de waarde van den vooraf bekenden waterafvoer te vergelijken met de aanwijzingen van het instrument.

Deze drie wijzen tot bepaling van den herleidings-coëfficient, die geheel onafhankelijk van elkander zijn, hebben voor den coëfficient μ van de formule gegeven:

de eerste,	gemiddelde van	92	proeven . .	$\mu = 1.007$
de tweede,	»	32	» . .	$\mu = 1.034$
de derde,	»	31	» . .	$\mu = 0.993$

De heer Bazin doet opmerken, dat de uitkomsten, verkregen door de beweging van eene sloep, eenigzins te groote waarden hebben moeten geven voor den herleidings-coëfficient, ten gevolge van de gedaante van het voorste gedeelte dezer sloep, die eene zekere helling medebragt. Om deze reden heeft men voor de definitieve waarde van den coëfficient der formule het arithmetische gemiddelde van de eerste en de derde waarde genomen, welke is:

$$\frac{1.007 + 0.993}{2} = 1.$$

Deze coëfficient hangt bovendien af van de verhoudingen der toestellen en zoo hij standvastig is voor een zelfde instrument, wisselt hij bij andere af naar de plaatsing en betrekkelijke afmetingen van de openingen.

Na dit voorafgaand maar noodzakelijk onderzoek van de beproevingsmiddelen, door den heer Darcy ontworpen en door den heer Bazin gebruikt, behooren wij het gewigtigste vraagstuk aan te vatten, dat het hoofdonderwerp der schoone en moeitevolle nasporingen uitmaakt, waarvan de laatstgenoemde ingenieur ons de uitkomsten en redeneringen in zijne merkwaardige verhandeling uiteenzet, namelijk dat van den wederstand, dien de wanden van kanalen en rivieren bieden aan de beweging van water met gelijkvormig *régime*.

Men weet, dat de door Prony gegevene formule, welke wordt

$$RI = aU + bU^2,$$

waarin R de verhouding is van den vlakte-inhoud (*aire*) A der dwarsdoorsnede van den stroom tot den natten omtrek (*périmètre*) S van deze doorsnede, of wat men noemt den *gemiddelden straal*, $I = \frac{H}{L}$ het verhang per strekkenden meter of de onderstelde standvastige verhouding van het gezamenlijk verhang H tot de beschouwde lengte L, U de gemiddelde snelheid, a en b standvastige getallenwaarden van coëfficienten, — slechts gegrond is geworden op het beredeneren van een klein getal proeven, genomen onder omstandigheden, die slechts zeer zelden de vergelijking met de werkelijkheid kunnen doorstaan.

Sinds lang hadden vele waterbouwkundigen voorgesteld haar te wijzigen.

Eenige ingenieurs, en in het algemeen de italiaansche, waren teruggekomen op de vergelijking uit leden van één' term (*monôme*), reeds in 1775 door de Chézy voorgesteld, en welke is

$$RI = bU^2,$$

waarin men gewoonlijk $b = 0.0004$ neemt.

De heer de Saint-Venant verving in dezelfde formule den exponent 2 door $\frac{21}{11}$, terwijl hij den coëfficient nagenoeg dezelfde waarde liet behouden.

Maar al deze waterbouwkundigen hadden met Dubuat blijven aannemen, dat de aard van den wand zonder merkbaren invloed is op de kracht van den wederstand, dien hij aan de beweging biedt, hetgeen zelfs niet meer als ten naasten bij naauwkeurig kon worden beschouwd sedert de proeven van Darcy omtrent het stroomen van water in buizen, die den zeer aanzienlijken invloed in het licht hadden gesteld, welken de toestand der wanden en de aard der stof, waaruit zij gevormd zijn, uitoefenen.

Als het reeds voor zulke regelmatige oppervlakken als die der binnenwanden van buizen voortaan onbetwistbaar was geworden, dat de wederstand, dien zij bieden aan de beweging van vochten, hoofdzakelijk afhangt van hunne natuur en van hunnen toestand, was het duidelijk, dat dit in nog hoogere mate het geval moest zijn, als het de beweging van het water gold in kanalen, welker wanden ongelijkheden van vrij wat grooter verhoudingen vertoonen.

Om de onnaauwkeurigheid van de tot heden gebezigde formules te doen uitkomen en eenige aanwijzigingen te verkrijgen omtrent

de dwaling, waartoe zij kunnen leiden, verzocht Darcy den heer Baumgarten reeds dadelijk eenige voorloopige proeven te nemen op het kanaal van Marseille, dat eene groote verscheidenheid van profielen en zeer verschillende stoffen van de wanden vertoont.

Deze proeven, genomen in Mei 1855, leerden, dat, terwijl voor een gedeelte van het brugkanaal (*aqueduc*) van Roquefavour, welks bodem eene zeer effene oppervlakte had en welks wanden uit behoorlijk met mortel gevoegde baksteenen bestonden, de waarde van de verhouding $\frac{RI}{U^2}$ ter naauwernood de helft was van die, welke de oude formules haar toekennen, zij bijna het dubbele daarvan werd voor een gedeelte van het kanaal, welks wanden van aarde waren.

Andere meer afwisselende proeven, in 1856 door den heer Bazin uitgevoerd bij regthoekige kanalen van hetzelfde verhang en dezelfde breedte, maar welker wanden uit de volgende stoffen waren zamengesteld: zuiver cement, op hun plat gelegde baksteenen, fijne kiezel van $0^m.01$ tot $0^m.02$ middellijn en grove kiezel van $0^m.03$ tot $0^m.04$ middellijn, aan elkaâr gehouden door een cement-mortel, hebben aangetoond, dat, naarmate de waterafvoer en de snelheid vermeerderden, de waarden van de verhouding $\frac{RI}{U^2}$, in plaats van slechts af te wisselen tusschen 0.000327 en 0.000389, gelijk de formules van Prony leeren, afgenomen waren:

Voor de wanden van	cement,	van	0.000 242	tot 0.000 172
» » » »	planken,	»	0.000 411	» 0.000 329
» » » »	baksteenen,	»	0.000 408	» 0.000 277
» » » »	kiezel,	»	0.000 882	» 0.000 472
» » » »	keijen,	»	0.001 454	» 0.000 661

Eindelijk heeft zelfs eene proef, genomen op een kanaal met half-cirkelvormige doorsnede, bewezen, dat er tusschen een' wand, bestreken met cement, gemengd met één derde zand, en een' wand van zuiver cement een verschil van weêrstand in het voordeel van den laatsten bestond, dat, bij gelijk verhang, den waterafvoer kon vermeerderen in reden van 1 tot 1.13 of ongeveer $\frac{1}{7.7}$.

Het werd dus door deze vergelijkende proeven duidelijk, dat de aard of natuur der wanden voor kanalen, eveneens als voor buizen, zelfs nog vrij wat meer invloed uitoefent op de waarde van den tegenstand, dien zij bieden aan de beweging van het water, dan de heer Darcy voor de laatsten had gevonden.

Andere, niet minder afdoende, proeven zijn uitgevoerd geworden bij de leidingen, die van het kanaal van Bourgogne afhangen, en zich in de normale omstandigheden van gewone kanalen bevonden. Hare uitkomsten toonen aan: 1. dat de tegenstand in deze leidingen altijd veel aanzienlijker is geweest dan de formules van Prony en Eytelwein deden denken; 2. dat de waarden van de verhouding $\frac{RI}{U^2}$ afnemen, naarmate de waterafvoer toeneemt.

Men heeft eindelijk uit twee dezer reeksen afgeleid, dat alleen het aanwezen van mos op de wanden van eenen bekleedingsmuur van natuurlijken steen den tegenstand kan verhoogen in reden van 1 tot 2.

Tegenover deze zoo groote afwisselingen van eene verhouding, welke de waterbouwkundigen bijna allen tot heden als nagenoeg standvastig hadden beschouwd, en welker waarde van zooveel onderscheidene elementen schijnt af te hangen, komt het onmogelijk voor daarvoor uit algemeene physische of mathematische beschouwingen eene wet af te leiden. Men is dan genoodzaakt de bijzondere gevallen te bestuderen, die zich het meest in de praktijk voordoen, en moet trachten, de uitkomsten te verbinden door interpolatie-formules, die ze met eene voor de behoeften der toepaspassing genoegzame naauwkeurigheid vertegenwoordigen.

Dubuat had reeds opgemerkt, dat de verhouding $\frac{RI}{U^2}$ afnam, als de gemiddelde straal $R = \frac{A}{S}$ en de snelheid toenemen, maar de grenzen, waartusschen hij de gegevens zijner proeven had kunnen doen afwisselen, waren te beperkt om er de wet dezer afwisseling uit te bepalen.

Daar aan den anderen kant het onderzoek van de verschillende, in Bazin's verhandeling vermelde, reeksen van proeven aanwijst, dat de waarde dezer verhouding naar zekere standvastige grens schijnt te streven, volgt er uit, dat, wanneer men deze grens door α aanduidt, de waarde van de verhouding $\frac{RI}{U^2}$ in het algemeen zou worden uitgedrukt door

$$\frac{RI}{U^2} = \alpha + f(R, U).$$

De heer Bazin heeft de uitkomsten van de proeven vergeleken met de twee eenvoudigste vormen van de onbekende functie, door achtereenvolgens te onderstellen

$$f(R, U) = \frac{\beta}{R} \text{ en } f(R, U) = \frac{\beta}{U}$$

en door voor deze vergelijking vijf reeksen van proeven te kiezen, waarbij het verhang I per strekkenden meter hetzelfde was en gelijk aan $0^m.0049$, en waarbij het regthoekig profil bijna dezelfde breedten had. Bij deze proeven hebben de snelheden afgewisseld binnen wijde grenzen, welke die van de gevallen der praktijk, waarin men de aan scheepvaart- en fabriekkanalen te geven afmetingen heeft te berekenen, in zich bevatten en zelfs overschrijden.

De heer Bazin nu heeft, door al de uitkomsten van de waarnemingen voor te stellen door graphische constructies, door in alle gevallen de waarden van de verhouding $\frac{RI}{U^2}$ als ordinaten te nemen en als abcissen achtereenvolgens die van $\frac{1}{R}$ en $\frac{1}{U}$, gevonden, dat, voor een zelfde verhang 0.0049 en een zelfde profil, de aldus bepaalde punten, in beide gevallen, nagenoeg in regte lijnen gelegen waren, waarvan hij alzoo de vergelijking opgemaakt heeft voor elk der vijf kanalen, waarop deze proeven zijn genomen geworden, terwijl het daarentegen bij graphische voorstelling der formules, die den aard der wanden buiten rekening laten en die

volgens	Prony zouden zijn	$\frac{RI}{U^2}$	$= 0.000\,309 + \frac{0.000\,044}{U}$
»	Eytelwein	$\frac{RI}{U^2}$	$= 0.000\,366 + \frac{0.000\,024}{U}$
en »	de Saint-Venant	$\frac{RI}{U^2}$	$= 0.000\,401 + \left(\frac{1}{U}\right)^{\frac{1}{11}}$,

gemakkelijk valt in te zien, dat geene enkele de uitkomsten van de waarnemingen terug geeft en dat zij bijgevolg moeten worden opgegeven.

Invloed van het verhang I. — Maar als de vijf voorafgaande reeksen proeven, genomen in kanalen, die allen hetzelfde verhang en gelijke

regthoekige profillen hadden, en waarbij alleen de aard der wanden afwisselde, gediend hebben tot het bewijs van de noodzakelijkheid dit laatste element in rekening te brengen, en als hare uitkomsten bijna zonder onderscheid kunnen worden voorgesteld door de eene of andere van de twee voorafgaande interpolatie-formules, blijft nog over te weten, of de eene of de andere formule kon passen voor verschillende hellingen en profillen. Dit heeft het onderwerp van de proeven uitgemaakt, in 1858 en 1859 door den heer Bazin genomen, na den dood van den heer Darcy.

Ten einde het vraagstuk omtrent den eigenaardigen en reeds in het licht gestelden invloed, dien schijnbaar zeer geringe verschillen in den aard der wanden konden uitoefenen, op te lossen, besloot men omtrent drie verschillende hellingen van 0m.0015, 0m.0059 en 0m.00886 per meter de proef te nemen met kanalen van regthoekige planken, die allen dezelfde breedte hadden van ongeveer 1m.96.

Om den invloed van wanden, die onderscheidene oneffenheden vertoonen, te bestuderen zonder den aard der bouwstoffen te veranderen, besloot men in alle gevallen alleen hout te bezigen, en in de wanden van verschillende der voor de proef dienende kanalen kunstmatige oneffenheden te maken, door er regelmatig latten aan te bevestigen van 0m.027 breedte op 0m.01 dikte, die men eerst op 0m.01, daarna op 0m.05, van elkaâr geplaatst heeft. Men heeft alzoo negen reeksen proeven verkregen, genomen op drie kanalen, die telkens aan elkander gelijk waren ten opzigte van de wanden, maar een verschillend verhang hadden.

Door voor elke dezer reeksen de waarde van de verhouding $\frac{RI}{U^2}$ te berekenen, heeft de heer Bazin gevonden, dat deze waarde altijd afneemt, naarmate de hoeveelheid afgevoerd water en de snelheid toenemen, en dat voor den afvoer van eene zelfde hoeveelheid deze verhouding, ofschoon vrij langzaam, toeneemt met het verhang en de snelheid of naarmate van de vermindering der waterhoogte.

Zoo wisselt, als men den waterafvoer van 0.1 teerling meter per seconde tot dien van 1.236 opvoert, de waarde van $\frac{RI}{U^2}$ af: voor het kanaal met wanden van planken van 0.000 420 tot 0.000 226 bij het verhang 0m.0015; voor het kanaal met wanden, voorzien van latten, die 0m.01 uiteen stonden, wisselt zij af van 0.000 654 tot 0.000 338, en voor het kanaal met wanden, voorzien van latten, die 0m.05 uiteen stonden, wisselt zij af van 0.001 379 tot 0.000 659.

Men wordt dus genoopt, uit dit onderzoek te besluiten, dat de formule $\frac{RI}{U^2} = \alpha + \frac{\beta}{U}$, die niets anders is dan de formule met twee termen, aangenomen door Prony en Eytelwein, en tot heden gebezigd, voor goed moet worden opgegeven, terwijl de formule $\frac{RI}{U^2} = \alpha + \frac{\beta}{R}$ veel meer geschikt schijnt om de uitkomsten van de waarneming, die betrekking hebben op een' zelfden toestand van wanden en op verschillend verhang, te vertegenwoordigen.

Invloed der gedaante van het dwarsprofil der kanalen. — De kanalen hebben meestal tot profil een' regthoek of een trapezium; somtijds echter, als zij naauw en diep zijn in verhouding tot hunne breedte, komt dit laatste profil den driehoekigen vorm zeer nabij. De gemetselde leidingen eindelijk hebben soms een' cirkelboog als dwarsdoorsnede.

De proeven omtrent den invloed der gedaante van het profil der kanalen, waarvan de uitkomsten zijn neergelegd in de verhandeling van den heer Bazin, zijn genomen geworden:

1. op drie kanalen van planken en van regthoekige doorsnede van 1m.197, 0m.80 en 0m.48 breedte;

2. op twee kanalen met trapeziumvormige doorsnede, waarvan het eene 1 meter bodembreedte en glooijingen van 45° had, en het andere 0m.945 bodembreedte met éénen loodregten wand en eenen wand onder 45° helling;

3. op een kanaal van planken met driehoekige doorsnede, waarvan de wanden onder 45° stonden.

De zes reeksen proeven, op deze kanalen genomen, stemmen nagenoeg allen overeen in het bewijs, dat de gedaante van het dwarsprofil geen invloed schijnt uit te oefenen, groot genoeg om er bij de toepassingen rekening van te moeten houden.

Maar de cirkelvormige doorsneden schijnen door het weglaten van de hoeken en het onafgebrokene van haren omtrek (alle andere omstandigheden overigens gelijk genomen) aanleiding te geven tot eenen merkbaar geringeren tegenstand dan die, welke door hoekige profillen wordt geboden; dit regtvaardigt het aangenomen gebruik, aan de *cunettes* van de riolen eene nagenoeg cirkelvormige doorsnede te geven.

Over kanalen en geulen met kleine doorsnede. — Als het kleine kanalen met groot verhang geldt of leidingen, gelijk die, welke men voor de vloeijingen bezigt, en die door de aanwezigheid van gras en de onregelmatigheid harer wanden eenen zeer grooten tegenstand bieden, ofschoon de snelheid zelden één el per seconde te boven gaat, schijnt de verhouding $\frac{RI}{U^2}$ niet meer dezelfde wet te volgen als bij de groote kanalen, en gelijk Darcy had opgemerkt bij de buizen, waarin de snelheid zeer gering is, schijnt de verhouding $\frac{RI}{U^2}$ standvastig te worden voor een zelfde verhang, maar met het verhang toe te nemen. Dewijl dit geval voor de kunst van den ingenieur niet van het hoogste gewigt is, zullen wij er in dit verslag niet bij stilstaan.

Praktische proeven op de leidingen van het kanaal van Bourgogne. — Na de uitkomsten van de onderscheidene proeven te hebben beredeneerd, om de wet te vinden, welke de wederstand der wanden in verschillende gevallen mogt volgen, tracht de heer Bazin in het derde hoofdstuk van zijne verhandeling door interpolatie-formules van eene voor de kunst van den ingenieur voldoende naauwkeurigheid de uitkomsten voor te stellen van talrijke proeven, genomen op onderscheidene kanalen of leidingen, die van het kanaal van Bourgogne afhangen en die de afwisselende zamenstelling van wanden vertoonden, welke men het meest aantreft.

Leiding tot ontlasting van de vergaârkom van Grosbois. — Twee reeksen proeven zijn genomen geworden omtrent de beweging van het water in deze leiding, welker wanden van breuksteen, met cement aaneengevoegd, een zeer regelmatig vlak aanbieden. Zij heeft 1m.8 bodembreedte en nagenoeg loodregte wanden (talud $\frac{1}{10}$). De bodem was bedekt met een duim slibachtig bezinksel.

De snelheid heeft afgewisseld van 2m.757 tot 6m.429, hetgeen vermoedelijk de grenzen overschrijdt, in alle vorige proeven bereikt, en de snelheid aan de oppervlakte is gestegen tot 9m.16.

Het verhang van de gedeelten, waarop men gewerkt heeft, is geweest 0m.037 en 0m.101 per meter.

De graphische voorstelling van de uitkomsten heeft bewezen, dat zij met voldoende naauwkeurigheid konden worden vertegenwoordigd door de volgende interpolatie-formules:

(1) Verhang van 0m.037 per meter $\frac{RI}{U^2} = 0.000\,256 + \frac{0.000\,053}{R}$

(2) Verhang van 0m.101 per meter $\frac{RI}{U^2} = 0.000\,309 + \frac{0.000\,040}{R}$

Ondanks haar schijnbaar verschil, dat den invloed van het verhang op de waarde van de coëfficienten verraadt, geven de twee bovenstaande formules bijna dezelfde waarden voor de verhouding $\frac{RI}{U^2}$.

Daar het verhang van kanalen en leidingen zelden 0m.037 per meter bereikt en bijna nimmer 0m.101 per meter, ziet men, dat de formule (1) zal kunnen worden gebezigd in de meeste gevallen, waarin de bekleedingen van gelijken aard zullen zijn als die der waterleiding, waarvan hier spraak is.

Praktische interpolatie-formules. — Indien het beredeneren van de talrijke, door den heer Bazin vermelde proeven bewijst, dat de formule met twee termen

$$RI = aU + bU^2,$$

aangenomen door Prony en Eytelwein evenmin als eenige formule met één term en standvastigen coëfficient, die onafhankelijk is van den aard der wanden en van het verhang, de uitkomsten van de waarneming kan vertegenwoordigen, kan slechts de formule

$$\frac{RI}{U^2} = \alpha + \frac{\beta}{R},$$

voorgesteld door Darcy en toegepast door Bazin, in overeenstemming met de waarneming zijn voor zoo ver hare coëfficienten α en β in elk afzonderlijk geval bijzondere waarden verkrijgen.

De aard nu van de wanden, hun toestand, de meer of min groote en onophoudelijk veranderende hoeveelheid gras zijn zooveel op zich zelven staande oorzaken, waarvan geene theorie, geene formule bij mogelijkheid rekening kan houden.

Men moet zich dus noodwendig vergenoegen met het terugbrengen van het getal aannemelijke bijzondere gevallen tot een klein getal, dat betrekking heeft tot de meest gewone omstandigheden van de praktijk, en trachten uit het geheel der proeven bruikbare interpolatie-formules van voldoende naauwkeurigheid af te leiden.

Om daartoe te geraken en zooveel mogelijk vroegere waarnemingen met de nieuwe te verbinden, doet de heer Bazin in de eerste plaats opmerken, dat Dubuat gewerkt had op kleine kanalen in hout, en dat juist zijne proeven tot grondslag hebben gediend voor de formule van Prony, terwijl de duitsche waterbouwkundigen op groote stroomen hebben gewerkt.

Hij rangschikt vervolgens de kanalen onderling naar den aard hunner wanden, en onderscheidt vier hoofdtypen, waaronder hij al de andere tracht te brengen; dit zijn de volgende:

1.) Zeer effene wanden (glad cement, zorgvuldig geschaafd hout, enz.);

2.) Effene wanden (gehouwen steen, baksteen, planken, cement gemengd met zand, enz.);

3.) Niet zeer effene wanden van metselwerk in breuksteen:

4. Wanden van aarde.

Hij houdt zich overigens alleen onledig met kanalen van regthoekige of trapeziumvormige doorsnede.

Uit het beredeneren van al de uitkomsten der proeven, die redelijkerwijze onder een der vorige typen kunnen worden gebragt, heeft de heer Bazin de volgende praktische formules afgeleid:

1e type, zeer effene wanden . . $\frac{RI}{U^2} = 0.000\,15\left(1 + \frac{0.03}{R}\right)$

2e type, effene wanden . . . . $\frac{RI}{U^2} = 0.000\,19\left(1 + \frac{0.07}{R}\right)$

3e type, niet zeer effene wanden. $\frac{RI}{U^2} = 0.000\,24\left(1 + \frac{0.25}{R}\right)$

4e type, wanden van aarde . . $\frac{RI}{U^2} = 0.000\,28\left(1 + \frac{1.25}{R}\right)$.

Daarna construeert hij graphisch de regte lijnen, waarvan deze formules de vergelijking uitdrukken en brengt op deze figuren, door aanduiding met bijzondere letters, al de uitkomsten van de oude of nieuwe proeven over, naar gelang zij, door den aard van de kanalen, waarop zij genomen zijn geworden, tot een van deze vier typen behooren, en doet op die wijze zien, dat de uitkomsten van alle waarnemers met eene voor de praktijk toereikende naauwkeurigheid door de overeenkomstige formule kunnen worden weergegeven.

Hierbij komt zelfs het merkwaardige feit voor, dat eene der figuren, die met de meeste juistheid de uitkomsten van de waarnemingen schijnen af te beelden, de regte lijn is, waarop de uitkomsten der proeven op kanalen of rivieren met aarden wanden zijx overgebragt, genomen door Dubuat op het kanaal le Jard en de rivier Hayne, door Funk op de Wezer, door Baumgarten op het kanaal van Marseille; die van de proeven, genomen op de Seine, in 1851—1852, door den heer Villevert, onder de leiding van den heer Poirée, ingenieur der bruggen en wegen, en in 1852—1853 door den heer Bonnet, onder de leiding van den heer d'Emmery, ingenieur der bruggen en wegen, en eindelijk die van de zes bijzondere reeksen proeven, genomen door den heer Bazin op de leidingen van Chazilly en Grosbois van het kanaal van Bourgogne.

Verhouding tusschen de gemiddelde snelheid en de grootste. — Een ander voor de toepassingen zeer gewigtig onderzoek is dat van de verhouding, die er bestaat tusschen de gemiddelde snelheid U en de grootste snelheid V, afgeleid uit de regtstreeksche waarneming, meestal gedaan door middel van drijvers.

Immers, men weet, dat men in de meeste gevallen gedwongen is, voor de meting van de stroomsnelheid, met dat instrument de snelheid V aan de oppervlakte te bepalen en er, met behulp van de empirische, door Prony gegevene formule

$$\frac{U}{V} = \frac{V + 2.372}{V + 3.153},$$

de gemiddelde snelheid U uit af te leiden, die men vervolgens vermenigvuldigt met de oppervlakte van het gemiddelde profil van den stroom in het gedeelte, waar men gewerkt heeft.

Deze empirische formule nu is door Prony slechts afgeleid geworden uit de proeven, door Dubuat genomen op kleine kanalen

van hout, en kan blijkbaar niet dienen voor alle gevallen, daar het nu door de onderzoekingen van Darcy en Bazin genoeg bewezen is, dat de tegenstand der wanden, die een grooten invloed uitoefent op de waarde van de verhouding $\frac{U}{V}$, met den aard van deze wanden sterk afwisselt.

Het was dus noodig den loop na te gaan, dien deze verhouding in de nieuwe en talrijke onderzoekingen van Bazin had kunnen volgen, en dit vraagstuk leverde op zich zelf vrij groote moeijelijkheden op.

Immers, ofschoon in de waterstroomen de aderen, die door de grootste snelheid worden aangedaan, over het algemeen zeer nabij den spiegel liggen, weet men toch, dat deze grootste snelheid in de diepste stroomen eerst op een afstand wordt gevonden, te grooter naarmate de diepte aanzienlijker is in verhouding tot de breedte. Sinds lang weten onze schuitenvoerders op den Rijn en onze pontonniers, dat een geladen vaartuig met grooten diepgang bij het stroomafwaarts varen sneller gaat dan het water, waardoor het wordt gedragen of dan de op de oppervlakte drijvende ligchamen (1).

Daaruit volgt, dat de met drijvers gedane waarnemingen niet altijd de waarde van de grootste snelheid aangeven, tenzij zij behoorlijk worden ingedompeld.

Als aan den anderen kant de stroom slechts eene geringe diepte heeft, alswanneer de grootste snelheid zeer nabij den spiegel is, wordt het, bij een dikken drijver, zeer moeijelijk zijne aanwijzingen te toetsen door die van Darcy's buis tot het meten van de snelheid (*tube jaugeur*), welke alleen juist zijn als deze buis genoegzaam ingedompeld is.

Men begrijpt uit deze weinige woorden de moeijelijkheid van het hydraulische vraagstuk, dat de heer Bazin zich voornam te bestuderen, en de noodzakelijkheid, waarin hij zich bevond, om uit de te zijner beschikking staande reeksen proeven die te kiezen, welke het minst bloot stonden aan de miswijzingen, voortspruitende uit de twee voornaamste oorzaken, die wij pas hebben aangeduid, zoowel als uit eenige andere van minder gewigt.

Daar het onderzoek van de uitkomsten der waarneming hem in het algemeen reeds dadelijk geleerd had, dat de verhouding $\frac{U}{V}$ afnam, naarmate de tegenstand van den wand toenam, heeft hij er uit besloten, dat er tusschen de verhouding $\frac{U}{V}$ en de verhouding $\frac{RI}{U^2}$, die hij aangeduid heeft door A, eene betrekking van den vorm

$$\frac{V}{U} = 1 + f\left(\frac{RI}{U^2}\right)$$

bestaan moest, aangezien $\frac{V}{U}$ blijkbaar gelijk aan de eenheid zijn moet, als $f\left(\frac{RI}{U^2}\right)$ gelijk nul wordt.

Dewijl onder de gedaanten, die de onbekende functie kan aannemen, de eenvoudigste is

$$f\left(\frac{RI}{U^2}\right) = K\sqrt{\frac{RI}{U^2}},$$

waarin K een standvastige coëfficient zou zijn, heeft de heer Bazin nagegaan, of niet werkelijk deze formule genoeg met de uitkomsten van de waarneming overeenstemde om door middel eener vastgestelde waarde van den coëfficient K de verhouding $\frac{U}{V}$ te kunnen vertegenwoordigen door de formule

$$\frac{V}{U} = 1 + K\sqrt{\frac{RI}{U^2}}.$$

Door nu uit deze formule af te leiden

$$K = \frac{\frac{V}{U} - 1}{\sqrt{\frac{RI}{U^2}}}$$

en door alleen rekening te houden van de waarnemingen, waarbij de waarden van de snelheid, met drijvers bepaald en door de verbeterde buis van Pitot getoetst, de meeste regelmatigheid hebben vertoond, heeft de heer Bazin bevonden, dat, zoo ook al de waarde van den coëfficient K een weinig afwisselt met die van de verhouding $\frac{RI}{U^3}$, zij zich evenwel niet verre verwijdert van de gemiddelde waarde K = 14.1, of eenvoudiger nog K = 14, zoolang $\frac{RI}{U^3}$ niet boven 0.001 gaat, hetgeen het meest algemeene geval is.

Daaruit volgt, dat de verhouding van de grootste snelheid, waargenomen bij den spiegel, tot de gemiddelde snelheid U, binnen de grenzen van de best geregelde waarnemingen, zou worden aangegeven door de formule

$$\frac{V}{U} = 1 + 14\sqrt{\frac{RI}{U^2}},$$

waaruit men kan vinden

$$V - U = 14\sqrt{RI}.$$

Deze formule toont aan, dat de verhouding $\frac{V}{U}$ van de snelheid bij de oppervlakte tot de gemiddelde snelheid toeneemt in regte reden van den vierkantswortel uit den gemiddelden straal R, in regte reden van den vierkantswortel uit het verhang I per strekkende el, en in omgekeerde reden van de gemiddelde snelheid U.

Bij de kanalen, welker breedte zeer groot is in verhouding tot de waterdiepte, verschilt de gemiddelde straal zeer weinig van deze diepte, en neemt alzoo de verhouding $\frac{V}{U}$ toe in regte reden van den vierkantswortel uit de diepte.

Vergelijking van de uitkomsten der vorige formule met die van Prony's formule en met die van de ervaring. — Daar de vraag, welke het hier geldt, van groot gewigt is, dewijl men meestal slechts de snelheid aan de oppervlakte door middel van drijvers kan bepalen, was het noodig de uit de waarneming afgeleide uitkomsten tegenover die van de voorgestelde formule en die van Prony's formule te plaatsen. Dit heeft de heer Bazin met zorg gedaan in eene tabel, waarin de snelheden aan de oppervlakte hebben afgewisseld van 0m.315 tot meer dan 6m.00 in eene seconde.

Het onderzoek van deze tabel toont, dat, zoo ook al de formule

(1) Dit verschijnsel vindt hoofdzakelijk zijne verklaring in de opmerking, dat het vaartuig zich over een hellend vlak beweegt. De zwaartekracht wordt opgewogen door den tegenstand van het water; maar deze tegenstand kan alleen plaats vinden, indien de snelheid van het vaartuig grooter is dan de gemiddelde snelheid van het water rondom en nabij het schip. (Red.)

van Prony vrij wel met de waarneming overeenstemt, als de tegenstand der wanden niet zeer aanzienlijk is, gelijk gemakkelijk viel vooruit te zien, omdat zij werd afgeleid uit proeven op houten kanalen, zulks niet meer het geval is indien deze tegenstand eene grootere waarde heeft.

Het is noodig met den heer Bazin te doen opmerken, dat de dwaling, welke men begaan kan door zijne formule toe te passen op de achttien proeven, waarin de waarde van $\frac{RI}{U^2}$ boven 0.001 gaat, gemiddeld geene 3 ten honderd bereikt van de in deze achttien proeven waargenomene gemiddelde snelheid U, terwijl die, welke Prony's formule kan ten gevolge hebben, gemiddeld tot 18.6 ten honderd van deze snelheid stijgt, en soms meer dan de helft der waarde van de uit de waarneming afgeleide snelheid bereikt.

Er volgt dus uit dit onderzoek, dat de verhouding tusschen de grootste snelheid, met behulp van drijvers of andere middelen nabij den spiegel waargenomen, en de gemiddelde snelheid met de noodige juistheid kan worden vertegenwoordigd door de formule

$$V - U = 14\sqrt{RI} \quad \text{of} \quad U = V - 14\sqrt{RI}.$$

Als men den afvoer van eenen waterstroom heeft te berekenen, kan men door regtstreeksche waarneming de grootheden V, R en I bepalen, en bijgevolg de gemiddelde snelheid U, die men vervolgens slechts met den vlakte-inhoud der dwarsdoorsnede behoeft te vermenigvuldigen, zonder dat het noodig is den tegenstand der wanden in rekening te brengen, welker invloed, ofschoon voor het oog verborgen, begrepen is in de waarden, die de bekende grootheden hebben aangenomen.

Door de vorige formule te voegen bij die, welke hierboven zijn gegeven geworden voor de vier typen, waartoe men de meeste kanalen kan terugbrengen, waarvan men het *régime* wil bestuderen of welke men onder gegevene voorwaarden wil aanleggen, kan men de vraagstukken oplossen, die zich in de toepassing aan den ingenieur voordoen, en men zal de zekerheid hebben oplossingen te verkrijgen, zoo al niet volkomen juist, ten minste naauwkeuriger dan die, welke men tot dusverre uit de bekende regels kon afleiden.

In navolging van Prony heeft de heer Bazin gemeend bij zijne verhandeling tabellen te moeten bijvoegen, bestemd om de becijferingen gemakkelijk te maken, die tot de eenparige beweging van water in kanalen betrekking hebben.

Daar de interpolatie-formulen, waartoe hij gekomen is, zijn

$$\frac{RI}{U^2} = \alpha + \frac{\beta}{R}, \text{ waaruit men vindt } RI = \left(\alpha + \frac{\beta}{R}\right)U^2 \text{ en}$$

$$U = \frac{\sqrt{RI}}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$$

en $U = V - 14\sqrt{RI}$, waaruit volgt $\frac{U}{V} = \frac{1}{1 + 14\sqrt{\frac{\alpha + \frac{\beta}{R}}{}}}$,

heeft hij voor de typen van kanalen, waartoe hij de verschillende gevallen van de praktijk wenscht te brengen, berekend:

1°. twee tafels, die voor alle waarden van den gemiddelden straal R, welke men in de praktrijk kan aantreffen, de overeenkomstige waarden van $\alpha + \frac{\beta}{R}$ en van $\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}$ doen kennen;

2°. twee tafels, die de waarden van de verhonding $\frac{U}{V}$ der gemiddelde snelheid tot de maximum-snelheid aangeven voor de verschillende waarden van den gemiddelden straal R of van den coëfficient $\alpha + \frac{\beta}{R}$.

Deze tafels kunnen nuttig zijn, maar de formulen zijn eenvoudig en in het gebruik gemakkelijk genoeg om haar voor de ingenieurs niet onontbeerlijk te maken.

Onderzoekingen omtrent den tegenstand, welken de lucht op de oppervlakte van een' stroom uitoefent. — Men heeft dikwerf aan dezen tegenstand een' invloed toegekend, aanmerkelijk genoeg om er rekening van te moeten houden, en de heer Darcy had zich ook voorgesteld dit vrij lastige vraagstuk te bestuderen, tegelijk met de verdeeling van de snelheden, hetzij in ééne en dezelfde dwarsdoorsnede, hetzij in eene lengte-doorsnede.

Om daartoe te geraken deed hij in 1857 eene regthoekige buis maken, waaraan hij 0m.80 breedte gaf bij 0m.50 hoogte en later, in 1859, deed de heer Bazin eene tweede vervaardigen van 0m.48 breedte bij 0m.30 hoogte. Men bepaalde eerst de hoeveelheden water, door deze buizen afgevoerd, waarin men het onder een gegeven verhang deed stroomen, terwijl slechts één uiteinde open was (*à gueule bée*): daarna nam men haren bovenwand weg en deed op nieuw het water vloeijen, welks spiegel nu bloot lag.

Daar andere opzettelijke proeven geleerd hadden, dat, bij het stroomen in de *volle* of *bedekte* buizen, de snelheden van de wateraderen op gelijke verticale afstanden boven en beneden de as der buizen, aan elkaâr gelijk waren, volgde er uit, dat er, als men zich het profil van het kanaal door eene horizontale lijn in twee helften verdeeld denkt, door elke van beide gelijke hoeveelheden moesten vloeijen. Als men, dit op den voorgrond gesteld, in het *opene* kanaal van dezelfde breedte, onder hetzelfde verhang, eene hoeveelheid water deed stroomen van eene dikte, gelijk aan de helft der hoogte van het *geslotene* of *bedekte* kanaal, moest de invloed van den vertragenden tegenstand, dien de lucht op de oppervlakte kon uitoefenen, zich openbaren door de hoeveelheid water, in het opene kanaal afgevoerd, minder te maken dan de helft, in de volle buis van gelijke breedte weggestroomd.

Twee vergelijkende proeven nu, genomen onder de voorwaarden, die wij pas hebben aangeduid, hebben de volgende uitkomsten gegeven.

Buis van 0m.80 breedte.

Bedekt.		Bloot.	
Hoogte	0m.50	Waterhoogte . .	0m.2458
Verhang	0.00427	Verhang	0.00430
Waterafvoer . . .	0.618 m³.	Waterafvoer . . .	0.307 m³.

Buis van 0m.48 breedte.

Bedekt.		Bloot.	
Hoogte	0m.30	Waterhoogte . .	0m.1513
Verhang	0.00627	Verhang	0.00600
Waterafvoer . . .	0.191 m³.	Waterafvoer . . .	0.093 m³.

Deze proeven, bij stil weder genomen, schijnen aan te duiden, dat de lucht aan de beweging van het water geen tegenstand biedt, beduidend genoeg om de wegvloeijing tegen te werken, ten minste voor zoover de hoeveelheid afgevoerd water betreft.

Maar dit is op verre na niet het geval met de verdeeling van de snelheden der wateraderen, die één en hetzelfde dwarsprofil doorsnijden. Talrijke proeven, zeer zorgvuldig door den heer Bazin genomen met behulp van Darcy's buis, en waardoor hij de snelheden heeft bepaald in vijf en veertig punten, symmetrisch verdeeld in één en hetzelfde dwarsprofil, hebben hem dadelijk geleerd, gelijk wij hierboven hebben aangestipt, dat de verdeeling van deze snelheden met eene zeer groote symmetrie plaats vond in de bedekte buizen, en dat, als men met behulp van zekere zeer eenvoudige graphische bewerkingen, welke hij aanwijst, in elk van deze profillen de plaats der aderen bepaalt, die op verschillende afstanden van de as der buis door gelijke snelheden worden aangedaan, men volmaakt symmetrische geslotene kromme lijnen verkrijgt, die den vorm van parallelogrammen met afgeronde hoeken en gelijkvormig aan de dwarsdoorsnede der buizen te meer nabij komen, naarmate zij betrekking hebben tot aderen, die nader bij de wanden van de buizen gelegen zijn.

Maar de heer Bazin heeft bevonden, dat het geheel anders gesteld was met de opene kanalen. De kromme lijnen der aderen van gelijke snelheid, die het meest nabij de wanden liggen, zijn nog van boven opene parallelogrammen, waarvan de opstaande zijden nagenoeg onder een' regten hoek bij de oppervlakte ophouden, maar naarmate men zich van de wanden verwijdert en de snelheden bijgevolg toenemen, vertoonen deze kromme lijnen meer en meer neiging om zich aan het bovenste gedeelte te sluiten en komen de oppervlakte van het vocht onder meer en meer scherpe hoeken snijden. Eindelijk, als de diepte van den stroom het éénderde der breedte van het kanaal bereikt of te boven gaat, sluiten zich de kromme lijnen, die het naast bij het midden liggen en waarin de snelheid het grootst is, volkomen, en begrenzen alzoo eene soort van natte, centrale kern, waarvan al de aderen het dwarsprofil doorstroomen met eene zelfde snelheid, grooter dan die van de aderen aan de oppervlakte. Dit streven van de kromme lijnen om zich te sluiten is te sterker, naarmate de tegenstand van de wanden grooter is of de snelheden geringer zijn.

Overeenstemmende uitwerkingen openbaren zich bij alle kanaalprofillen, en alleen de vorm van deze kromme lijnen wordt gewijzigd door dien van het kanaal.

De heer Bazin heeft bij de bepaling dezer kromme lijnen van gelijke snelheid ook zijne aandacht gewijd aan die, welke betrekking heeft op de aderen, door de gemiddelde snelheid aangedaan, maar zij biedt niets bijzonders aan.

De belangrijke proeven, waarvan wij met weinig woorden de meest in het oog loopende uitkomsten hebben aangeduid, leeren duidelijk, gelijk de heer Bazin zeer teregt doet opmerken, dat de verdeeling van de snelheden in eenen open stroom veel ingewikkelder is dan men zou hebben kunnen denken, als men de volmaakte regelmatigheid gadeslaat, waarmede zij zich daarentegen in eene geslotene buis verdeelen.

Hoe ontstaan deze verschillen in de snelheden van de aderen, die één en hetzelfde profil doorsnijden, en hare verdeeling in dit profil, zonder dat de hoeveelheid afgevoerd water er door beheerscht schijnt te worden, gelijk de vergelijkende proeven, genomen omtrent de hoeveelheden afstroomend water in geslotene buizen en opene kanalen, schijnen aan te wijzen, waarvan wij hierboven de uitkomsten hebben vermeld? Dit heeft de wetenschap tot heden nog niet kunnen verklaren.

Wat er van zij, de heer Bazin heeft door de zorgvuldigheid, waarmede hij voor een groot getal regthoekige of cirkelvormige regelmatige profillen zeven, acht en tien kromme lijnen voor de wateraderen van gelijke snelheden heeft bepaald, door dezen uitvoerigen en met geduld verrigten arbeid, den wiskundigen, die zich willen onledig houden met het nasporen van de wetten der verdeeling van de snelheden in waterstroomen, kostbare gegevens verschaft, die hun tot heden ontbraken om de naauwkeurigheid van de onderstellingen te toetsen, die men omtrent deze ingewikkelde verschijnselen kan maken.

Afwisseling van de snelheid der wateraderen in éene en dezelfde verticaal. — De heer Bazin heeft zich ook met dit onderzoek beziggehouden, waaraan vele waterbouwkundigen zich hadden gewijd, en hij heeft daartoe Darcy's buis gebezigd, waarmede men aanwijzingen kan verkrijgen, veel naauwkeuriger en vooral veel beter onderling te vergelijken dan die, welke de andere in gebruik zijnde middelen doen. Maar de kanalen, waarop hij zijne waarnemingen deed, vertoonden ongelukkig slechts diepten, begrepen tusschen 0m.084 en 0m.380, bij gemiddelde snelheden, afwisselende van 2m.573 tot 0m.643, dat is te zeggen tusschen veel te naauwe grenzen om hem het opsporen van de werkelijke wet der afwisseling in de snelheden mogelijk te maken.

Uit de vergelijking van de waarnemingen, welke hij in de mogelijkheid geweest is te doen, heeft de heer Bazin gemeend te kunnen afleiden, dat de overmaat van de snelheid V aan de oppervlakte boven de snelheid v van eene waterader, gelegen op eene diepte h beneden dezen spiegel, in een kanaal van een gegeven verhang I en van eene diepte H, afwisselde gelijk de vierkantswortel uit de diepte h, en uitgedrukt werd door de formule

$$V - v = K\sqrt{RI}\left(\frac{h}{H}\right)^2,$$

waarin:

V de onderstelde maximum-snelheid is, zeer nabij den waterspiegel,

v de snelheid van eene ader, gelegen op de diepte h,

H de volle diepte van den stroom,

K een standvastige coëfficient, die weinig verschilt van 20.

Men vindt uit deze formule

$$v = V - K\sqrt{RI}\left(\frac{h}{H}\right)^2 = V - \frac{K}{H^2}\sqrt{RI}\,h^2,$$

hetgeen aantoont, dat de snelheid, op eene gegevene diepte h, toeneemt naarmate de volle diepte toeneemt, maar niet in eene standvastige hoeveelheid, of dat de parameter van de parabool, uitgedrukt door $\frac{K}{H^2}\sqrt{RI}$, met de diepte H afwisselt, in plaats van standvastig te blijven, gelijk beweerd wordt door een geleerd ingenieur, die eene theorie voor de eenparige beweging van stroomende wateren heeft voorgesteld.

De vorige formule is overigens slechts toepasselijk op gevallen, waarin de maximum-snelheid zeer nabij den spiegel wordt gevonden, gelijk in de door den heer Bazin bestudeerde proeven.

Zij wijkt iets af van die, welke de heer Boileau van zijn' kant gemeend heeft te kunnen afleiden uit proeven, ook genomen omtrent geringe waterdiepten, en volgens welke de geometrische verhouding tusschen de diepten en snelheden van de verschillende aderen in dezelfde verticaal ook zou worden vertegenwoordigd door eene nagenoeg parabolische kromme, waarvan de top, die met de grootste snelheid overeenkomt, voor de door dezen officier waargenomen gevallen, zoude liggen op eene diepte, ten naaste bij gelijk aan het één-vijfde van die in het kanaal.

Gelijk men ziet, ware het te wenschen, dat de heer Bazin of eenig ander onder gunstige omstandigheden geplaatst ingenieur, partij trekkende van het gemak, dat Darcy's buis geeft tot het bepalen van de snelheid der aderen op allerlei diepten, op eenige groote rivier, zoo als den Rijn en de Rhône, kon werken, en deze onderzoekingen uitstrekken tot grenzen, ruim genoeg om hem tot het opsporen van de werkelijke wet omtrent de afwisseling van de snelheden der aderen, die door één en dezelfde verticaal gaan, mogelijk te maken.

Behalve het belang, dat dit vraagstuk uit een zuiver wetenschappelijk oogpunt heeft, daar het tot de, althans zeer benaderde, kennis van de bodemsnelheid zoude leiden, zou het ook voor de kunst van den ingenieur van werkelijk nut zijn.

Over de afwisselende beweging in de kanalen. — Men weet, dat de studie omtrent de beweging van het water in stroomen, welker *régime* niet éénvormig is, het onderwerp van gewigtige onderzoekingen heeft uitgemaakt, die men te danken heeft aan den heer Poncelet en den heer Bélanger, die eene analytische uitdrukking hebben gegeven voor de daling van den spiegel in deze stroomen tusschen twee profillen, waarin de gemiddelde snelheid verschillend is. In deze uitdrukking komen voor een coëfficient in getallenwaarden voor den term, die deze snelheden bevat, en de gewone coëfficienten voor den tegenstand van de wanden, waaraan men waarden toekent, nagenoeg gelijk aan die, welke zij bij eenparige beweging hebben.

De heer Bazin heeft zich voorgesteld de uitkomsten van deze formule in de verschillende gevallen, die de afwisselende beweging kan aanbieden, te beredeneren en ze te vergelijken met die van de waarneming.

In geval van plotselingen overgang (*ressaut*) zijn de omstandigheden der beweging meestal zoo onstuimig, dat het zeer moeijelijk is genoegzaam juiste metingen van de hoogte en de gedaante der dwarrelingen te verkrijgen.

Daar bovendien de verdeeling van de snelheden in eene en dezelfde doorsnede en de tegenstand van de wanden niet dezelfden kunnen zijn als bij de eenparige beweging, begrijpt men, hoe moeijelijk het valt eensdeels aan de theorie, anderdeels aan de proefneming, de werkelijke wet van dergelijke verschijnselen op te sporen en vast te stellen.

Wat er van zij, dit gedeelte der onderzoekingen van den heer Bazin levert nieuwe, met de meeste zorg verzamelde, elementen voor de waarneming op en moet er ongetwijfeld toe bijdragen om een nieuw licht te werpen op dit ingewikkeld gedeelte van het vraagstuk omtrent de beweging van water in kanalen.

Als men het bovenstaande zamenvat, ziet men uit onze uitvoerige ontleding van de verhandeling des heeren Bazin, dat de aard der wanden op de waarde van den tegenstand, dien zij aan de beweging van het water bieden, een invloed uitoefent, welken men niet mag verwaarloozen, gelijk Prony, Eytelwein en alle waterbouwkundigen gedaan hebben, die praktische regels voor dit onderwerp hebben gegeven, en dat die invloed zoo afwisselt bij den eenen wand en den anderen, dat het niet mogelijk is door één en dezelfde formule al de gevallen te vertegenwoordigen, die zich in de praktijk kunnen voordoen.

Verscheidene wiskundigen hebben in de laatste tijden getracht, met behulp van meer of min vernuftige onderstellingen, deze ingewikkelde vraagstukken aan berekening te onderwerpen, maar, dewijl deze onderstellingen slechts onvolkomen overeenkwamen met de werkelijke omstandigheden van de beweging der vochten, zijn de gevolgtrekkingen, waartoe de analyse hen geleid heeft, niet in overeenstemming bevonden met de waarneming, zelfs niet in het geval van eenparige beweging.

De oplossing van dit belangrijke vraagstuk ontsnapt dus, gelijk zoo vele uit de mechanische natuurkunde, aan de mathematische analyse. De ingenieur, die evenwel regels behoeft als leiddraad voor de toepassing, is alzoo genoodzaakt de toevlugt te zoeken tot de waarneming, en zich te vergenoegen met de empirische formulen, die er de uitkomsten van vertegenwoordigen. Ongetwijfeld heeft deze wijze van oplossing van zoo hoogst belangrijke vraagstukken niet het schitterende van oplossingen, afgeleid uit wetenschappelijke theoriën, die op meer of min vernuftige beschouwingen rusten, maar ook te dikwijls op onderstellingen, weinig in overeenstemming met de natuurlijke feiten. De ingenieurs, gelijk Darcy, Bazin en anderen, die er zich aan wijden met eene volharding, die tot opoffering van gezondheid en leven gaat, verdienen er niet minder den dank van de vrienden der wetenschap om.

Terwijl hij het werk, door Darcy aangevangen, voortzette en het door even geleerde als heldere redeneringen aanvulde, heeft de heer Bazin niet alleen een' arbeid van hooge waarde voor de kunst van den ingenieur volbragt, maar, bewogen door eenen vromen eerbied voor de nagedachtenis van den chef, die hem de baan bereid had, heeft hij onbeperkt het aandeel in het ontwerpen en regelen van de proeven, dat aan Darcy toekwam, in het licht gesteld; doch het zijne blijft niettemin zeer aanzienlijk en zal ten volle worden gewaardeerd door de academie en het verdienstelijke korps, waartoe hij de eer heeft te behooren.

TAFEL I.

Waarden van $\frac{RI}{U^2}$ *voor waarden van den gemiddelden straal* R *tusschen* 0m.01 en 6m.00.

Waarden van R.	Waarden van $\frac{RI}{U^2}$. Zeer gladde wanden (glad cement, geschaafd hout.)	Gladde wanden (planken, gehouwen steen.)	Weinig gladde wanden (metselwerk in breuksteen.)	Aarden wanden.
0.01	0.000 600	»	»	»
0,02	0.000 375	0.000 855	»	»
0.03	0.000 300	0.000 633	»	»
0.04	0.000 262	0.000 522	»	»
0.05	0.000 240	0.000 456	0.001 440	»
0.06	0.000 225	0.000 412	0.001 240	»
0 07	0.000 214	0.000 380	0.001 097	»
0.08	0.000 206	0.000 356	0.000 990	»
0.09	0.000 200	0.000 338	0.000 907	»
0.10	0.000 195	0.000 323	0.000 840	0.003 780
0.11	0.000 191	0.000 311	0.000 785	0.003 462
0.12	0.000 188	0.000 301	0.000 740	0.003 197
0.13	0.000 185	0.000 292	0.090 702	0.002 972
0.14	0.000 182	0.000 285	0.000 669	0.002 780
0.15	0.000 180	0.000 279	0.000 640	0.002 613
0.16	0.000 178	0.000 273	0.000 615	0.002 468
0.17	0.000 176	0.000 268	0.090 593	0.002 339
0.18	0.000 175	0.000 264	0.000 573	0.002 224
0.19	0.000 174	0.000 260	0.000 556	0.002 122
0.20	0.000 172	0.000 256	0.000 540	0.002 030
0.21	0.000 171	0.000 253	0.000 526	0.001 947
0.22	0.000 170	0.000 250	0.000 513	0.001 871
0.23	0.000 170	0.000 248	0.000 501	0.001 802
0.24	0.000 169	0.000 245	0.000 490	0.001 738
0.25	0.000 168	0.000 243	0.000 480	0.001 680
0.26	0.000 167	0.000 241	0.000 471	0.001 626
0.27	0.000 167	0.000 239	0.000 462	0.001 576
0.28	0.000 166	0.000 237	0.000 454	0.001 530
0.29	0.000 166	0.000 236	0.000 447	0.001 487
0.30	0.000 165	0.000 234	0.000 440	0.001 447
0.31	0.000 165	0.000 233	0.000 434	0.001 409
0.32	0.000 164	0.000 232	0.000 428	0.001 374
0.33	0.000 164	0.000 230	0.000 422	0.001 341
0.34	0.000 163	0.000 229	0.000 416	0.001 309
0.35	0.000 163	0.000 228	0.000 411	0 001 280
0.36	0.006 163	0.000 227	0.000 407	0.001 252
0.37	0.000 162	0.000 226	0.000 402	0.001 226
0.38	0.006 162	0.000 225	0.000 398	0.001 201
0.39	0.000 162	0.000 224	0.000 394	0.001 177
0.40	0.000 161	0.000 223	0.000 390	0.001 155
0.41	0.000 161	0.000 222	0.000 386	0.001 134
0.42	0.000 161	0.000 222	0.000 383	0.001 113
0.43	0.000 160	0.000 221	0.000 380	0.001 094
0.44	0.000 160	0.000 220	0.000 376	0.001 075
0.45	0.000 160	0.000 220	0.000 373	0.001 058
0.46	0.000 160	0.000 219	0.000 370	0.001 041
0.47	0.000 160	0.000 218	0.000 368	0.001 025
0.48	0.000 159	0.000 218	0.000 365	0.001 009
0.49	0.000 159	0.000 217	0.000 362	0.000 994
0.50	0.000 159	0.000 217	0.000 360	0.000 980
0.51	0.000 159	0.000 216	0.000 358	0.000 966
0.52	0.000 159	0.000 216	0.000 355	0.000 953
0.53	0.000 158	0.000 215	0.000 353	0.000 940
0.54	0.000 158	0.000 215	0.000 351	0.000 928
0.55	0.000 158	0.000 214	0.000 349	0.000 916
0.56	0.000 158	0.000 214	0.000 347	0.000 905
0.57	0.000 158	0.000 213	0.000 345	0.000 894
0.58	0.000 158	0.000 213	0.000 343	0.003 883
0.59	0.000 158	0.000 213	0.000 342	0.000 873

Waarden van R.	Waarden van $\frac{RI}{U^2}$. Zeer gladde wanden (glad cement, geschaafd hout.)	Gladde wanden (planken, gehouwen steen.)	Weinig gladde wanden (metselwerk in breuksteen.)	Aarden wanden.
0.60	0.000 158	0.000 212	0.000 340	0.000 863
0.61	0.000 157	0.000 212	0.000 338	0.000 854
0.62	0.000 157	0.000 211	0.000 337	0.000 845
0.63	0.000 157	0.000 211	0.000 335	0.000 836
0.64	0.000 157	0.000 211	0.000 334	0.000 827
0.65	0.000 157	0.000 210	0.000 332	0.000 818
0.66	0.000 157	0.000 210	0.000 331	0.000 810
0.67	0.000 157	0.000 210	0.000 330	0.000 802
0.68	0.000 157	0.000 210	0.000 328	0.000 795
0.69	0.000 157	0.000 209	0.000 327	0.000 787
0.70	0.000 156	0.000 209	0.000 326	0.000 780
0.71	0.000 156	0.000 209	0.000 325	0.000 773
0.72	0.000 156	0.000 208	0.000 323	0.000 766
0.73	0.000 156	0.000 208	0.000 322	0.000 759
0.74	0.000 156	0.000 208	0.000 321	0.000 753
0.75	0.000 156	0.000 208	0.000 320	0.000 747
0.76	0.000 156	0.000 208	0.000 319	0.000 741
0.77	0.000 156	0.000 207	0.000 318	0.000 735
0.78	0.000 156	0.000 207	0.000 317	0.000 729
0.79	0.000 156	0.000 207	0.000 316	0.000 723
0.80	0.000 156	0.000 207	0.000 315	0.000 718
0.81	0.000 156	0.000 206	0.000 314	0.000 712
0.82	0.000 155	0.000 206	0.000 313	0.000 707
0.83	0.000 155	0.000 206	0.000 312	0.000 702
0.84	0.000 155	0.000 206	0.000 311	0.000 697
0.85	0.000 155	0.000 206	0.000 311	0.000 692
0.86	0.000 155	0.000 205	0.000 310	0.000 687
0.87	0.000 155	0.000 205	0.000 309	0.000 682
0.88	0.000 155	0.000 205	0.000 308	0.000 678
0.89	0.000 155	0.000 205	0.000 307	0.000 673
0,90	0.000 155	0.000 205	0.000 307	0.000 669
0.91	0.000 155	0.000 205	0.000 306	0.000 665
0.92	0.000 155	0.000 204	0.000 305	0.000 660
0.93	0.000 155	0.000 204	0.000 305	0.000 656
0.94	0.000 155	0.000 204	0.000 304	0.000 652
0.95	0.000 155	0.000 204	0.000 303	0.000 648
0.96	0.000 155	0.000 204	0.000 303	0.000 645
0.97	0.000 155	0.000 204	0.000 302	0.000 641
0.98	0.000 155	0.000 204	0.000 301	0.000 637
0.99	0.000 155	0 000 203	0.000 301	0.000 634
1.00	0.000 155	0.000 203	0.000 300	0.000 630
1.02	0.000 154	0.000 203	0.000 299	0.000 623
1.04	0.000 154	0.000 203	0.000 298	0.000 617
1.06	0.000 154	0.000 203	0.000 297	0 000 610
1.08	0.000 154	0.000 202	0.000 296	0.000 604
1.10	0.000 154	0.000 202	0.000 295	0.000 598
1.12	0.000 154	0.000 202	0.000 294	0.000 592
1.14	0.000 154	0.000 202	0.000 293	0.000 587
1.16	0.000 154	0.000 201	0.000 292	0.000 582
1.18	0.000 154	0.000 201	0.000 291	0.000 577
1.20	0.000 154	0.000 201	0.000 290	0.000 572
1.22	0.000 154	0.000 201	0.000 289	0.000 567
1.24	0.000 154	0.000 201	0.000 288	0.000 562
1.26	0.000 154	0.000 201	0.000 288	0.000 558
1.28	0.000 154	0.000 200	0.000 287	0.000 553
1.30	0.000 153	0.000 200	0.000 286	0.000 549
1.32	0.000 153	0.000 200	0.000 285	0.000 545
1.34	0.000 153	0.000 200	0.000 285	0.000 541
1.36	0.000 153	0.000 200	0.000 284	0.000 537
1.38	0.000 153	0.000 200	0.000 283	0.000 534

Waarden van R.	Waarden van $\frac{RI}{U^2}$. Zeer gladde wanden (glad cement, geschaafd hout.)	Gladde wanden (planken, gehouwen steen.)	Weinig gladde wanden (metselwerk in breuksteen.)	Aarden wanden.
1.40	0.000 153	0.000 199	0.000 283	0.000 530
1.42	0.000 153	0.000 199	0.000 282	0.000 526
1.44	0.000 153	0.000 199	0.000 282	0.000 523
1.46	0.000 153	0.000 199	0.000 281	0.000 520
1.48	0.000 153	0.000 199	0.000 281	0.000 516
1.50	0.000 153	0.000 199	0.000 280	0.000 513
1.52	0.000 153	0.000 199	0 000 279	0.000 510
1.54	0.000 153	0.000 199	0.000 279	0.000 507
1.56	0.000 153	0.000 199	0.000 278	0.000 504
1.58	0.000 153	0.000 198	0.000 278	0.000 502
1.60	0.000 153	0.000 198	0.000 277	0.000 499
1.62	0.000 153	0.000 198	0.000 277	0.000 496
1.64	0.000 153	0.000 198	0.000 277	0.000 493
1.66	0.000 153	0.000 198	0.000 276	0.000 491
1.68	0.000 153	0.000 198	0.000 276	0.000 488
1.70	0.000 153	0.000 198	0.000 275	0.000 486
1.72	0.000 153	0.000 198	0.000 275	0.000 483
1.74	0.000 153	0.000 198	0.000 274	0.000 481
1.76	0.000 153	0.000 198	0 000 274	0 000 479
1.78	0.000 153	0.000 197	0.000 274	0.000 477
1.80	0.000 153	0.000 197	0.000 273	0.000 474
1.82	0.000 152	0.000 197	0.000 273	0.000 472
1.84	0.000 152	0.000 197	0 000 273	0.000 470
1.86	0.000 152	0.000 197	0.000 272	0.000 468
1.88	0.000 152	0.000 197	0.000 272	0.000 466
1.90	0.000 152	0.000 197	0.000 272	0.000 464
1.92	0.000 152	0.000 197	0.000 271	0.000 462
1.94	0.000 152	0.000 197	0 000 261	0.000 460
1.96	0.000 152	0.000 197	0.000 271	0.000 459
1.98	0.000 152	0.000 197	0.000 270	0.000 457
2.00	0.000 152	0.000 197	0.000 270	0.000 455
2.10	0.000 152	0.000 196	0 000 269	0.000 447
2.20	0.000 152	0.000 196	0.000 267	0.000 439
2.30	0.000 152	0.000 196	0.000 266	0.060 432
2.40	0.000 152	0.000 196	0.000 265	0.000 426
2.50	0.000 152	0.000 195	0 000 264	0.000 420
2.60	0.000 152	0.000 195	0.000 263	0.000 415
2.70	0.000 152	0.000 195	0.000 262	0.000 410
2.80	0.000 152	0 600 195	0.000 261	0.000 405
2.90	0.000 152	0.000 195	0.000 261	0.000 401
3.00	0.000 152	0.000 194	0.000 260	0.000 397
3.10	0.000 151	0.000 194	0.000 259	0.000 393
3.20	0.000 151	0.000 194	0.000 259	0.600 389
3.30	0.000 151	0.000 194	0.000 258	0.000 386
3.40	0.000 151	0.000 194	0.000 258	0.000 383
3.50	0,000 151	0.000 194	0 000 257	0.000 380
3.60	0.000 151	0.000 194	0.000 257	0.000 377
3.70	0.000 151	0.000 194	0 000 256	0.000 375
3.80	0.000 151	0.000 194	0.000 256	0.000 372
3.90	0.000 151	0.000 193	0.000 255	0.000 370
4.00	0.000 151	0.000 193	0.000 255	0.000 368
4.25	0.000 151	0.000 193	0.000 254	0.000 362
4.50	0.000 151	0.300 193	0.000 253	0.000 358
4.75	0.000 151	0.000 193	0.000 253	0.000 354
5.00	0.000 151	0.000 193	0.000 252	0.000 350
5.25	0.000 151	0.000 193	0.000 251	0.000 347
5.50	0.000 151	0.000 192	0.000 251	0.000 344
5.75	0.000 151	0.000 192	0.000 250	0.000 341
6.00	0.000 151	0.000 192	0.000 250	0.000 338

TAFEL II.

Waarden van $\frac{U}{\sqrt{RI}}$ *voor waarden van den gemiddelden straal* R *tusschen* 0m.01 *en* 6m.00.

Waarden van R.	Waarden van $\frac{U}{\sqrt{RI}}$. Zeergladde wanden (glad cement, geschaaft hout.)	Gladde wanden (planken, gehouwen steen.)	Weinig gladde wanden (metselwerk in breuksteen.)	Aarden wanden.
0.01	40.8	»	»	»
0.02	51.6	34.2	»	»
0.03	57.7	39.7	»	»
0.04	61.7	43.8	»	»
0.05	64.6	46.8	26.4	»
0.06	66.7	49.3	28.4	»
0.07	68.3	51.3	38.2	»
0.08	69.6	53.0	31.8	»
0.09	70.7	54.4	33.2	»
0.10	71.6	55.6	34.5	16.3
0.11	72.4	56.7	35.7	17.0
0.12	73.0	57.7	36.8	17.7
0.13	73.6	58.5	37.8	18.3
0.14	74.1	59.2	38.7	19.0
0.15	74.5	59.9	39.5	19.6
0.16	74.9	60.5	40.3	20.1
0.17	75.3	61.1	41.1	20.7
0.18	75.6	61.6	41.8	21.2
0.19	75.9	62.0	42.4	21.7
0.20	76.1	62.4	43.0	22.2
0 21	76.4	62.8	43.6	22.7
0.22	76.6	63.2	44.2	23.1
0.23	76.8	63.5	44.7	23.6
0.24	77.0	63.8	45.2	24.0
0.25	77.2	64.1	45.6	24.4
0.26	77.3	64.4	46.1	24.8
0.27	77.5	64.7	46.5	25.2
0.28	77.6	64.9	46.9	25.6
0.29	77.7	65.1	47.3	25.9
0.30	77.9	65.3	47.7	26.3
0.31	78.0	65.5	48.0	26.6
0.32	78.1	65.7	48.4	27.0
0.33	78.2	65.9	48.7	27.3
0.34	78.3	66.1	49.0	27.6
0.35	78.4	66.2	49.3	28.0
0.36	78.5	66.4	40.6	28.3
0.37	78.5	66.5	49.9	28.6
0.38	78.6	66.7	50.1	28.9
0.39	78.7	66.8	50.4	29.2
0.40	78.8	66.9	50.6	29.4
0.41	78.8	67.1	50.9	29.7
0.42	78.9	67.2	51.1	30.0
0.43	78.9	67.3	51.3	30.2
0.44	79.0	67.4	51.5	30.5
0.45	79.1	67.5	51.8	30.7
0.46	79.1	67.6	52.0	31.0
0.47	79.2	67.7	52.2	31.2
0.48	79.2	67.8	52.3	31.5
0.49	79.3	67.9	52.5	31.7
0.50	79.3	67.9	52.7	31.9
0.51	79.4	68.0	52.9	32.2
0.52	79.4	68.1	53.0	32.4
0.53	79.4	68.2	53.2	32.6
0.54	79.5	68.3	53.4	32.8
0.55	79.5	68.3	53.5	33.0
0.56	79.5	68.4	53.7	33.2

Waarden van R.	Waarden van $\frac{U}{\sqrt{RI}}$. Zeergladde wanden (glad cement, geschaaft hout.)	Gladde wanden (planken, gehouwen steen.)	Weinig gladde wanden (metselwerk in breuksteen.)	Aarden wanden.
0.57	79.6	68.5	53.8	33.4
0.58	79.6	68.5	54.0	33.6
0.59	79.6	68.6	54.1	33.8
0.60	79.7	68.7	54.2	34.0
0.61	79.7	68.7	54.4	34.2
0.62	79.7	68.8	54.5	34.4
0.63	79.8	68.8	54.6	34.6
0.64	79.8	68.9	54.7	34.8
0.65	79.8	68.9	54.9	35.0
0.66	79.9	69.0	55.0	35.1
0.67	79.9	69.0	55.1	35.3
0.68	79.9	69.1	55.2	35.5
0.69	79.9	69.1	55.3	35.7
0.70	80.0	69.2	55.4	35.8
0.71	80.0	69.2	55.5	36.0
0.72	80.0	69.3	55.6	36.1
0.73	80.0	69.3	55.7	36.3
0.74	80 0	69.3	55.8	36.4
0.75	80.1	69.4	55.9	36.6
0.76	80.1	69.4	56.0	36.8
0.77	80.1	69.5	56.1	36.9
0.78	80.1	69.5	56.2	37.0
0.79	80.1	69.5	56.3	37.2
0.80	80.2	69.6	56.3	37.3
0.81	80.2	69.6	56.4	37.5
0.82	80.2	69.6	56.5	37.6
0.83	80.2	69.7	56.6	37.8
0.84	80.2	69.7	56.7	37.9
0.85	80.2	69.7	56.8	38.0
0.86	80.3	69.8	56.8	38.2
0.87	80.3	69.8	56.9	38.3
0.88	80.3	69.8	57.0	38.4
0.89	80.3	69.9	57 0	38.5
0.90	80.3	69.9	57.1	38.7
0.91	80.3	69.9	57.2	38.8
0.92	80.3	69.9	57.2	38.9
0.93	80.4	70.0	57.3	39.0
0.94	80.4	70.0	57.4	39.2
0.95	80.4	70.0	57.4	39.3
0.96	80.4	70.0	57.5	39.4
0.97	80.4	70 1	57.6	39.5
0.98	80.4	70.1	57.6	39.6
0.99	80 4	70.1	57.7	39.7
1.00	80.4	70.1	57.7	39.8
1.02	80.5	70.2	57.9	40.1
1.04	80.5	70.2	58.0	40.3
1.06	80.5	70.3	58.1	40.5
1.08	80.5	70.3	58.2	40.7
1.10	80.6	70.3	58.3	40.9
1.12	80.6	70.4	58.4	41.1
1.14	80.6	70.4	58.5	41.3
1.16	80.6	70.4	58.6	41.5
1.18	80.6	70.5	58.6	41.6
1.20	80.6	70.5	58.7	41.8

Waarden van R.	Waarden van $\frac{U}{\sqrt{RI}}$.				Waarden van R.	Waarden van $\frac{U}{\sqrt{RI}}$.			
	Zeer gladde wanden (glad cement, geschaafd hout.)	Gladde wanden (planken, gehouwen steen.)	Weinig gladde wanden (metselwerk in breuksteen.	Aarden wanden.		Zeer gladde wanden (glad cement, geschaafd hout.)	Gladde wanden (planken, gehouwen steen.)	Weinig gladde wanden (metselwerk in breuksteen.)	Aarden wanden.
1.22	80.7	70.5	58.8	42.0	1.94	81.0	71.3	60.8	46.6
1.24	80.7	70.6	58.9	42.2	1.96	81.0	71.3	60 8	46.7
1.26	80.7	70.6	59.0	42.5	1.98	81.0	71.3	60.8	46.8
1.28	80.7	70.6	59.0	42.5	2.00	81.0	71.3	60.9	46.9
1.30	80.7	70.7	59.1	42.7					
1.32	80.7	70.7	59.2	42.8					
1.34	80.7	70.7	59.3	43.0	2.10	81.1	71.4	61.0	47.3
1.36	80.8	70·7	59.3	43.1	2.20	81.1	71.4	61.2	47.7
1.38	80.8	70.8	59.4	43.3	2.30	81.1	71.5	61.3	48.1
1.40	80.8	70.8	59.5	43.4	2.40	81.1	71.5	61.4	48.5
1.42	80.8	70.8	59.5	43.7	2.50	81.2	71.6	61.5	48.8
1.44	80.8	70.8	59.6	43.7	2.60	81.2	71.6	61.6	49.1
1.46	80.8	70.9	59.6	43.9	2.70	81.2	71.6	61.8	49.4
1.48	80.8	70.9	59.7	44.0	2.80	81.2	71.7	61.9	49.7
1.50	80.8	70.9	59.8	44.1	2.90	81.2	71.7	61.9	50.0
1.52	80.9	70.9	59.8	44.3	3.00	81.2	71.7	62.0	50.2
1.54	80.9	71.0	59.9	44.4	3.10	81.3	71.7	62.1	50.4
1.56	80.9	71.0	59.9	44.5	3.20	81.3	71.8	62.1	50.7
1.58	80.9	71.0	60.0	44.7	3.30	81.3	71.8	62 2	50.9
1.60	80.9	71.0	60.0	44.8	3.40	81.3	71.8	62.3	51.1
1.62	80.9	71.0	60.1	44.9	3.50	81.3	71.8	62.3	51.3
1.64	80.9	71.1	60.1	45.0	3.60	81.3	71.9	62.4	51.5
1.66	80.9	71.1	60.2	45.1	3.70	81.3	71.9	62.5	51.7
1.68	80.9	71.1	60.2	45.3	3.80	81.3	71.9	62.5	51.9
1.70	80.9	71.1	60.3	45.4	3.90	81.3	71.9	62.6	52.0
1.72	80.9	71.1	60.3	45.5	4.00	81.3	71.9	62.6	52.2
1.74	81.0	71.1	60.4	45.6					
1.76	81.0	71.1	60.4	45.7					
1.78	81.0	71.2	60.4	45.8	4.25	81.4	72.0	62.7	52.5
1.80	81.0	71.2	60.5	45.9	4.50	81.4	72.0	62.8	52.9
1.82	81.0	71.2	60.5	46.0	4.75	81.4	72.0	62.9	53.2
1.84	81.0	71.2	60.6	46.1	5.00	81.4	72.0	63.0	53.5
1.86	81.0	71.2	60.6	46.2	5.25	81.4	72.1	63.1	53.7
1.88	81.0	71.2	60.6	46.3	5.50	81.4	72 1	63.1	53.9
1.90	81.0	71.2	60.7	46.4	5.75	81.4	72.1	63.2	54.2
1.92	81.0	71.3	60. 7	46.5	6.00	81.4	72.1	63.2	54.4

TAFEL III.

Waarden van $\frac{U}{V}$ *voor waarden van* $\frac{RI}{U^2}$ *tusschen* 0.000 15 *en* 0.003.

Waarden van $\frac{RI}{U^2}$.	Waarden van $\frac{U}{V}$.	Waarden van $\frac{RI}{U^2}$.	Waarden van $\frac{U}{V}$.	Waarden van $\frac{RI}{U^2}$.	Waarden van $\frac{U}{V}$.
0.000 150	0.854	0.000 205	0.833	0.000 260	0.816
0.000 155	0.852	0.000 210	0.831	0.000 265	0.814
0.000 160	0.850	0.000 215	0.830	0.000 270	0.813
0.000 165	0.848	0.000 220	0.828	0.000 275	0.812
0.000 170	0.846	0.000 225	0.826	0.000 280	0.810
0.000 175	0.844	0.000 230	0.825	0.000 285	0.809
0.000 180	0.842	0.000 235	0.823	0.000 290	0.808
0.000 185	0.840	0.000 240	0.822	0.000 295	0.806
0.000 190	0.838	0.000 245	0.820	0.000 300	0.805
0.000 195	0.836	0.000 250	0.819	0.000 305	0.803
0.000 200	0.835	0.000 255	0.817	0.000 310	0.802

Waarden van $\frac{RI}{U^2}$.	Waarden van $\frac{U}{V}$.	Waarden van $\frac{RI}{U^2}$.	Waarden van $\frac{U}{V}$.	Waarden van $\frac{RI}{U^2}$.	Waarden van $\frac{U}{V}$.
0.000 315	0.801	0.000 660	0.735	0.001 380	0.658
0.000 320	0.800	0.000 670	0.734	0.001 400	0.656
0.000 325	0.798	0.000 680	0.733	0.001 420	0.655
0.000 330	0.797	0.000 690	0.731	0.001 440	0.653
0.000 335	0.796	0.000 700	0.730	0.001 460	0.651
0.000 340	0.795	0.000 710	0.728	0.001 480	0.650
0.000 345	0.794	0.000 720	0.727	0.001 500	0.648
0.000 350	0.792	0.000 730	0.726	0.001 520	0.647
0.000 355	0.791	0.000 740	0.724	0.001 540	0.645
0.000 360	0.790	0.000 750	0.723	0.001 560	0.644
0.000 365	0.789	0.000 760	0.721	0.001 580	0.643
0.000 370	0.788	0.000 770	0.720	0.001 600	0.641
0.000 375	0.787	0.000 780	0.719	0.001 620	0.640
0.000 380	0.786	0.000 790	0.718	0.001 640	0.638
0.000 385	0.784	0.000 800	0.716	0.001 660	0.637
0.000 390	0.783	0.000 810	0.715	0.001 680	0.635
0.000 395	0.782	0.000 820	0.714	0.001 700	0.634
0.000 400	0.781	0.000 830	0.713	9.001 720	0.633
0.000 405	0.780	0.000 840	0.711	0.001 740	0.631
0.000 410	0.779	0.000 850	0.710	0.001 760	0.630
0.000 415	0.778	0.000 860	0.709	0.001 780	0.629
0.000 420	0.777	0.000 870	0.708	0.001 800	0.627
0.000 425	0.776	0.000 880	0.707	0.001 820	0.626
0.000 430	0.775	0.000 890	0.705	0.001 840	0.625
0.000 435	0.774	0.000 900	0.704	0.001 860	0.623
0.000 440	0.773	0.000 910	0.703	0.001 880	0.622
0.000 445	0.772	0.000 920	0.702	0.001 900	0.621
0.000 450	0.771	0.000 930	0.701	0.001 920	0.620
0.000 455	0.770	0.000 940	0.700	0.001 940	0.619
0.000 460	0.769	0.000 950	0.699	0.001 960	0.617
0.000 465	0.768	0.000 960	0.697	0.001 980	0.616
0.000 470	0.767	0.000 970	0.696	0.002 000	0.615
0.000 475	0.766	0.000 980	0.695		
0.000 480	0.765	0.000 990	0.694		
0.000 485	0.764	0.001 000	0.693		
0.000 490	0.763			0.002 050	0.612
0.000 495	0.763			0.002 100	0.609
0.000 500	0.762			0.002 150	0.606
		0.001 020	0.691	0.002 200	0.604
		0.001 040	0.689	0.002 250	0.601
		0.001 060	0.687	0.002 300	0.598
0.000 510	0.760	0.001 080	0.685	0.002 350	0.596
0.000 520	0.758	0.001 100	0.683	0.002 400	0.593
0.000 530	0.756	0.001 120	0.681	0.002 450	0.591
0.000 540	0.754	0.001 140	0.679	0.002 500	0.588
0.000 550	0.753	0.001 160	0.677	0.002 550	0.586
0.000 560	0.751	0.001 180	0.675	0.002 600	0.584
0.000 570	0.750	0.001 200	0.673	0.002 650	0.581
0.000 580	0.748	0.001 220	0.672	0.002 700	0.579
0.000 590	0.746	0.001 240	0.670	0.002 750	0.577
0.000 600	0.745	0.001 260	0.668	0.002 800	0.574
0.000 610	0.743	0.001 280	0.666	0.002 850	0.572
0.000 620	0.741	0.001 300	0.665	0.002 900	0.570
0.000 630	0.740	0.001 320	0.663	0.082 950	0.568
0.000 640	0.739	0.001 340	0.661	0.003 000	0.566
0.000 650	0.737	0.001 360	0.659		

TAFEL IV.

Waarden van $\frac{U}{V}$ *voor waarden van* R *tusschen* 0m.01 *en* 6m.00.

Waarden van R.	Waarden van $\frac{U}{V}$.				Waarden van R.	Waarden van $\frac{U}{V}$.			
	Zeer gladde wanden (glad cement, geschaafd hout).	Gladde wanden (planken, gehouwen steen).	Weinig gladde wanden (metselwerk in breuksteen).	Aarden wanden.		Zeer gladde wanden (glad cement, geschaafd hout).	Gladde wanden (planken, gehouwen steen).	Weinig gladde wanden (metselwerk in breuksteen).	Aarden wanden.
0.01	0.745	»	»	»	0.66	0.851	0.831	0.797	0.715
0.02	0.787	0.710	»	»	0.68	0.851	0.831	0.798	0.717
0.03	0.805	0.740	»	»	0.70	0.851	0.832	0.798	0.719
0.04	0.815	0.758	»	»	0.72	0.851	0.832	0.799	0.721
0.05	0.822	0.770	0.653	»	0.74	0.851	0.832	0.799	0.723
0.06	0.826	0.779	0·670	»	0.76	0.851	0.832	0.800	0.724
0.07	0.830	0.786	0.683	»	0.78	0.851	0.832	0.800	0.726
0.08	0.833	0.791	0.694	»	0.80	0.851	0.832	0.801	0.727
0.09	0.835	0.795	0.703	»	0.82	0.851	0.833	0.801	0.729
0.10	0.836	0.799	0.711	0.537	0.84	0.851	0.833	0.802	0.730
0.11	0.838	0.802	0.718	0.548	0.86	0.851	0.833	0.802	0.732
0.12	0.839	0.805	0.724	0.558	0.88	0.852	0.833	0.803	0.733
0.13	0.840	0.807	0.729	0.567	0.90	0.852	0.833	0.803	0.734
0.14	0.841	0.809	0.734	0.575	0.92	0.852	0.853	0.803	0.735
0.15	0.842	0.811	0.738	0.583	0.94	0.852	0.833	0.804	0.737
0.16	0.843	0.812	0.742	0.590	0.96	0.852	0.833	0.804	0.738
0.17	0.843	0.814	0.746	0.596	0.98	0.852	0.834	0.804	0.739
0.18	0.844	0.815	0.749	0.602	1.00	0.852	0.834	0.805	0.740
0.19	0.844	0.816	0.752	0.608					
0.20	0.845	0.817	0.755	0.613					
0.21	0.845	0.818	0.757	0.618	1.05	0.852	0.834	0.806	0.743
0.22	0.845	0.819	0.759	0.623	1.10	0.852	0.834	0.806	0.745
0.23	0.846	0.819	0.761	0.627	1.15	0.852	0.834	0.807	0.747
0.24	0.846	0.820	0.763	0.631	1.20	0.852	0.834	0.807	0.749
0.25	0.846	0.821	0.765	0.635	1.25	0.852	0.835	0.808	0.751
0.26	0.847	0.822	0.767	0.639	1.30	0.852	0.835	0.809	0.753
0.27	0.847	0.822	0.769	0.643	1.35	0.852	0.835	0.809	0.755
0.28	0.847	0.823	0.770	0.646	1.40	0.852	0.835	0.809	0.756
0.29	0.847	0.823	0.772	0.649	1.45	0.852	0.835	0.810	0.758
0.30	0.848	0.824	0.773	0.653	1.50	0.852	0.835	0.810	0.759
0.31	0.848	0.824	0.774	0.655	1.55	0.852	0.835	0.811	0.760
0.32	0.848	0.824	0.776	0.658	1.60	0.852	0.835	0.811	0.762
0.33	0.848	0.825	0.777	0·661	1.65	0.853	0.835	0.811	0.763
0.34	0.848	0.825	0.778	0.664	1.70	0.853	0.835	0.811	0.764
0.35	0.848	0·825	0.779	0.666	1.75	0.853	0.836	0.812	0.765
0.36	0.849	0.826	0.780	0.669	1.80	0.853	0.833	0.812	0.766
0.37	0.849	0.826	0.781	0.671	1.85	0.853	0.836	0.812	0.767
0.38	0.849	0.826	0.782	0.673	1.90	0.853	0.836	0.813	0.768
0.39	0.849	0.827	0.783	0.676	1.95	0.853	0.836	0.813	0.769
0.40	0.849	0.827	0.783	0.678	2.00	0.853	0.836	0.813	0.770
0.41	0.849	0.827	0.784	0.680					
0.42	0.849	0.827	0.785	0.682					
0.43	0.849	0.828	0.786	0.684	2.20	0.853	0.836	0.814	0.773
0.44	0.849	0.828	0.786	0.685	2.40	0.853	0.836	0.814	0.776
0.45	0.850	0.828	0.787	0.687	2.60	0.853	0.836	0.815	0.778
0.46	0.850	0.828	0.788	0.689	2.80	0.853	0.837	0.815	0.780
0.47	0.850	0.829	0.788	0.690	3.00	0.853	0.837	0.816	0.782
0.48	0.850	0.829	0.789	0.692	3.20	0.853	0.837	0.816	0.784
0.49	0.850	0.829	0.790	0.694	3.40	0.853	0.837	0.816	0.785
0.50	0.850	0.829	0.790	0.695	3,60	0.853	0.837	0.817	0.786
					3.80	0.853	0.837	0.817	0.787
					4.00	0.853	0.837	0.817	0.788
0.52	0.850	0.829	0.791	0.698					
0.54	0.850	0.830	0.792	0.701					
0.56	0.850	0.830	0.793	0.704	4.50	0.853	0.837	0.818	0.791
0.58	0.850	0.830	0.794	0.706	5.00	0.853	0.837	0.818	0.792
0.60	0.851	0.831	0.795	0.709	5.50	0.853	0.837	0.818	0.794
0.62	0.851	0.831	0.796	0.711	6.00	0.853	0.837	0.819	0.795
0.64	0.851	0.831	0.796	0.713					

VOORTBEWEGING OP GEWONE WEGEN DOOR MIDDEL VAN STOOM.

(*Annales du Génie Civil*, Juin 1866, p. 427.)

(Vertaald door J. Tideman, L. K. Inst. I.)

De heer Seguier heeft in de fransche akademie van wetenschappen voor Frankrijk aanspraak gemaakt, van het eerst het denkbeeld te hebben toegepast om door de kracht van den stroom een voertuig langs een gewonen weg te doen bewegen, door in herinnering te brengen dat werkelijk Cugnot te Parijs, in 1770, aldus een rijtuig over den grond van het arsenaal heeft doen loopen, en voorts een zeer volledig onderzoek ingesteld naar de beginselen, door verschillende werktuigkundigen gevolgd, waarbij hij tot de slotsom is gekomen, dat de wijze van toepassing van den stoom op het voertuig niet zooveel vorderingen heeft gemaakt, als de inrigting, waardoor hij wordt voortgebragt.

Wij willen hier een oogenblik stilstaan bij het stelsel, dat hij van zijne zijde voorstelt.

Tot het eerste denkbeeld van Cugnot terugkeerende en even als hij met paardekrachten navolgende wat met levende paarden wordt tot stand gebragt, plaatst de heer Seguier het bewegingswerktuig in het vóórstel. Dit werktuig bestaat uit vier, twee aan twee geplaatste, cilinders, waarvan de zuigerstangen in verbinding zijn met twee stel krukken met dubbele regthoekige ellebogen in twee verschillende wiel-assen aangebragt, die elk met een van de raderen van het vóórstel verbonden zijn. In korte woorden uitgedrukt, elk rad wordt afzonderlijk gevoerd door een afzonderlijken bewegingstoestel, gevormd door een dubbelen cilinder met gekruiste krukken, ten einde in elk van de beide stelsels het doode punt te vermijden. De bout van het vóórstel wordt gevormd door eene holle buis, waardoor de stoombuizen heengaan, die zelf zoodanige geledingen hebben, dat zij zich kunnen schikken naar de veranderingen der hoeken, welke het vóórstel maakt met het voertuig zelf. De ketel is op het achterstel geplaatst, maar zoodanig, dat zijn gewigt voornamelijk op het vóórstel komt te rusten; door de buis, die het scharnier van het vóórstel uitmaakt, gaan nog twee stangen, die met een van de uiteinden in verbinding staan met de verdeelingstoestellen van den stoom, die in de werktuigkunde onder den naam van coulisses van Stephenson bekend zijn, en met het andere uiteinde met twee hefboomen, die zich om een vast punt aan de voetbank van den voerman bewegen. Deze hefboomen eindigen in twee handvatsels, die gemakkelijk door den machinist, die met de leiding is belast, kunnen worden gegrepen.

«Wij zouden, zegt de heer Seguier, ons van het woord koetsier of voerman kunnen blijven bedienen, want de behandeling der beide hefboomen zal geheel dezelfde zijn als die van de lederen teugels bij eene gewone aanspanning, en de overeenkomst zou volkomen zijn, als men, in plaats van de handvatsels, twee lederen leidsels aan het eind der hefboomen plaatste, die dan van een tegenwigt zouden moeten voorzien zijn; de riemen, over twee schijven loopende, zouden in de handen van den voerman zijn; door ze beiden te gelijker tijd te vieren of aan te trekken zou deze de twee bewegingswerktuigen voor- of achterwaarts kunnen doen gaan; door het tegenwigt in een gemiddelden stand te houden, zou hij den wagen doen stilstaan; en eindelijk door den eenen riem aan te trekken en den anderen te vieren zou hij den

wagen doen omkeeren, want, gelijk men weet, bestaat het eigenaardige van de coulisse van Stephenson daarin, dat zij den stoom verdeelt in den éénen zin wanneer zij in de ééne van de uiterste stellingen verkeert en in tegenovergestelden zin wanneer zij den anderen uitersten stand heeft ingenomen, terwijl zij den stoom geheel afsluit, wanneer zij in den middensten stand verkeert, dat is te zeggen wanneer de schuifstang juist in het midden staat van den boog der coulisse. Door dezen toestel kan men bovendien den tijd van toelating van den stoom naar goeddunken regelen of met andere woorden, door den toestel verschillende standen te doen innemen kan men eene verschillende uitzetting van den stoom in den cilinder te weeg brengen. Men zou dus de snelheid van den rid kunnen regelen door de werking der zuigers te doen gelijken op het stappen, het draven of het galopperen der paarden; daartoe zou het voldoende zijn den stoom gedurende het $\frac{1}{5}$, het $\frac{1}{4}$, het $\frac{1}{3}$ of den geheelen duur van den gang der zuigers in de cilinders toe te laten.»

Een stoomwagen, volgens het stelsel van den heer Seguier ingerigt, zal, volgens hem, zijne beweging en zijne rigting ontvangen van elk paar machinen, volkomen alsof twee paarden hem voorttrokken en de koetsier, om te wenden, den gang van het eene paard vertraagde en dien van het andere versnelde.

«De goede uitkomsten, met deze stoomwagens te verkrijgen, zullen, zoo zegt hij ten slotte, voornamelijk van hunne kracht afhangen: de voortdurende drukking van twee raderen op den grond is dus volstrekt noodzakelijk; wij achten het een bepaald vereischte, dat het sturen zeer gemakkelijk en zonder krachtsinspanning plaats hebbe door de regeling van de snelheid der werking van elke van de dubbele machines, die afzonderlijk de rondgaande beweging aan de raderen van het vóórstel mededeelen. Men vergete niet, dat voor het sturen van een gewoon rijtuig het vernuft der paarden een voortdurend hulpmiddel is, dat door de meest volmaakte werking van een werktuig nooit zal kunnen worden vervangen; hoe vernuftig een bewegingswerktuig zij ingerigt, het zal nooit het initiatief kunnen nemen, en wil men geen gevaar loopen van groote ongelukken, dan zal de machinist-voerman steeds zijne aandacht gespannen moeten houden; het is dus van veel belang dat hij niet genoodzaakt zij, bij zijne verstandelijke inspanning ook van zijne ligchamelijke krachten bij het sturen veel te vergen; dit doel hebben wij trachten te verwezenlijken door de inrigting, welke wij gepoogd hebben te beschrijven.»

HYDRAULISCHE WERKEN IN ZEE.

(*Annales du Génie Civil*, Juillet 1866, p. 475.)

(Vertaald door J. Tideman, L. K. Inst. I.)

De ingenieurs van den waterstaat in Italie hebben voortdurend tegen eene zich steeds vernieuwende moeijelijkheid te kampen, namelijk dat de havens met slib en zand worden gevuld, waardoor aan den mond der rivieren verzandingen worden gevormd, die zoowel voor de scheepvaart als voor het uitstroomen van het zoetwater nadeelig zijn.

De hoofdingenieur Bouniceau heeft onlangs in een zeer opmerkelijk stuk, opgenomen in de *Bibliothèque des professions industrielles et agricoles* (1), soortgelijke bezwaren aangewezen, waarmede de ingenieurs van den waterstaat in verschillende zeehavens van Frankrijk hebben te kampen. Wij meenen dat het derhalve van belang kan zijn een overzigt te geven van een zeer uitgebreid rapport, door den heer Tesson aan de *Académie des Sciences* uitgebragt omtrent een werk van den heer Alexander Cialdi, kommandant bij de pauselijke marine; dat rapport is getiteld; *Sul moto ondoso del mare e su le correnti di esso, specialmente su quelle littorali* (over de golvende beweging van de zee en over hare stroomingen, in het bijzonder over de kuststroomen.)

Het werk van den heer Cialdi bezit overigens de verdienste dat het tot eene praktische oplossing leidt, daar het een middel aan de hand geeft om aan den ingang van tusschen dijken besloten kanalen, waardoor men uit zee in de havens komt, de vorming van zandbanken te voorkomen.

Volgens den heer Cialdi zijn de aanslibbingen niet het gevolg van den stroom, die op een kleinen afstand langs al de kusten van de Middellandsche zee loopt; naar deze tot heden algemeen aangenomen onderstelling zouden de golven geen andere uitwerking hebben dan dat zij de stoffen, welke den bodem der zee nabij de kusten vormen, in zwevenden toestand zouden brengen en ze aldus overgeven aan den kuststroom, die alleen ze zou medevoeren en nederzetten op de plaatsen, waar zij zich verzamelen. Volgens den heer Cialdi daarentegen zouden die aanslibbingen ontstaan door dat de golven zelf stoffen, welke zij van den bodem der zee hebben opgenomen, medevoeren naar het strand en aldaar afgeven, en de stroom zou slechts eene zeer ondergeschikte of zelfs onbeduidende rol spelen bij die overbrenging en die nederzetting.

Van deze theorie uitgaande, welker juistheid hij door talrijke feiten staaft, heeft de heer Cialdi onderzocht of het voor de kunst niet mogelijk zou zijn het werk der golven te leiden, zoodat zij uitkabbelingen teweeg bragten juist op die plaatsen, waar zij van zelf nadeelige aanslibbingen doen ontstaan: bij voorbeeld aan den ingang van tusschen dijken besloten kanalen, waardoor men uit zee in de havens komt, juist op die plaatsen, waar zich de voor de scheepvaart en de uitstrooming van het zoetwater zoo nadeelige zandbanken of platen zoeken te vormen en aldus, volgens de opmerkelijke woorden van Scott Russell, «de golven, die gevaarlijke vijanden, tot krachtige slaven te maken.»

De heer Cialdi meent een, betrekkelijk gemakkelijk, middel te hebben gevonden om deze zoo wenschelijke verandering te doen ontstaan. Dit middel is, volgens den heer de Tessan, zeer rationeel; maar, gelijk die uitstekende geleerde doet opmerken, wanneer het er op aankomt om te strijden tegen zoo magtige en in hare wijze van werken zoo weinig bekende krachten, als die welke door de zee op de kusten in werking worden gebragt, dan kan alleen de ondervinding op afdoende wijze uitspraak doen omtrent de werkelijke waarde van de middelen, die tot hare bestrijding worden gebezigd. Zij heeft dit nog niet gedaan, maar het zal ongetwijfeld niet lang meer duren; want het bedoelde middel, door de pauselijke regering en de overheden van Pesaro goedgekeurd, wordt tegenwoordig

(1) *Etudes et notions sur les constructions à la mer*, een deel van 422 bladzijden met afbeeldingen in den tekst en een atlas met 50 platen.

toegepast aan den mond van den Izauro, op de noord-oostelijke kust van het markiezaat van Ancona.

De heer de Tessan verwijst naar het werk zelf van den kommandant Cialdi voor de beschrijving van het middel dat wordt toegepast. Ziehier evenwel eenige gegevens, waaruit men kan nagaan op welke wijze de italiaansche ingenieur te werk gaat. Na door eene regelmatige bogt de as van het ingedijkte kanaal te hebben gewijzigd, zoodat in den mond van dat kanaal die as loodregt is op de lijn, die den hoek, welken de rigtingen der hevigste en der meest voorkomende winden met elkander maken, in twee gelijke deelen deelt, stelt de heer Cialdi voor om twee hoofden van eenige honderde meters lengte te maken, die zoo gerigt zijn, dat zij de golven, die onder den invloed van die winden worden gevormd, opvangen en dwars naar den mond van het kanaal voeren, zoodat hare werking zich voornamelijk doet gevoelen op het punt, alwaar de bank zich tracht te vormen, die onophoudelijk door haar wordt weggevaagd.

De heer Cialdi stelt voor zijn stelsel te Saïdhaven, op de reede van Pelusium, toe te passen, alwaar de proefneming op eene groote schaal zou kunnen plaats vinden, zonder dat de kosten, waarop men voor den aanleg van de ontworpen dijken heeft gerekend, aanmerkelijk zouden verhoogd worden en zonder dat de haven eenig nadeel zou ondervinden wanneer, tegen de verwachting van den voorsteller, de proef mislukte. Maar het is, gelijk de heer de Tessan aantoont, te verwachten, dat men, alvorens die proefnemingen in het groot te doen, den uitslag van de te Pesaro in het klein genomen proef zal willen kennen. Want men mag vreezen, dat de golven, bij het verlaten van de engte, die hare rigting wijzigt, zich uitspreidende, de zwaarste stoffen, welke zij medevoeren, juist aan den ingang van het kanaal, beschut tegen den wind door den dijk, zullen nederzetten, alwaar, men moet het erkennen, het uitbaggeren gemakkelijker zal vallen. Men mag bovendien duchten, dat de vaartuigen, die gedurende de meest voorkomende winden zullen willen binnenkomen, aan mislukking daaromtrent zullen zijn blootgesteld, daar zij van ter zijde en onder den wind worden opgenomen door golven, die juist door hare opeenhooping magtiger geworden zijn.

«Indien, zoo eindigt de geleerde verslaggever, de ondervinding ten voordeele van het stelsel van den heer Cialdi uitspraak doet; indien, gelijk hij onderstelt, het kwaad niet verplaatst maar weggenomen is, dan zal die geleerde eene onschatbare dienst aan scheepvaart en handel hebben bewezen; want het zijn niet alleen de havens en de stroomen van de kusten der Middellandsche zee, die onderhevig zijn aan aanslibbingen en verzandingen, maar ook die van de stranden van het kanaal en den Atlantischen Oceaan, ja die van de kusten der gansche wereld verkeeren in hetzelfde geval, en tot heden is de kunst er alleen in geslaagd het beletsel door onophoudelijken arbeid te verplaatsen, zonder er toe gekomen te zijn, het te doen verdwijnen.»

Deze opmerkingen voeren ons tot de *Études et notions sur les constructions à la mer* van den heer Bouniceau terug. Wij meenen daarin te hebben gelezen, dat het middel van den heer Cialdi, voor het minst wat de hoofdzaak betreft, is toegepast in de werken, die vóór meer dan twintig eeuwen door de Romeinen zijn uitgevoerd.

«De Romeinen, zegt de heer Bouniceau, hadden opgemerkt, dat na verloop van een vrij lang tijdvak hunne havens verzandden. Zij meenden, dat daaraan zou worden tegemoet gekomen, wanneer zij hunne muren uit pijlers en gewelven zamenstelden, zoodat de golven gedeeltelijk konden binnenkomen en een weinig beweging onderhouden. Het is volgens dit stelsel, dat de haven van Antium werd gemaakt.»

Deze opmerking neemt niets weg van de verdienste van het door den heer Cialdi voorgestelde middel; alleen zou men hier, in plaats van met een nieuw denkbeeld, te doen hebben met eene verbetering, door hem aangebragt in eene bouwmanier, welke in de oude hoofdstad der Volsceu werd gebezigd.

VERSLAG OMTRENT DE BEPALING VAN DE UITERSTE BELASTING VAN HET IJZER BIJ BRUGGEN, UITGEBRAGT DOOR EENE COMMISSIE, INGESTELD DOOR DE OOSTENRIJKSCHE VEREENIGING VAN INGENIEURS EN ARCHITEKTEN.

(*Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins*, 1866, V. Heft, S. 126.)

(Vertaald door J. Tideman, L. K. Inst. I.)

Ter beantwoording van eenige vragen betreffende de uiterste belasting van het ijzer bij bruggen en andere ijzeren zamenstellingen, werd door het bestuur der Oostenrijksche vereeniging eene commissie ingesteld, bestaande uit de leden Boehkolz, Bukowsky, Fink, Herrmann, Hornbostel, Pontzen en Rebhann.

De aan die commissie ter beantwoording voorgelegde vragen luiden:

1. Welke maximum-belasting van eene vierkante eenheid ijzer kan bij bruggen en grootere bouwwerken van ijzer met het oog op de vereischte overmaat van veiligheid worden toegelaten?

2. Welke maximum-belasting van eene vierkante eenheid ijzer kan voor zoodanige deelen worden toegelaten, welke in eene ijzeren zamenstelling uit gietstaal (in kroezen gegoten) of Bessemer-staal worden vervaardigd?

3. Is het op grond van ervaring of theorie aan te nemen, dat bij ijzeren staven van grootere doorsnede eene hoogere maximum-belasting op de vierkante eenheid zou moeten worden toegelaten dan bij die van kleinere doorsnede?

De commissie betreurt, dat zij de medewerking van twee leden moest missen: de hoogleeraar Rebhann verklaarde door bezigheden verhinderd te zijn aan de werkzaamheden der commissie deel te nemen, en de ingenieur Bukowsky had, ten gevolge van zijne aanstelling tot hoogleeraar in de bouwkundige wetenschappen aan de polytechnische school te Praag, evenmin zijne medewerking kunnen verleenen.

Dientengevolge is de commissie, welke den heer Hornbostel tot voorzitter koos, met de heeren Battig en Kuhn aangevuld geworden; door haar is het volgend verslag uitgebragt.

Bij het onderzoek der gestelde vragen in het algemeen, meent de commissie vóór alles te moeten opmerken, dat in Oostenrijk omtrent de toe te laten maximum-belasting van het ijzer bij bruggen noch wettelijke, noch algemeen in de praktijk geldige bepalingen bestaan, — dat echter die belasting van het ijzer bij de *meeste*

in Oostenrijk gebouwde bruggen binnen dezelfde grenzen ligt, die daarvoor ook in andere landen zijn aangenomen, — en dat slechts enkele bouwmeesters in Oostenrijk bruggen met zoo groote belasting van het ijzer hebben uitgevoerd, als in andere landen, voor zoo verre daaromtrent opgaven voorhanden zijn, niet worden aangetroffen.

Om de eerste van de gestelde vragen voldoende en overtuigend te kunnen beantwoorden, heeft de commissie het noodig geacht twee uitvoerige tabellarische overzigten te maken, welke bij dit verslag zijn gevoegd.

Van deze tafels bevat de eene vele juiste opgaven over het volstrekte en betrekkelijke draagvermogen van het smeedijzer, en wel van gewalst ijzer. Daarin zijn ook, waar het mogelijk was, de ijzersoorten, welke aan de proefnemingen werden onderworpen, gelijk mede de namen der ingenieurs, welke de proefnemingen gedaan en openbaar gemaakt hadden, opgegeven.

De tweede tafel bevat een overzigt van een aantal, in verschillende landen uitgevoerde ijzeren bruggen, met opgave van de belasting van het ijzer per eenheid, de grootste doorbuigingen bij de proefbelastingen, en eindelijk de namen der ingenieurs en ligchamen, die met de uitvoering waren belast.

Uit de eerste tafel blijkt:

1°. dat het volstrekte draagvermogen van het smeedijzer volgens de hier opgegeven proefnemingen 30.7 tot 45.2 kilogramme op den vierkanten millimeter bedraagt;

2°. dat de grens van veerkracht van het smeedijzer, welke, hoezeer dan ook slechts in weinige proeven, schijnt te blijken, binnen de grenzen van 12.9 tot 17.7 kilogramme op den vierkanten millimeter gelegen is.

Uit de tweede tafel, in welke de belasting van het ijzer bij 132 uitgevoerde werken is opgegeven, valt af te leiden:

1°. dat bruggen met eene belasting van 3.92 tot 12 kilogrammen op den vierkanten millimeter zijn gebouwd, en dat de doorbuigingen bij de proefbelastingen binnen de grenzen van $\frac{1}{1900}$ tot $\frac{1}{360}$ van de spanwijdte afwisselen;

2°. dat door verreweg het meerendeel van de ingenieurs en ligchamen slechts bruggen worden gebouwd, bij welke de belasting van het ijzer hoogstens 8.1 kilogramme op den vierkanten millimeter bedraagt, en welker doorbuigingen bij de proefbelastingen gelegen zijn binnen de grenzen van $\frac{1}{3000}$ tot $\frac{1}{1500}$ van de spanwijdte;

3°. dat eene belasting boven 11.2 kilogramme op den vierkanten millimeter slechts voorkomt bij eene brug in Engeland, eene ijzer-draadbrug, de bruggen volgens Neville en Schiffkorn en eenige kettingbruggen, bij welke ook de doorbuigingen betrekkelijk groot zijn;

4°. dat verscheidene ingenieurs bij kleinere bruggen eene geringere en bij groote bruggen eene grootere belasting op de vierkante eenheid ijzer toelaten, doch dat ook bij deze de maximum-belasting niet meer dan 8.5 kilogramme op den vierkanten millimeter bedraagt.

Behalve deze uit de tabellarische overzigten afgeleide gevolgtrekkingen mag de commissie niet onvermeld laten, dat met betrekking tot de belasting van het smeedijzer voor het volstrekte en betrekkelijke draagvermogen bij bruggen en andere groote werken geen belangrijk onderscheid zich voordoet doch dat zeer dikwijls die bestanddeelen, welke aan drukking wederstand moeten bieden, minder op de vierkante eenheid worden belast, dan die, waarvan het volstrekte draagvermogen in werking moet komen. Ook meent de commissie, hier te moeten opmerken, dat het in Frankrijk gebruikelijk is, geen bruggen te bouwen, waarbij eene grootere belasting dan van 6 kilogrammen op den vierkanten millimeter plaats vindt, alsmede dat in Pruissen geene spoorwegbruggen worden gebouwd, bij welke de belasting op den vierkanten dragenden millimeter meer dan 7.2 kilogramme bedraagt; voorts dat vele duitsche bouwmeesters den regel volgen, door den ingenieur Gerber met betrekking tot de brugliggers van den opperbouwraad Pauli gesteld, volgens welken de uiterste belasting van smeedijzer op deze wijze wordt bepaald, dat de blijvende belasting eerst met de drievoudige toevallige belasting moet worden vermeerderd, om het ijzer tot aan de grens der veerkracht te belasten en dus de uiterste belasting m wordt uitgedrukt door de formule $m = \frac{p_1 + p_0}{3p_1 + p_0}$ E, waarin E de belasting van het ijzer bij de grens der veerkracht, p_0 de blijvende en p_1 de veranderlijke of toevallige belasting beteekenen. Deze formule geeft zelfs voor spanwijdten van meer dan 120 meters in het algemeen geen grootere uiterste belasting dan 8.5 kilogramme op den vierkanten millimeter.

Eindelijk moeten hier nog de nieuwste zeer belangrijke proefnemingen van Fairbairn worden vermeld, welke ten doel hadden door vaak herhaalde belasting en ontlasting van ijzeren dragers tot eene slotsom te geraken omtrent hunne duurzaamheid; deze proefnemingen (1) hebben tot uitkomst opgeleverd, dat eene belasting van 9.8 kilogramme op den vierkanten millimeter bij bruggen niet meer mag worden toegelaten, en dat eene brug eerst dan voldoende veiligheid en duurzaamheid belooft, wanneer de belasting 7.9 kilogramme op den vierkanten millimeter niet te boven gaat.

De commissie meent derhalve de eerste vraag in dezen zin te moeten beantwoorden:

I. De belasting van het smeedijzer bij bruggen in spoor- en straatwegen mag nooit meer bedragen dan het vijfde gedeelte van het volstrekte draagvermogen, dat het te bezigen materiaal blijkt te bezitten.

Voor het geval, dat de keus van het te bezigen materiaal nog niet bepaald of het volstrekte draagvermogen van het gebruikt wordend materiaal niet bekend mogt zijn, mag de maximum-belasting op de vierkante eenheid het gemiddeld bedrag van 6.9 kilogramme op den vierkanten millimeter niet te bovengaan.

II. Bij bouwwerken, welke alleen belastingen in rust te dragen hebben, mag de belasting het vierde gedeelte van het volstrekte draagvermogen bereiken en kan zij derhalve bij goed ijzer 10.1 kilogramme op den vierkanten millimeter bedragen.

Met betrekking tot de tweede der gestelde vragen had de commissie gaarne denzelfden weg bewandeld als ten aanzien van de eerste; daar echter het gebruik van giet- en Bessemer staal voor grootere bouwwerken zoo zeer tot den jongsten tijd behoort, dat het zelfs moeijelijk viel slechts een tamelijk aantal proefnemingen omtrent het volstrekte draagvermogen van die materialen te bekomen, zoo

(1) Zij zijn uitvoerig medegedeeld in het oostenrijksche tijdschrift 1865. Heft I.

moeten hier de zoo bijzonder gewigtige opgaven omtrent uitgevoerde bruggen vervallen, wijl geen zoodanige werken, die geheel of gedeeltelijk uit staal zijn vervaardigd, bekend zijn.

De uitkomsten betrekkelijk het volstrekte draagvermogen van het staal zijn in de hierachter volgende derde tafel vervat; wij zijn die hoofdzakelijk aan de bemoeijingen van ons medelid Fink verschuldigd.

Bouwwerken uit gemengd materiaal, staal en ijzer, meent de commissie over het algemeen niet te mogen aanbevelen, wijl de moduli der veerkracht bij die beide bouwstoffen te zeer van elkander afwijken, eene omstandigheid, die steeds van zeer schadelijken invloed zal zijn en die door de wijze van bouwen of in het geheel niet of slechts zeer bezwaarlijk kan worden onschadelijk gemaakt.

Er bestaan geen redenen om stalen bruggen aan te bevelen.

Het gebruik van staal voor enkele deelen, zoo als klinknagels, bouten en dergelijke, is slechts een bij uitzondering te bezigen hulpmiddel en voor een geregeld bouwwerk volstrekt niet aan te bevelen, als niet tevens de gaten van de nagels en bouten kunnen worden verstaald.

Men moet dus aan de toekomst de beslissing overlaten of er, en zoo ja welk, gebruik van het staal bij dragende constructiën zal kunnen worden gemaakt; alleen meent de commissie bij den tegenwoordigen stand der ervaring groote voorzigtigheid bij het gebruik van staal te moeten aanbevelen. Van het gebruik van harde staalsoorten, waarvan het volstrekte draagvermogen 64.6 kilogramme op den vierkanten millimeter bedraagt, moet bij dragende constructiën geheel worden afgezien. De belasting van bruggedeelen uit Bessemerstaal mag in geen geval meer dan 12.1 kilogramme op den vierkanten millimeter bedragen.

De beantwoording eindelijk van de derde vraag meende de commissie in twee afzonderlijke deelen te moeten splitsen:

a. Is er namelijk sprake van belastingen in verband met het volstrekt draagvermogen, dan zou men met de uiterste voorzigtigheid te werk moeten gaan, in aanmerking nemende dat het moeijelijk is bij groote doorsneden eene gelijkmatig goede hoedanigheid te verkrijgen; in geen geval echter mag de grootere oppervlakte der doorsnede grond opleveren voor eene grootere belasting op de vierkante eenheid.

b. Is er sprake van belastingen in verband met het betrekkelijk draagvermogen, dan moet niet de vlakte-inhoud, maar de vorm der doorsnede den maatstaf aangeven voor de bepaling der uiterste belasting.

De commissie meent hiermede de haar voorgelegde vragen te hebben beantwoord en stelt voor, dit verslag in het tijdschrift der vereeniging openbaar te maken.

TAFEL I.

Volstrekt draagvermogen van gewalst ijzer en platen.

Volgnummer.	De proefnemingen werden geleid door	Plaats van herkomst en aanduiding van het materiaal.	Belasting bij de grens van veerkracht (kilogr. op den vierk. millim.)	Belasting bij de breuk (kilogr. op den vierk. millim.)	Aanmerkingen.
		IJzersmelterij Neuberg.			
		Ketelplaten.			
1	Hofraad von Burg.	Lengterigting 4‴ dik		39.0	2 proeven
2	Id.	„ 6‴ „		36.1	2 proeven
3	Opzigter van Neuberg.	„ 7.5‴ „		35.0	
4	Hofraad von Burg.	Dwarsrigting 4‴ „		33.1	2 proeven
5	Id.	„ 6‴ „		31.8	2 proeven
6	Opzigter van Neuberg.	„ 4.5‴ „		31.7	
		Gemiddeld cijfer		34.5	
7	Opzigter van Neuberg.	Hoekijzer		32.8	
8	Id.	Strekijzer		38.9	12 proeven
		Sessler, te Krieglach.			
		Ketelplaten, 6‴ dik.			
9	Hofraad von Burg.	Lengterigting . . .		35.1	
10	Id.	Dwarsrigting . . .		33.3	
		Gemiddeld cijfer		34.2	
		Mayer in Leoben.			
11	Id.	4‴ zware platen . .		37.5	1 proef
12	Id.	Id. . .		53.5	1 proef
		IJzersmelterij Eibiswalde.			
13	Adsistent Radinger.	Plaatijzer		42.1	4 proeven
14	Id.	Hoekijzer		35.2	1 proef
		IJzersmelterij Reschitza			
		Platen van verschillende dikte.			
15	Ingenieur der marine Mörath.	Lengterigting, gemiddelde waarde .		39.7	
16	Id.	Peervormige halve balken, gemiddeld cijfer		46.2	
17		Verschillende hoekijzers, gemiddeld cijfer		37.5	
		Boutijzer.		41.5	
18	Hofraad von Burg.	Platen, 6‴ dik . .		29.7	3 proeven
19		Gemiddeld cijfer { Plaatijzer .		36.5	
		{ Hoekijzer .		35.0	
		{ Bouten en strekijzer .		93	
20	Hodgkinson.	Staafijzer, beste qualiteit	15.0	37.6	
21	Clark.	Plaatijzer, lengterigting.		31.3	
22	Id.	Plaatijzer, dwarsrigting.		28.5	
23	Fairbairn.	Plaatijzer, lengterigting (beste qualiteit)		35.6	
24	Id.	Plaatijzer, dwarsrigting (beste qualiteit)		35.4	
25		Plaatijzer, houtskolen		33.0	
26	Gouin.	Id. (coke) lengterigting.		36.5	
27		Plaatijzer, dwarsrigting.		29.0	
28		Rhijnsch plaatijzer, lengterigting . .		35.6	
		Rhijnsch plaatijzer, dwarsrigting . .		30.0	
		Gemiddeld cijfer voor het buitenlandsch plaatijzer . . .		32.4	

TAFEL II.

Zamenstelling van uitgevoerde bruggen.

Bouwmeesters.	Aanduiding van de bruggen.	Zamenstelling.	Openingen. Aantal.	Openingen. Spanwijdte in meters.	Verhouding van de hoogte van de liggers tot de spanwijdte.	Verhouding van de doorbuiging bij de proef tot de spanwijdte.	Belasting. Kilogrammen op den vierkanten millimeter.
Directie van de Groothertogelijk Badensche middelen van verkeer (Ruppert.)	Over de Kinzig bij Offenburg.	Traliewerk van platte staven.	1	66	1 : 10	1 : 3102	
	Over de Möhlingbeek bij Offnadingen.	Id.	1	11.1	1 : 7.5	1 : 3725	
	Over de Wiesenfluss bij Bazel.	Id.	1	45.9	1 : 12.1	1 : 3736	
	Hauenstein-brug bij Kleinlaufenburg.	Id.	1	22.9	1 : 10	1 : 4974	
Algemeene directie van de Beijersche middelen van verkeer.	Over den Donau bij Donauwörth.	Wanden van plaatijzer.	6	5 openingen 18.98 1 opening 22.13	1 : 10 1 : 11.6	1 : 3087	
Brunswijk-Lüneburgsche spoorweg- en postdirectie.	Over de Ocker.	Traliewerk van platte staven.	3	30.35	1 : 10	1 : 3949	
	Over de Ockerfluth.	Id.	1 1	15.8 12.96	1 : 10	1 : 1701	5.60
Algemeene directie der Hannoversche spoorwegen en telegrafen.	Binnenbrug bij Saarstadt.	Liggers van plaatijzer.	3	24.34 30.35 24.34	1 : 9.5 1 : 11.8 1 : 9.5	1 : 3040	3.92
	Over de Leine bij Poppenburg.	Id.	5	19.29 24.03 24.03 24.03 19.29	1 : 9.4 1 : 11.7 1 : 11.7 1 : 11.7 1 : 9.4	1 : 2516	3.92
	Over de Leda bij Leer.	Id.	6	4 open. 31.64 2 open. 39.51	1 : 9.5 1 : 11.9	1 : 3729	3.92
	Over de Haase bij Meppen.	Id.	4	14.22 17.71 17.71 14.22	1 : 9.2 1 : 11.4 1 : 11.4 1 : 9.2	1 : 2880	3.92
Centrale directie van de Wurttembergsche middelen van verkeer.	Over de Bierbeek bij Nordheim.	Dubbele wanden van plaatijzer.	1	10.74	1 : 10	1 : 2443	
	Inundatiebrug bij Heilbronn.	Id.	5	7.9	1 : 10	1 : 1800	
Centrale directie van de Oostenrijksche staatsspoorwegen.	Over de Mürz bij Feistritz.	Liggers van plaatijzer.	4	18.98	1 : 17.1	1 : 617	9.12
	Over de Wegleine bij St. Georgen.	Id.	1	15.17	1 : 13.7	1 : 1024	6.8
Centrale directie van de Oostenrijksche staatsspoorwegen.	Over de Wegleine bij Tüchern.	Liggers van plaatijzer.	1	17.07	1 : 15	1 : 972	6.56
	Over de Mühlbeek bij station n°. 1478 van den Zuiderstaatsspoorweg.	Id.	1	9.49	1 : 12	1 : 720	11.04
Volgens ministerieel besluit van 14 April 1854.	Bruggen volgens model.	Id.	1	6.64	1 : 10.5		4.48
	Id.	Id.	1	7.59	1 : 12		5.44
	Id.	Id.	1	8.53	1 : 10.8		5.68
	Id.	Id.	1	9.48	1 : 12		7.2
	Id.	Id.	1	11.38	1 : 12		7.2
	Id.	Id.	1	13.28	1 : 12		6.08
	Id.	Id.	1	15.17	1 : 13.7		6.96
	Id.	Id.	1	17.07	1 : 15.4		8.0
	Id.	Id.	1	18.98	1 : 17.1		8.32
	Id.	Id.	1	22.76	1 : 16		7.68
	Id.	Id.	1	26.55	1 : 16.8		8.48
	Id.	Id.	1	30.35	1 : 16		8.58
	Id.	Id.	1	34.14	1 : 16.3		8.4
	Id.	Id.	1	37.93	1 : 16.4		8.4
Pruissische directie van de Westfaalsche spoorwegen.	Over de Salzbach.	Traliewerk van platte staven.	1	8.85	1 : 7	1 : 2768	4.88
	Over de Munsler'sche Aa.	Wanden van plaatijzer.	1	15.8	1 : 9.5	1 : 3156	
	Over de Emsteller beek.	Id.	2	12.64	1 : 9.5	1 : 4571	
	Over de Hauenhorster beek.	Id.	1	7.9	1 : 10	1 : 3200	
	Over de Haase.	Id.	1	18.98	1 : 9.2	1 : 3333	
Saksische staatsspoorweg.	Doorgang.	Traliewerk van platte staven.	1	6.32	1 : 8	1 : 1270	9.44
	Id.	Id.	1	12.32	1 : 8.4	1 : 918	
	Id.	Id.	1	8.85	1 : 7.8	1 : 1282	9.68

Bouwmeesters.	Aanduiding van de bruggen.	Zamenstelling.	Openingen. Aantal.	Openingen. Spanwijdte in meters.	Verhouding van de hoogte van de liggers tot de spanwijdte.	Verhouding van de doorbuiging bij de proef tot de spanwijdte.	Belasting. Kilogrammen op den vierkanten millimeter.
Saksische staatsspoorweg.	Over de Pleisse bij Münza.	Traliewerk van platte staven.	6	2 open. 13.33 4 open. 13.95	1 : 10.5 1 : 11	1 : 2446	6.08
	Bij Löhmningen.	Id.	3	12.25	1 : 9.7	1 : 2267	4.32
	Over de Mulden bij Zwickau.	Id.	6	21.33 26.64 26.64 22.13	1 : 7.7 1 : 9.7 1 : 9.7 1 : 8.0	1 : 3178	
	Doorgang.	Wanden van plaatijzer.	1	7.74	1 : 10	1 : 2279	4.24
	Id.	Id.	1	8.66	1 : 10	1 : 2071	4.72
Centrale directie van de Wurttembergsche middelen van verkeer.	Over de Schussen bij Weissenau.	Holle balken van plaatijzer.	1	25.92	1 : 13.2	1 : 3373	
	Over de Aach bij Niederbiegen.	Traliewerk van platte staven.	1	19.72	1 : 10	1 : 4492	
	Over de Schussen bij Dobelhaus.	Id.	1	17.71	1 : 10	1 : 3532	
	Eisenfurtherbrug bij Schussendobel.	Dubbele wanden van plaatijzer.	1	9.32	1 : 9.8	1 : 2832	
Directie van den Berlijn-Stettiner spoorweg.	Draaibrug over de Oder bij Stettin.	Traliewerk van platte staven.	2	13.59	1 : 8	1 : 2324	5.2
Directie van den Keulen-Mindener spoorweg.	Over de Emscher.	Id.	2	14.82	1 : 9.4	1 : 3010	
	Over de Lippe.	Id.	2	27.19	1 : 9.2	1 : 2814	3.66
	Over de Ruhr bij Altstaden.	Id.	5	31.64	1 : 9.3	1 : 1800	5.36
Directie van de Oppersilezische spoorwegen.	Over de Oder bij Breslau.	Id.	1	31.64	1 : 9	1 : 1920	5.2
Directie van de Thuringer spoorwegmaatschappij.	Over de Elster bij Leipzig.	Id.	1	12.64	1 : 9.0	1 : 1440	7.36
Oostenrijksche staatsspoorwegmaatschappij.	150 uitgevoerde bruggen volgens model.	Liggers van plaatijzer.		van 4.74 tot 14.23	1 : 12		6.4

Bouwmeesters.	Aanduiding van de bruggen.	Zamenstelling.	Openingen. Aantal.	Openingen. Spanwijdte in meters.	Verhouding van de hoogte van de liggers tot de spanwijdte.	Verhouding van de doorbuiging bij de proef tot de spanwijdte.	Belasting. Kilogrammen op den vierkanten millimeter.
Oostenrijksche staatsspoorwegmaatschappij.	Over het kanaal tot regeling der Leitha.	Traliewerk van platte staven.	3	15.8	1 : 10	1 : 1580	6.4
	Kleine Arankabrug.	Id.	1	18.98	1 : 10	1 : 3163	6.4
	Over de Nera.	Traliewerk van omegaijzer volg. Ruppert.	3	18.98	1 : 10	1 : 1898	6.4
	Over de March.	Id.	5	18.98	1 : 11.8	1 : 1264	6.4
	Groote Arankabrug.	Traliewerk van platte staven.	2	24.28	1 : 10.9	1 : 2428	6.4
	Over de Waag.	Traliewerk van omegaijzer volg. Ruppert.	8	30.04	1 : 10.4		6.4
	Szittin Viaduct.	Id.	1	31.64	1 : 10	1 : 3365	6.4
	Anina Viaduct.	Id.	1	31.64	1 : 10	1 : 3365	6.4
	Over de Gran.	Id.	3	2 open. 43.281 1 open. 50.683	1 : 6.65 1 : 7.77	1 : 2815	6.4
	Over de Eipel bij Szobb.	Id.	3	2 open. 44.598 1 open. 56.934	1 : 6.38 1 : 8.14	1 : 2846	6.4
	Over de Theiss bij Szegedin.	Liggers van plaatijzeren bogen.	8	41.75	Pijl = 17.4' = 5.518 meter	1 : 1670	6.4
Keizer Ferdinands Noorderspoorweg.	Bruggen volgens model.	Liggers van plaatijzer.	1	3.79	1 : 12	1 : 1382	6.88—7.2
	Id.	Id.	1	5.69	1 : 12	1 : 1036	6.88—7.2
	Id.	Id.	1	7.59	1 : 12	1 : 1152	6.88—7.2
	Id.	Id.	1	9.48	1 : 12	1 : 1152	6.88—7.2
	Id.	Id.	1	11.38	1 : 12	1 : 1152	6.88-7.36
	Id.	Traliewerk van platte staven.	1	13.28	1 : 12	1 : 1152	6.88-7.44
	Brug in den Ostrauer kolenspoorweg.	Id.	2	18.98	1 : 13	1 : 1329	6.88-7.44
	Id.	Id.	3	18.98	1 : 13	1 : 1329	6.88-7.44
	Over de Weichsel.	Id.	5	2 open. 28.77 3 open. 36.04	1 : 9 1 : 12	1 : 1503 1 : 1237	7.2 7.2
	Id.	Id.	1	12.64	1 : 11	1 : 1212	7.04

Bouwmeesters.	Aanduiding van de bruggen.	Zamenstelling.	Openingen. Aantal.	Openingen. Spanwijdte in meters.	Verhouding van de hoogte van de liggers tot de spanwijdte.	Verhouding van de doorbuiging bij de proef tot de spanwijdte.	Belasting. Kilogrammen op den vierkanten millimeter.
Noord-Tyroler staatsspoorweg.	Over de Inn bij Kufstein.	Traliebrug.	3 1 1	21.18 20.86 45.84	1 : 14 1 : 14 1 : 10	1 : 1484 1 : 1408 1 : 2320	7.76 7.76 6.64
	Brixthaler Aache.	Id.	1	30.66	1 : 12	1 : 1693	8.16
Weener verbindingsspoorweg.	Pratersternbrug.	Plaatijzer.		14.85	1 : 13	1 : 1424	7.36
	Id.	Id.		18.98	1 : 13	1 : 1329	7.2
	Brennerspoorweg, sectie Botzen.	Traliebrug.	1	56.88	1 : 8.93	—	7.5
	Over de Kardaun.	Id.	1	34.76	1:10.74	—	7.5
	Sectie Brixen.	Id.	3	2 open. 25.28 1 open. 30.34	1 : 30	—	7.5
	Id.	Id.	1	25.28	1 : 8.98	—	7.5
	Sectie Sterzing.	Id.	1	6.00	1 : 10.5	—	7.0—6.0
	Id.	Id.	1	9.17	1 : 11.6	—	7.0—6.0
	Sectie Brixen.	Id.	1	10.75	1 : 10.9	—	7.0—6.0
Spoorweglinie Padua-Rovigo.	Bacchiglione.	Id.	1	60	1 : 10.3	—	7.0
	Scolo Rialto.	Id.	1	13.054	1 : 8.9	—	6.17
	Galzignano	Id.	1	13.856	1 : 9.6	—	6.0
	Lispida.	Liggers van plaatijzer.	1	8.00	1 : 13.3	—	6.97
	Scolo delle Valli.	Id.	1	7.071	1 : 11.8	—	6.0
	Monselice.	Id.	1	21.382	1:10.69	—	6.0
	Strada d'Este.	Id.	1	9.238	1 : 7.1	—	7.0
	Gorzone.	Id.	1	30.0	1 : 9.6	—	6.64
	Etsch.	Id.	3	48 59	1 26.54	—	7.0
	Adigetto.	Id.	1	18.423	1:13.95	—	6.17
Zuidelijke staatsspoorwegmaatschappij.	Over de Drau bij Stain.	Id.	5	56.32	1:10.25	—	7.70
	Over de Radlbeek.	Id.	1	47.46	1:10.17	—	7.50
	Over de Gurk.	Traliebrug.	3	2 open. 38.56 1 open. 52.80	1 : 8.38	—	6.25
Zuidelijke staatsspoorwegmaatschappij.	Over de Miss bij Dobriach.	Traliebrug.	1	37.97	1 : 10	—	6.50
	Over de Wölha.	Id.	1	28.45	1:10.61	—	7.00
	Over de Drau bij Marburg.	Boogbrug.	3	52.53	Pijl = 37′ = 11.7 m.	1 : 3065	5.00
Keizerin Elisabeth-spoorweg.	Plaatijzeren en traliebruggen, de laatste van vlak ijzer en staven van **T**-ijzer.			3.79tot 28.45	1 : 10 tot 1 : 12	1 : 2000 tot 1 : 1200	7.2
Beijersche oosterspoorweg.	Over de Inn bij Passau.	Traliebrug.	1	—	1 : 10	1 : 1800	6.8—9.6
	Over de Isar bij Platting.	Id.		—	1 : 10	1 : 2500	6.8—9.6
Opperbouwraad Pauli in Beijeren.	Over den Rijn bij Mainz.	Stelsel van Pauli.	4 6 13 2 7	101.29 33.5 15.0 25 15	1 : 10	1 : 1600	8.4
	Bruggen volgens model.	Id.	1	8—34	1 : 10	—	6
	Id.	Id.	1	34 tot 55	1 : 10	—	6.5
	Id.	Id.	1	55 tot 80	1 : 10	—	7
	Id.	Id.	1	80 tot 105	1 : 10	—	7.5
	Id.	Id.	1	105 tot 120	1 : 10	—	8
	Id.	Id.	1	120 en meer	1 : 10	—	8.5
Pruissische staatsspoorweg.	Over den Rijn bij Keulen.	Traliewerk van platte staven.		—	1 : 12	1 : 1370	8.0
Rheinische Eisenbahn.	Over den Rijn bij Coblenz.	Boogbrug.		—	—	—	7.84
Pruissische oosterspoorweg.	Over de Weichsel bij Dirschau.	Traliewerk van platte staven.	6	—	1 : 10	1 : 1900	8
Brunel.	Conwaybrug in Engeland.	Buizen en kettingen.		—	1 : 15	—	11.44
Neville.	In den Keizer Ferdinands noorderspoorweg.	Stelsel van Neville		—	1 : 10	1 : 360	11.2 12.64

Bouwmeesters.	Aanduiding van de bruggen.	Zamenstelling.	Openingen. Aantal.	Openingen. Spanwijdte in meters.	Verhouding van de hoogte van de liggers tot de spanwijdte.	Verhouding van de doorbuiging bij de proef tot de spanwijdte.	Belasting. Kilogrammen op den vierkanten millimeter.
Schiffkorn.	Galic. Carl Ludwigs, boheemsche westerspoorweg, Pardubitzer spoorweg.	Stelsel van Schiffkorn.		—	—	ongeveer 1 : 500	12 en meer
Röbling.	Over de Niagara.	IJzerdraadhangbrug.	1	255.52		—	bij 5voudige veiligheid16
	Tarasconviaduct over de Rhône.	Gegoten ijzeren bogen.		60	Pijl 15.8 = 5.0 m.	—	2.47
	Solferinobrug te Parijs.	Id.		—	—	—	5.03
	Brug St. Louis te Parijs.	Id.		64	Pijl = 18.4 = 5.82 m.	—	4.30
Du Pré.	Over de Schelde bij Termonde.	Draaibrug van gegoten ijzer.		14.795	1 : 10	1 : 1800	—
	Over de Dendre bij Termonde.	Id.		11.76	1 : 10	1 : 1800	—
	Over de Dendre bij Audeghem.	Id.		7.63	1 9	1 : 1800	—
	Over de Dendre bij Aalst.	Draaibrug van plaatijzer.		17	1 : 7.5	1 : 2428	—
	Over de Durme bij Lokeren.	Draaibrug van gegoten ijzer.		11.32	1 : 10	1 : 1800	—
Pauwels te Brussel.	Over de Lys bij Gramene.	Draaibrug volgens het stelsel van Neville.		16	1 : 10	1 : 1454	—
Van Hoecke, bau-inspecteur der stad Gent.	Over de Beneden-Schelde te Gent.	Boogbrug van gegoten ijzer.	1	17.3	Pijl = 9′ = 2.85 m.	1 : 5766	—
W. T. Clark.	Pest-Ofener kettingbrug.	Kettingbrug.	2 1	94.2 210.5	Pijl 47.6′ = 15 m.	—	11.19 10.98 tot 11.19
Opperbouwraad Pauli in Beijeren.	Over de Isar bij Hessenlohe	Stelsel van Pauli.		55.38 29.78	1 10	1 : 1107 1 : 1804	7 6
	Gross-Aachen aan het meer Chiem.	Id.	4	27.26	1 : 10	1 : 1514	6

De bovenstaande opgaven zijn deels aan gedrukte mededeelingen ontleend, gedeeltelijk door de verschillende leden der commissie verzameld.

TAFEL III.

Volgnummer.	De proefnemingen werden geleid door	Plaats van herkomst en aanduiding van het materiaal.	Belasting bij de grens van weerstracht per vierk. millimeter in kilogrammen.	Belasting bij de breuk per vierk. millimeter in kilogrammen.	Aanmerkingen.
		Platen van gietstaal van Mayer in Leoben.			
1	Hofraad von Burg. Id.	Middelsoort, lengterigting		69.3	9 proefnemingen.
2		Middelsoort, dwarsrigting		70.2	9 „
3		Middelsoort, uitgegloeid, lengterigting.		67.2	3 „
4		Middelsoort, uitgegloeid, dwarsrigting.		69.4	3 „
5		Harde soorten . .		85.2	4 „
6		Verschillende soorten. Gemiddeld .		65.3	7 „
		Gemiddeld cijfer.		70.1	
		Platen van gietstaal van Petin Gaudet.			
7	Trerca.	Weeke soort . . .	27.5	53.1	2 proefnemingen.
8	Id.	Weeke soort, gehard en uitgegloeid. .	55.4	72.6	2 „
9	Id.	Harde soort . . .	25.7	57.5	2 „
10	Id.	Harde soort, gehard en uitgegloeid. .	78.9	85.6	2 „
11	Comber Lorieux & Couche.	Middelweek, lengterigting		60.7	2 „
12	Id.	Middelweek, dwarsrigting		58.7	2 „
13	Id.	Zeer week, lengterigting		49.4	4 „
14	Id.	Zeer week, dwarsrigting		47.4	2 „
		Platen van Bessemerstaal van Heft in Karinthie.			
15	Ingenieur Fink.	Weeke soort, 5‴ dik.		45.7	14 proefnemingen, ongeveer 18 pCt. uitzetting.
16	Id.	Harde soort, 4½‴ à 3‴ dik . . .		69.1	7 proefnemingen, ongeveer 8 pCt. uitzetting.
17	Id.	Zeer harde soort 4½‴ dik . . .		92.4	2 proefnemingen, ongeveer 5 pCt. uitzetting.
		Platen van Bessemerstaal uit de ijzergieterij te Neuberg.			
18	Hofraad von Burg.	Weeke soort . . .		44.2	7 proefnemingen, 19 pCt. uitzetting.
19	Id.	Middelsoort . . .		57.4	8 proefnemingen, 14 pCt. uitzetting.
		Platen van Bessemerstaal uit de walsinrigting te Gratz.			
20	Id.	Middelsoort . . .		57.3	14 proefnemingen, 15 pCt. uitzetting.
21	Id.	Zeer harde soort. .		140.4	1 proefneming.
		Gemiddeld cijfer weeke soort . .		45.4	
		Gemiddeld cijfer middelsoort . .		60.5	
		Stalen platen van Krupp te Essen.			
22	Adsistent Radinger.	Gemiddeld cijfer uit 17 proeven 4½‴ dik.		53.0	14 pCt. uitzetting.
23	Ingenieur Fink.	Gemiddeld cijfer uit 7 proeven 5‴ dik.		52.6	18 pCt. uitzetting.
24	Id.	Uitgegloeid uit 7 proeven 5‴ dik .		53.0	2 proefnemingen, 18 pCt. uitzetting.
25	Id.	Plaatijzer 5‴ dik lengterigting. . .		57.0	4 proefnemingen, 8 pCt. uitzetting.
26	Id.	Plaatijzer 5‴ dik dwarsrigting . .		61.6	5 proefnemingen, 7 pCt. uitzetting.
		Gemiddeld cijfer.		56.8	

VIJVERS VAN VERSAILLES TOT WATERVOEDING.

Verzamelplan van het stelsel der wateren (Eaux blanches) die de stad Versailles voeden.



Namen van de vijvers.

A	*la Tour.*	
B	*le Perray.*	
C C C	*St Hubert.*	
D	*le Mesnil St Denis.*	
E	*Trappes.*	
F	*le Trou salé.*	
G	*Saclay vieux.*	
H	*Saclay neuf.*	
I	*Bois d'Arcy*	*droog.*
J	*Bois Robert*	*droog.*

Ontwikkelde lengte van de leidingen.

Opene leidingen	*122 336,m 00*
Onderaardsche leidingen	*34 776, 00*
Viaducten	*540, 00*
Totaal	*157 652, 00*

Verdeelkommen.

R. 2 P.	*Vergaarkommen (Reservoirs) Les deuxe Portes.*	
R. Pi.	*Vergaarkom*	*Picardie.*
R. M.	*Vergaarkom*	*Montbauron.*
R. G.	*Vergaarkom*	*Gobert.*

Schaal van $\frac{m}{0,0166}$ voor 100 meters.

0 500 1000 2500 3000 4000 5000 Duizend meters

Steendr. v. J. & H. v. Langenhuysen.

PROEFNEMINGEN OMTRENT DE DRUKKING VAN GROND.

(Fign 1-4.)

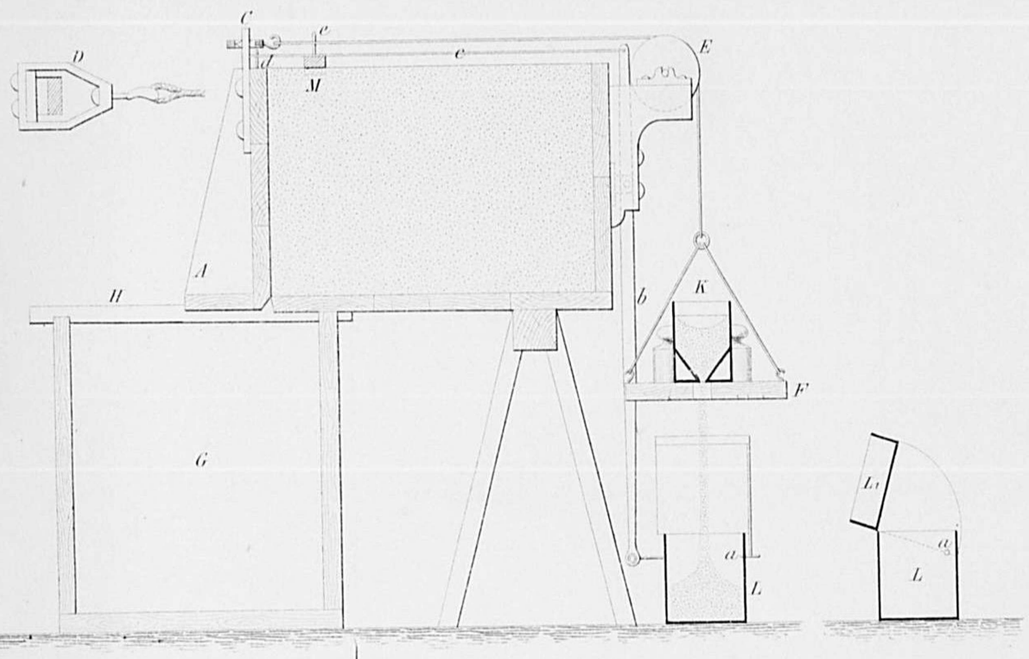


Fig. 1. Toestel.

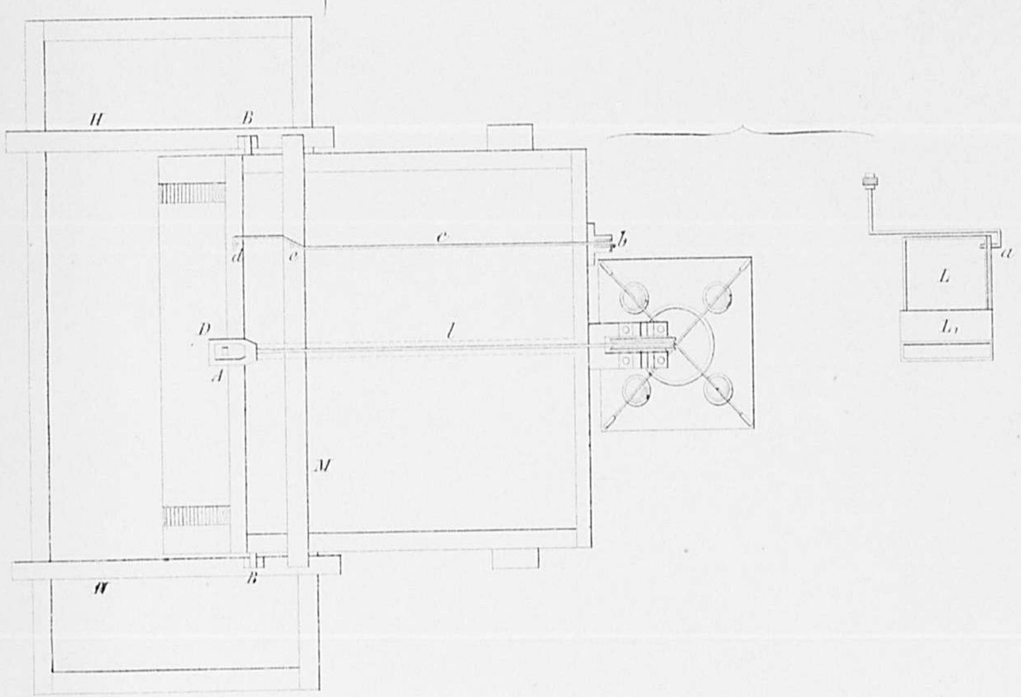
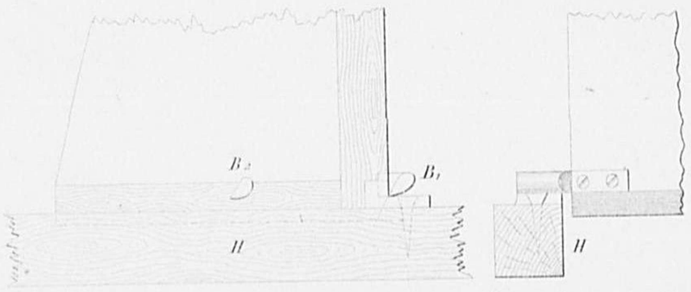


Fig. 2. ½ van de ware grootte.



Schaal voor fig.1 (⅛ van de ware grootte)

50 3 6 4 2 0 10 20 30 40 50 Centim.

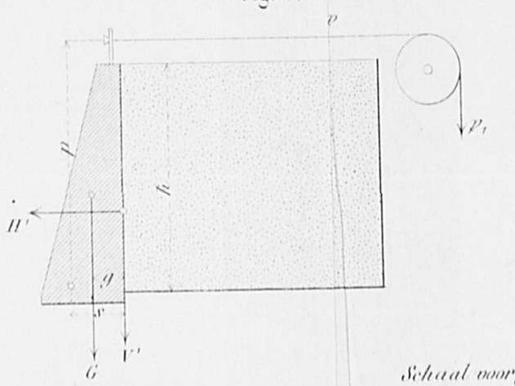


Fig. 3.

ANWENDING VAN IJZER IN DEN SCHEEPSBOUW.

(Fign 5-14.)

Fig. 5.

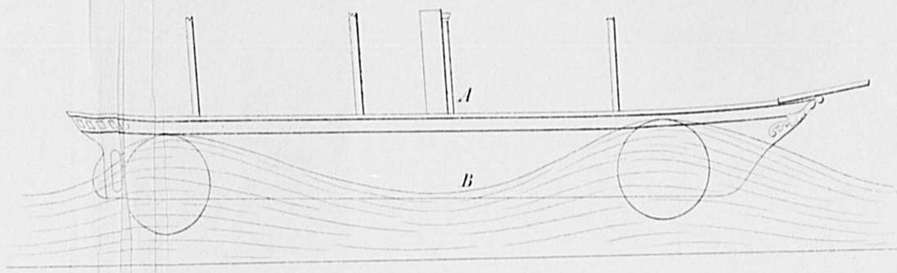


Fig. 6.

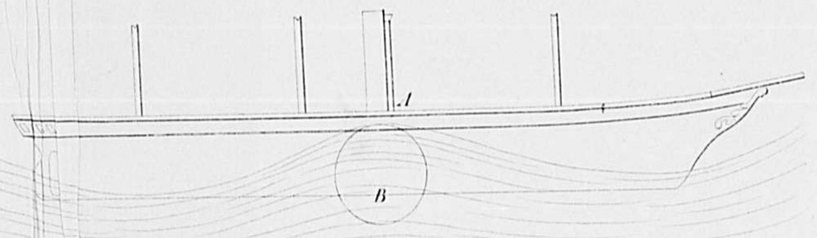


Fig. 7.

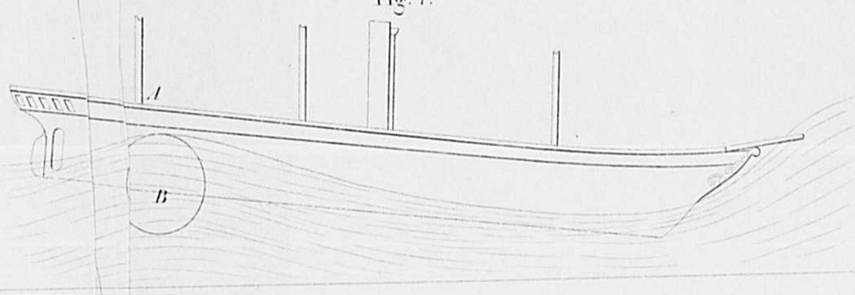


Fig. 8.

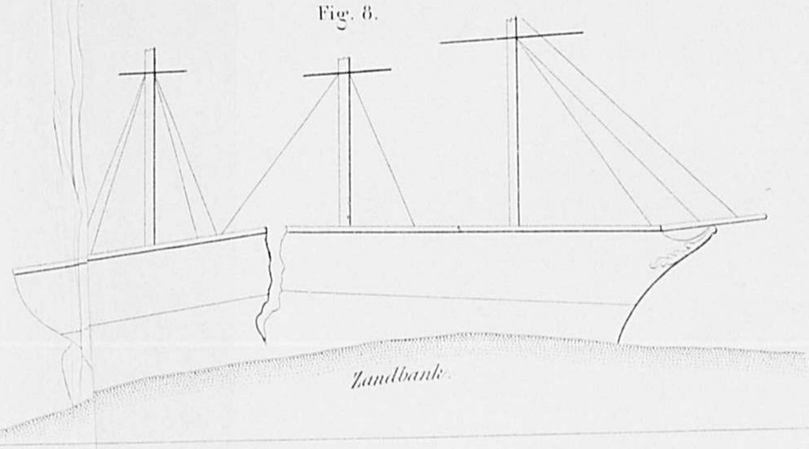
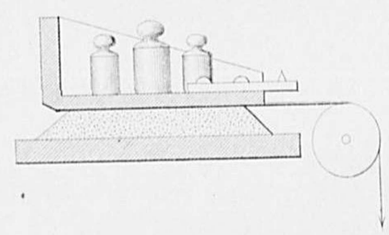


Fig. 4.



Schaal voor fign 15-18.

12 0 1 2 3 4 5 10 15 20 25 30 35 40 voeten.

Fig. 15. Opstand

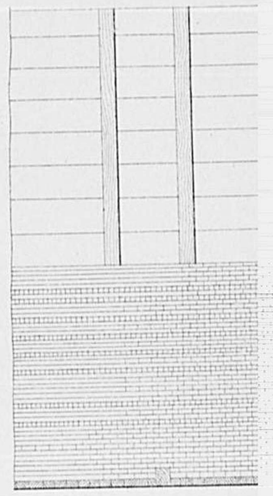


Fig. 9.



Fig. 10.

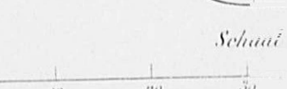


Fig. 11.



Fig. 12.



Schaal

10 5 0 10 20 30

ANWENDING VAN IJZER IN DEN SCHEEPSBOUW.

(Fign 5–14.)

Fig. 5.

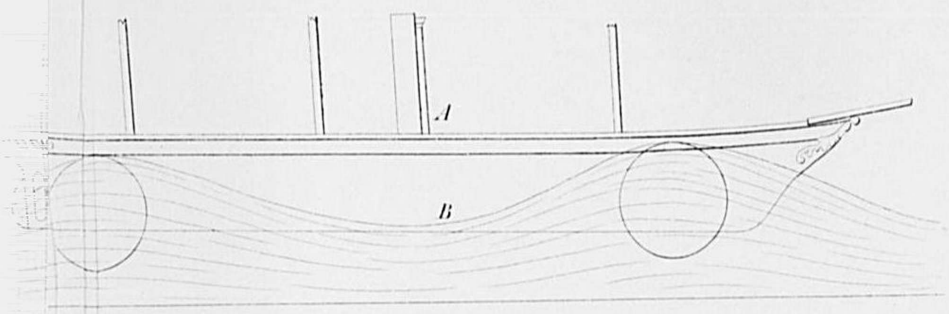


Fig. 6.

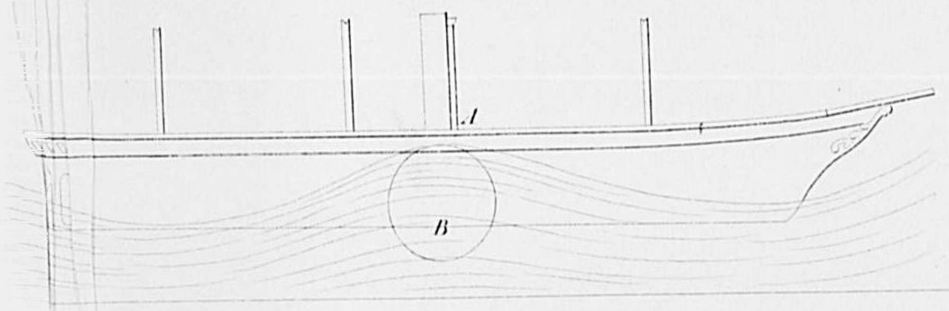


Fig. 7.



Fig. 8.

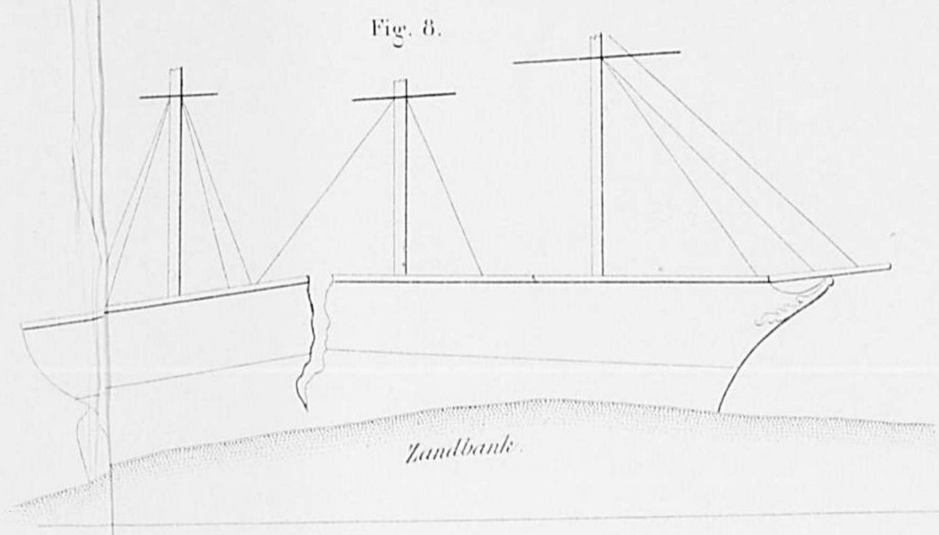


Fig. 3.

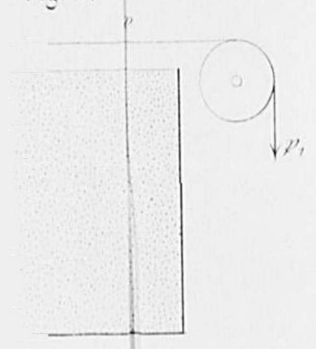
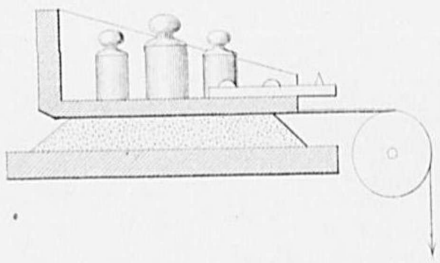


Fig. 4.



Schaal voor fig.n 15–18.

3 4 5 10 15 20 25 30 35 40 voeten.

MOFFAT'S WIJZE VAN ONDER WATER TE BOUWEN.

(Fign 15–19.)

Fig. 15. Opstand van het hoofd.

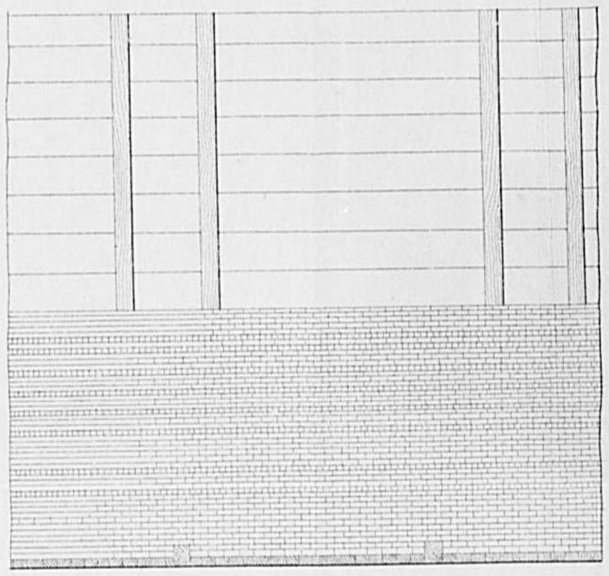


Fig. 16. Dwarsdoorsnede van het hoofd.

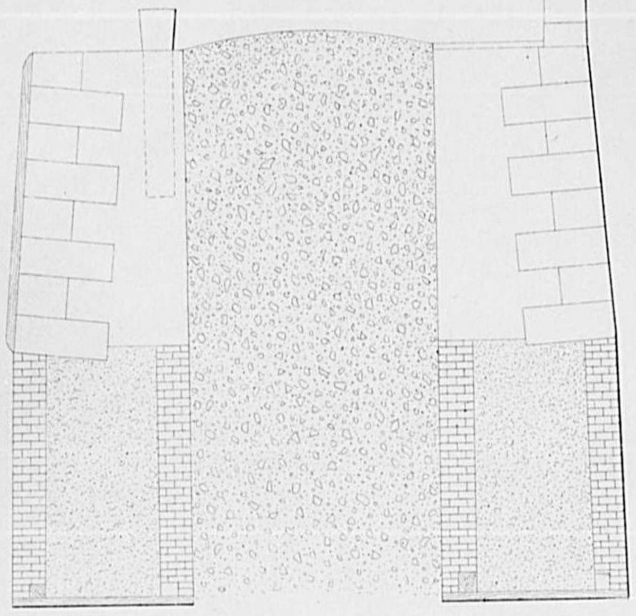


Fig. 9.



Fig. 10.

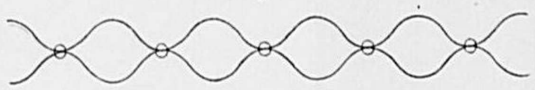


Fig. 17. Platte grond van den caisson.

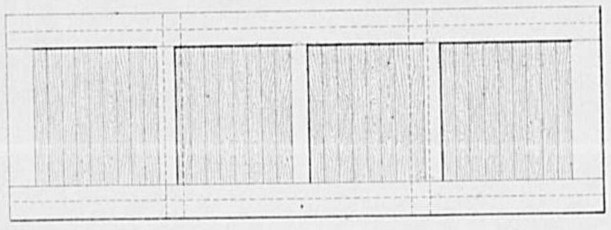


Fig. 13.



Fig. 11.



Fig. 12.

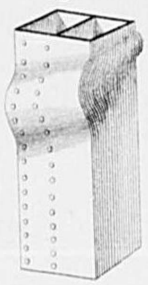


Fig. 14.



Fig. 18. Lengte-doorsnede van den caisson.

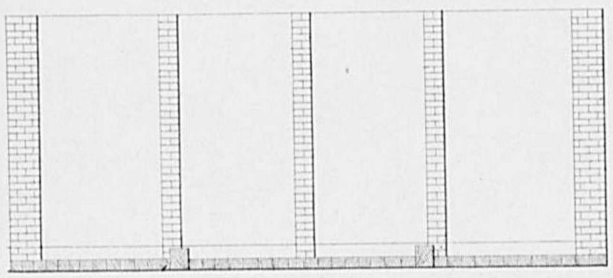
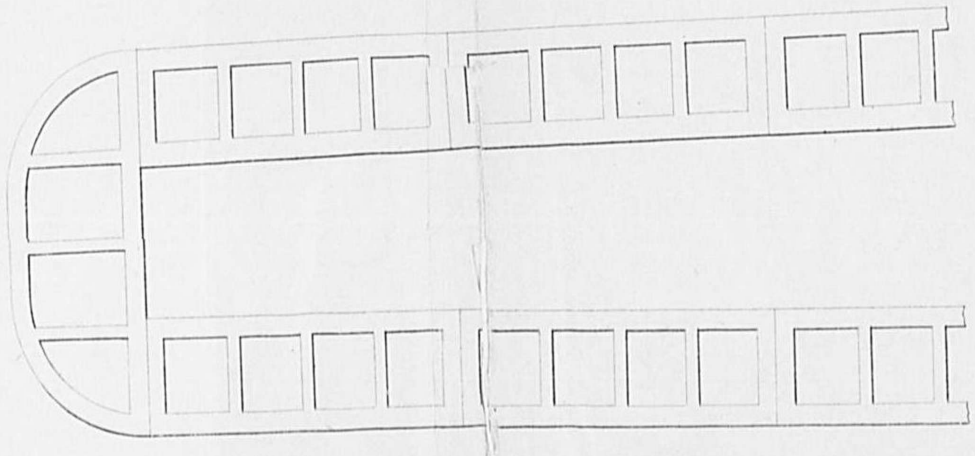


Fig. 19. Platte grond van het hoofd.



Schaal voor fig. 19.

10 5 0 10 20 30 40 50 60 70 80 voeten.

Steendr. v. ...

FUNDERINGEN DOK- EN KAAIMUREN EN ANDERE ZEEWERKEN ZONDER KISTDAMMEN.

Fig. 1.

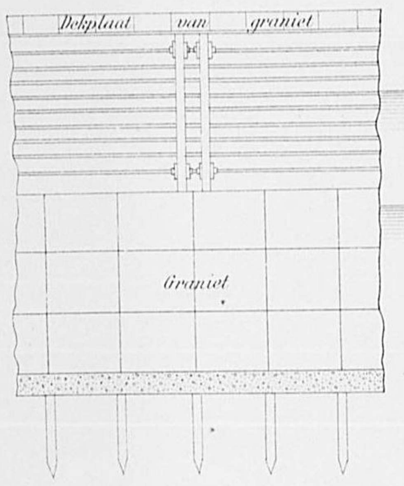


Fig. 2.

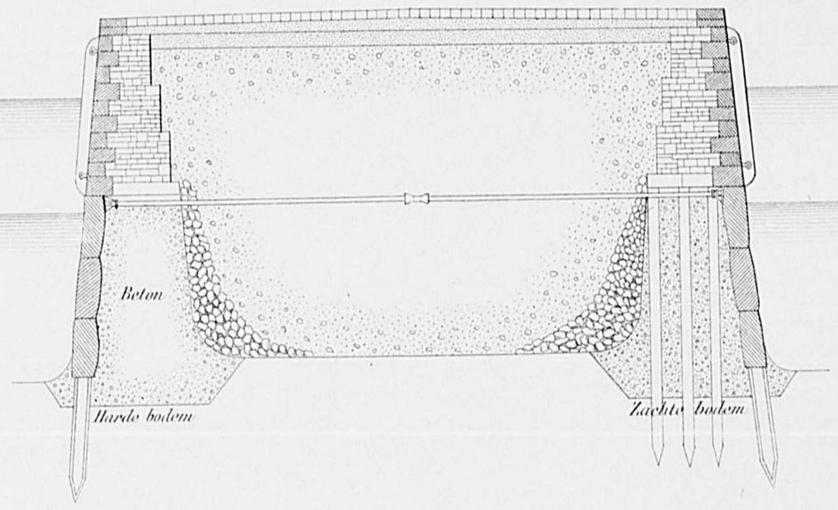


Fig. 3.

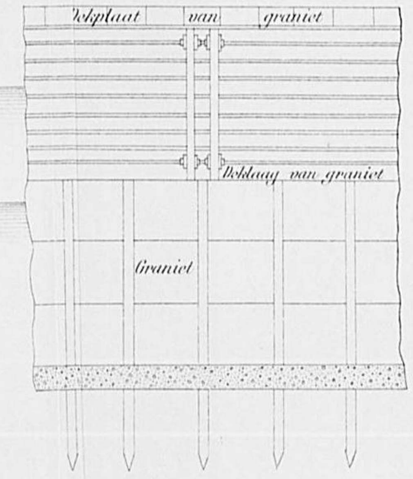


Fig. 4.

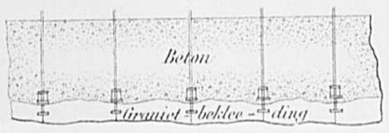


Fig. 5.

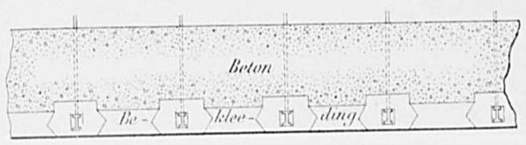


Fig. 6.

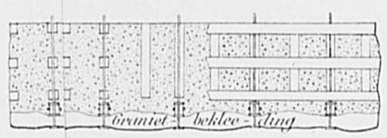


Fig. 7.

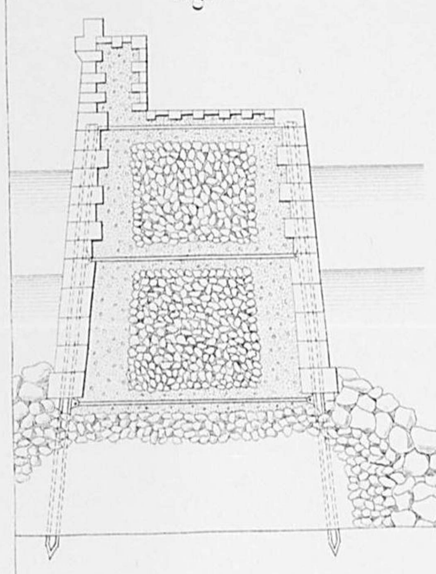


Fig. 8.

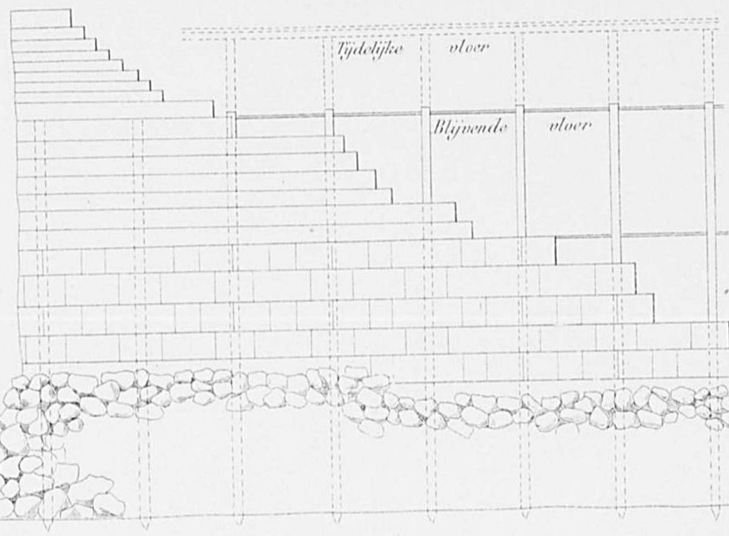
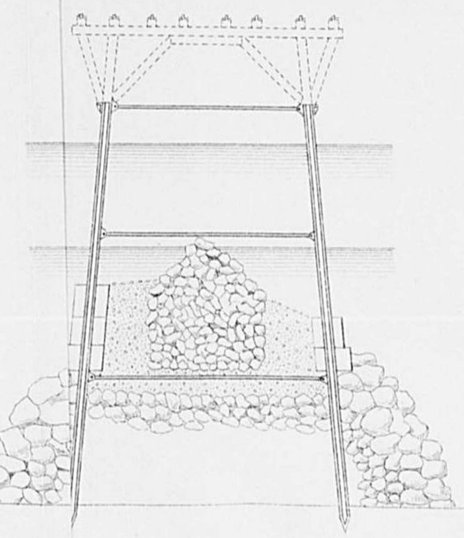
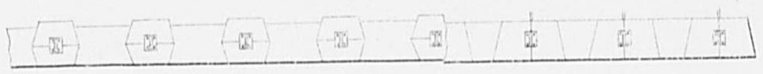


Fig. 9.

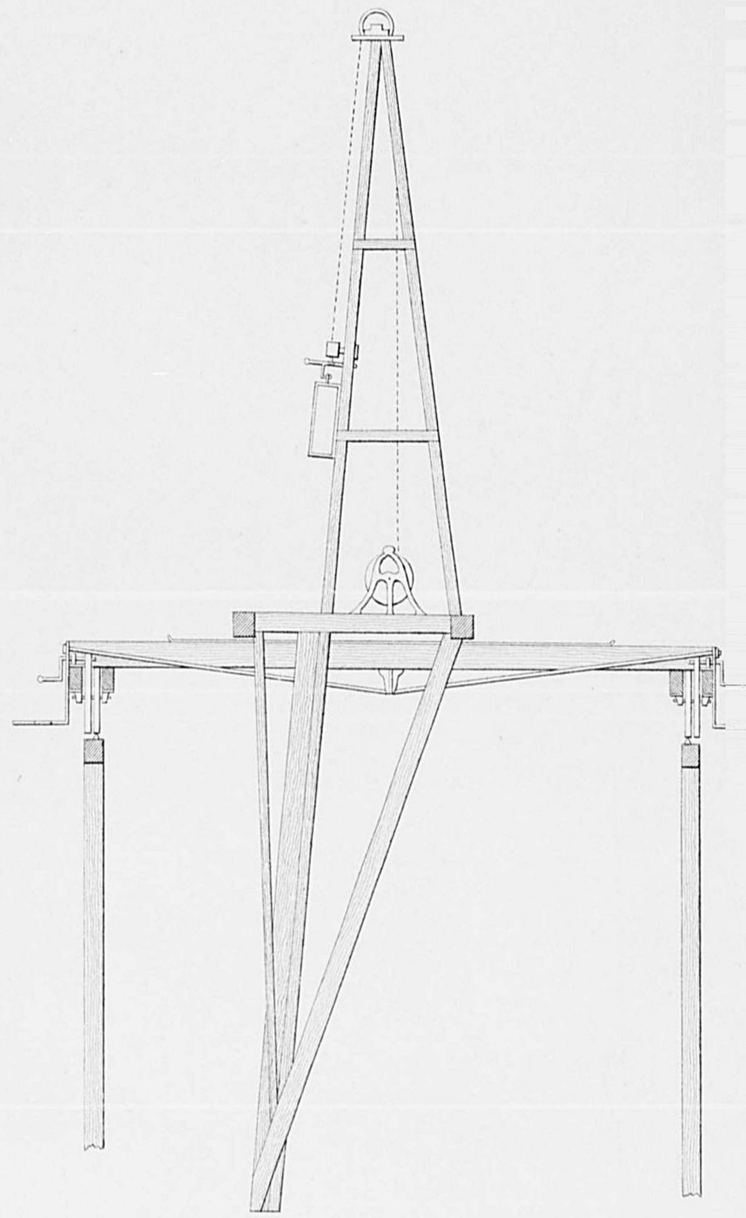


Platte grond van de bekleeding.



HEIWERKTUIG.

Fig. 10.



Schaal voor fig. 1,2,3,4,5 en 6.

5 0 5 10 15 20 25 voet.

Schaal voor fig. 7,8 en 9.

5 0 5 10 20 30 40 50 voet.

OK-EN KAAIMUREN EN ANDERE ZEEWERKEN ZONDER KISTDAMMEN.

Fig. 3.

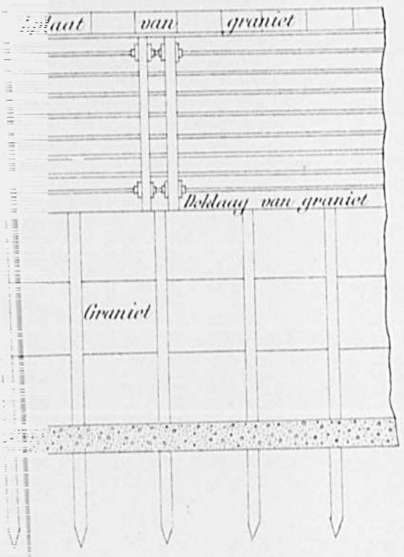


Fig. 6.

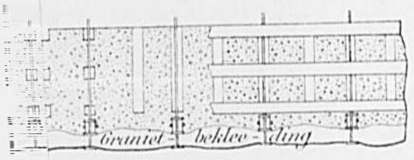
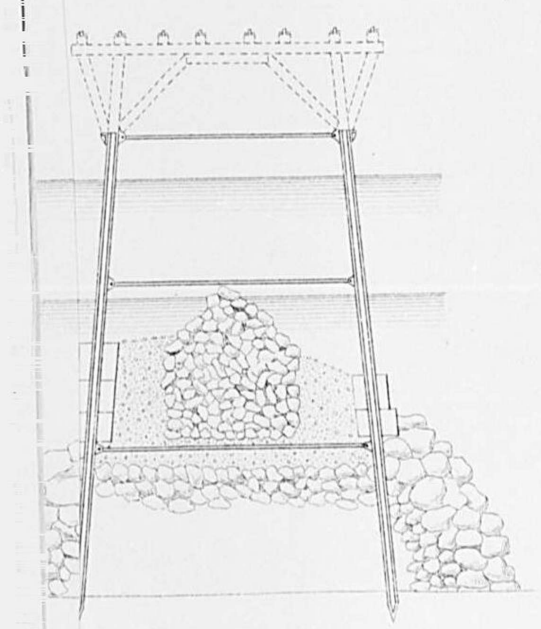


Fig. 9.



HEIWERKTUIG.

Fig. 10.

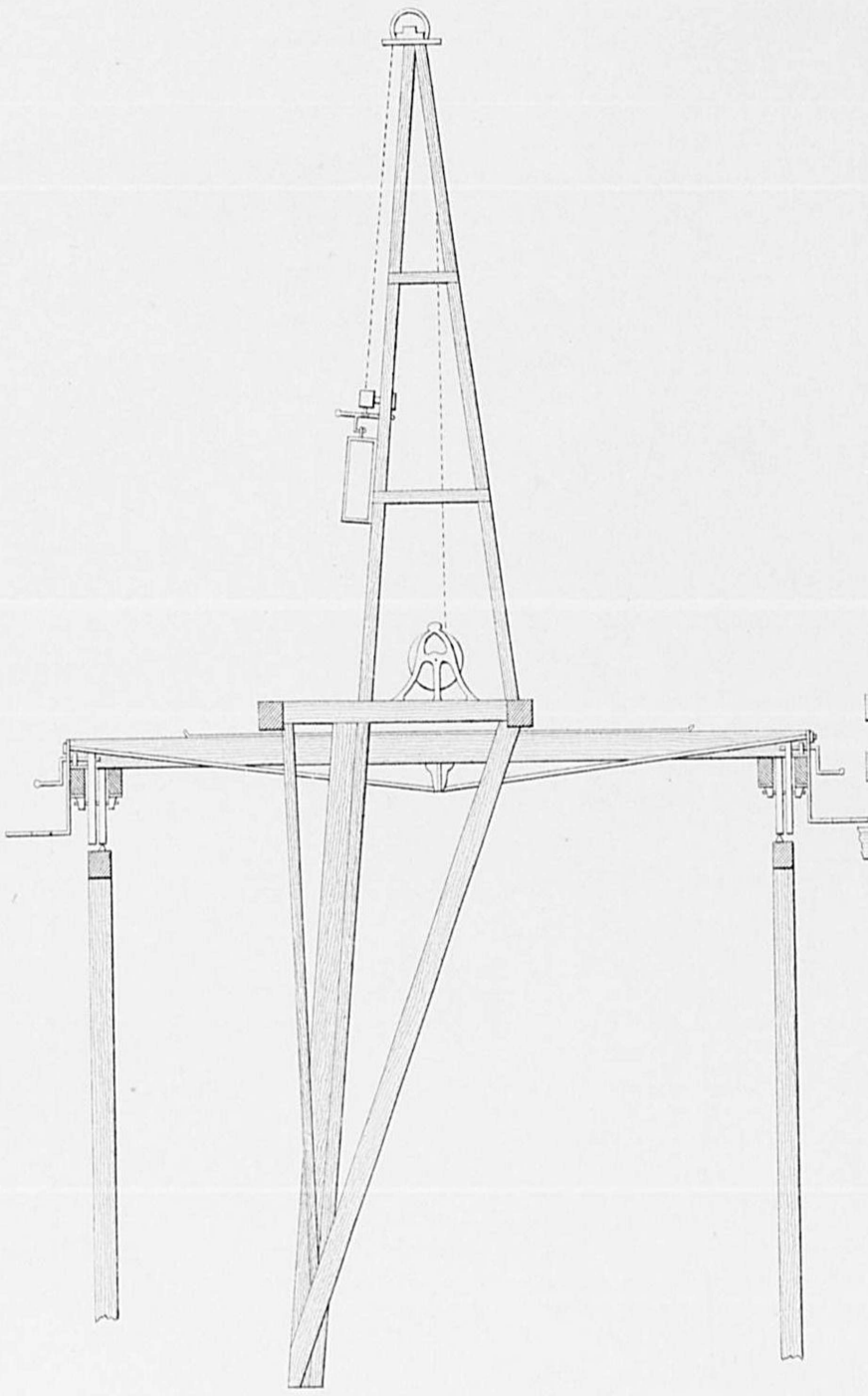
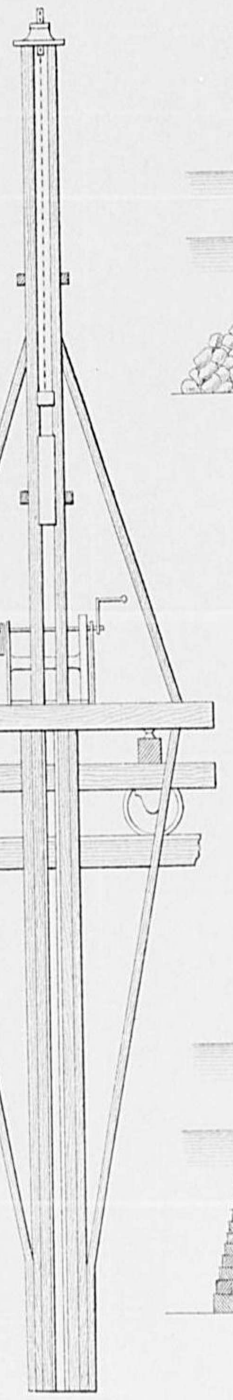


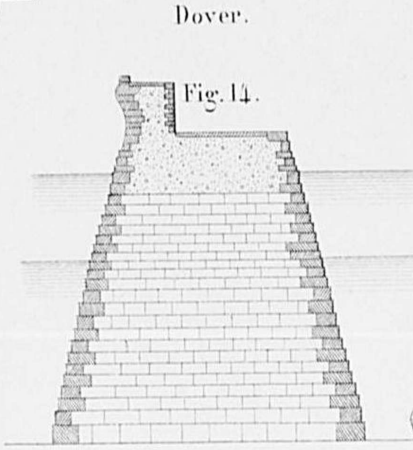
Fig. 11.



ZEEWERKEN.

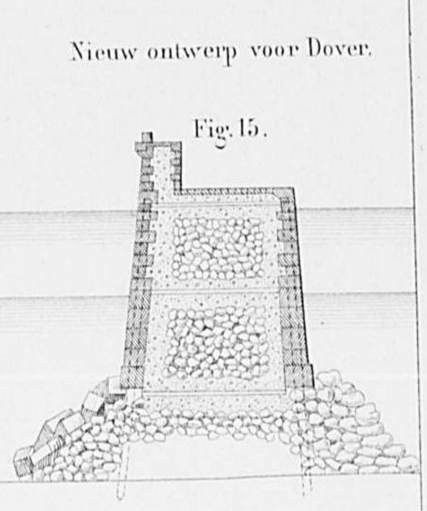
zonder borstwering.

Fig. 12.



met borstweringsmuur.

Fig. 13.



Dover.

Fig. 14.

Nieuw ontwerp voor Dover.

Fig. 15.

Schaal voor fig. 1, 2, 3, 4, 5 en 6.

5 0 5 10 15 20 25 voet.

Schaal voor fig. 7, 8 en 9.

5 0 5 10 20 30 40 50 voet.

Schaal voor fig. 10 en 11.

5 4 3 2 1 0 5 10 15 20 voet.

Schaal voor fig. 12, 13, 14 en 15.

0 10 20 30 40 50 100 150 voet.

STOOMBAGGERMOLENS OP DE CLYDE.

Fig. 1. Lengte-doorsnede van den dubbelen baggermolen.

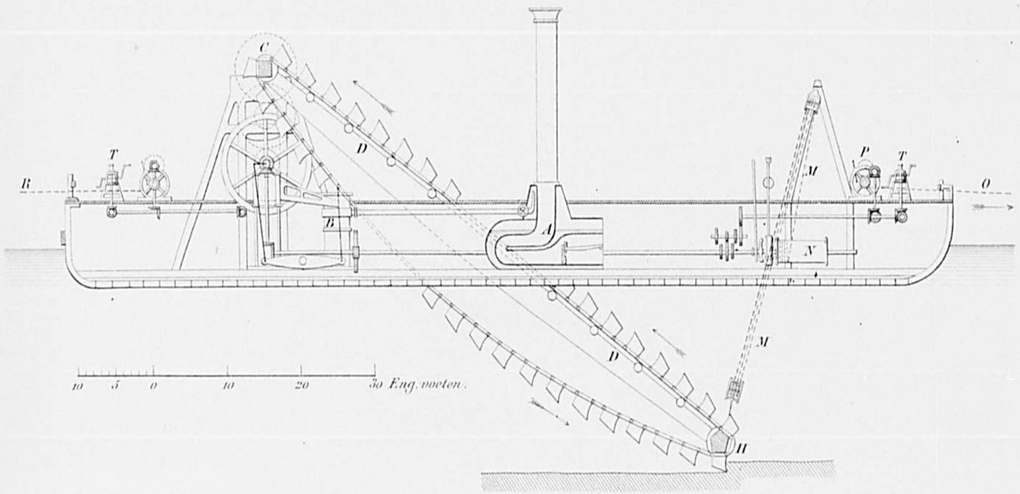


Fig. 2. Halve platte-grond van den dubbelen baggermolen.

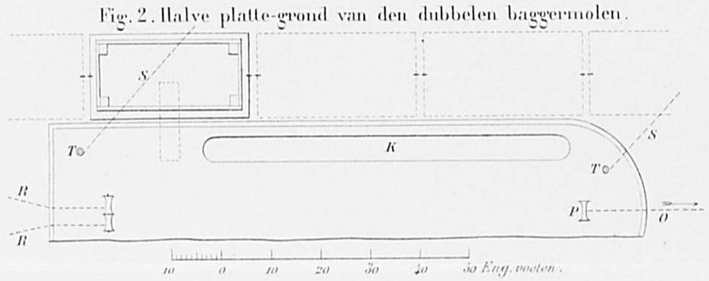


Fig. 3. Dwarsdoorsnede van den dubbelen baggermolen.

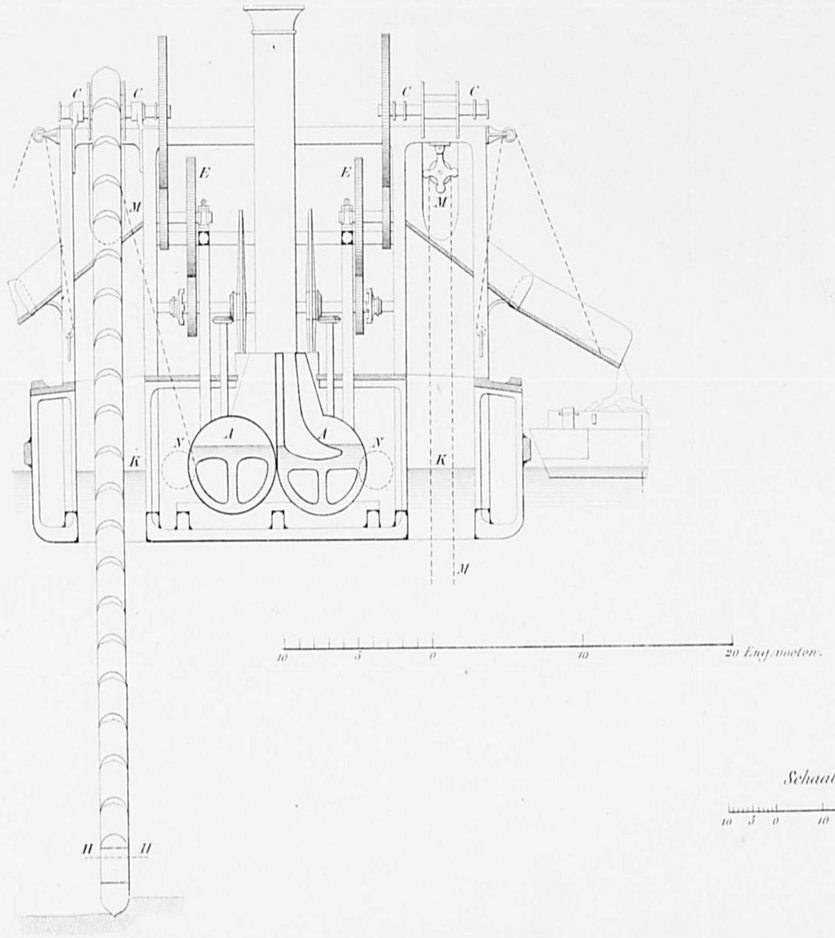


Fig. 11. Lengte-doorsnede van de schroefschuit.

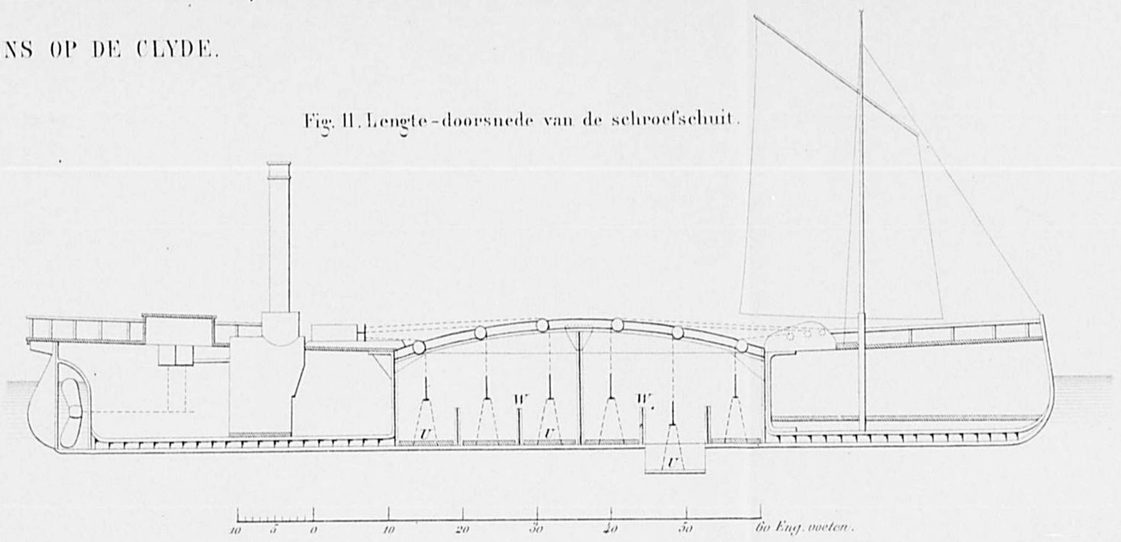
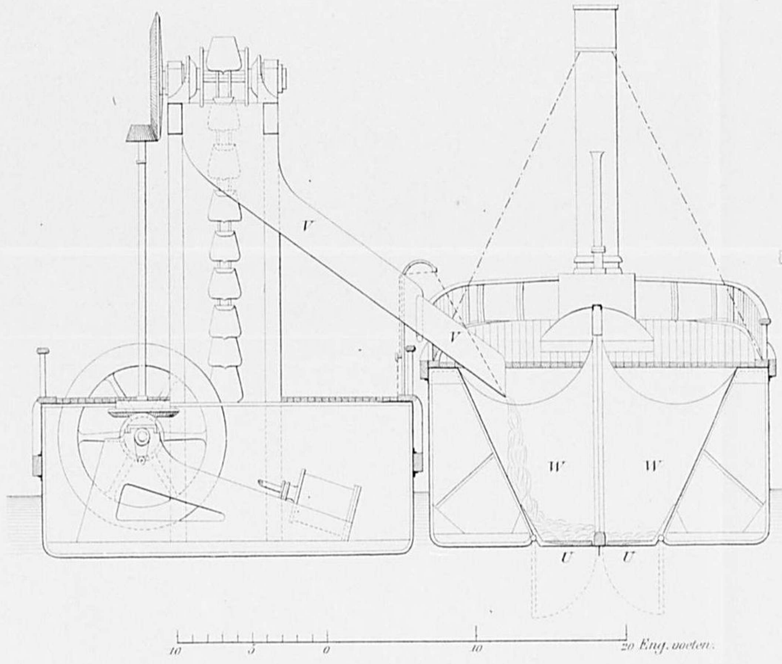


Fig. 12. Dwarsdoorsnede van de schroefschuit.



Vertikale doorsnede van de emmers.



Platte-grond.

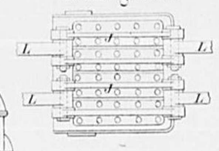
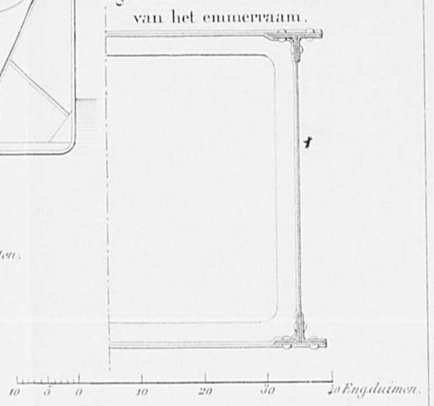


Fig. 10.

Fig. 6. Halve dwarsdoorsnede van het emmerraam.



Schets, aantoonende het uitdiepen van de Clyde door baggeren.

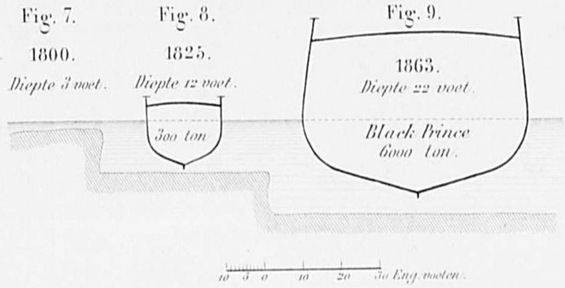
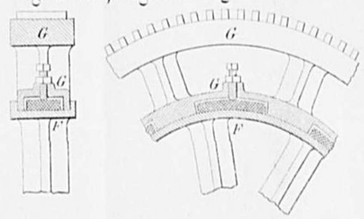
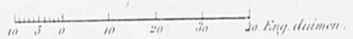


Fig. 4. Wrijvingsrad. Fig. 5.



Schaal voor fig. 10.



Schaal $\frac{1}{24}$

Steendr. v. J. v. Langenhuysen.

GIETIJZEREN BRUG VAN SAINT-LOUIS.

Fig. 1. Standgezigt, stroomopwaarts van de brug genomen.

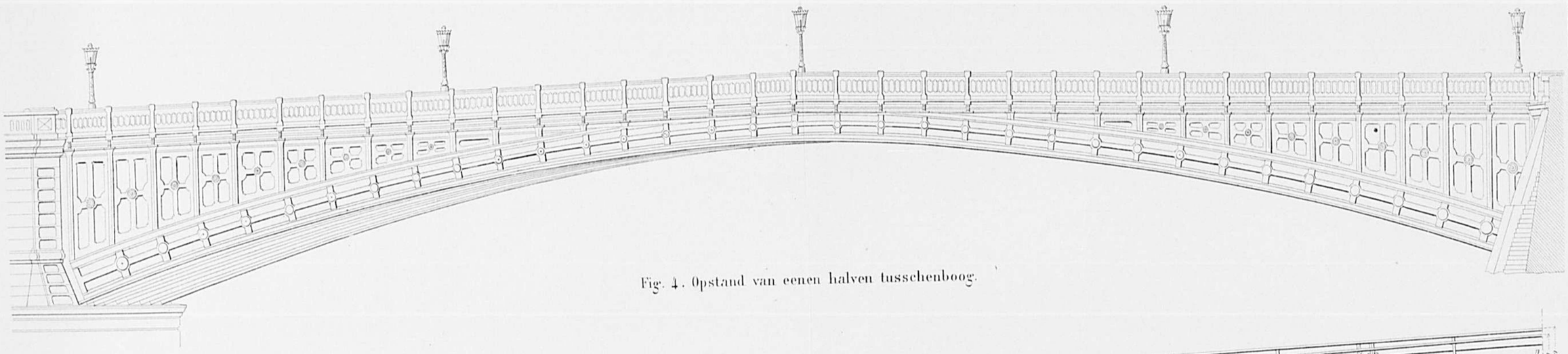


Fig. 4. Opstand van eenen halven tusschenboog.

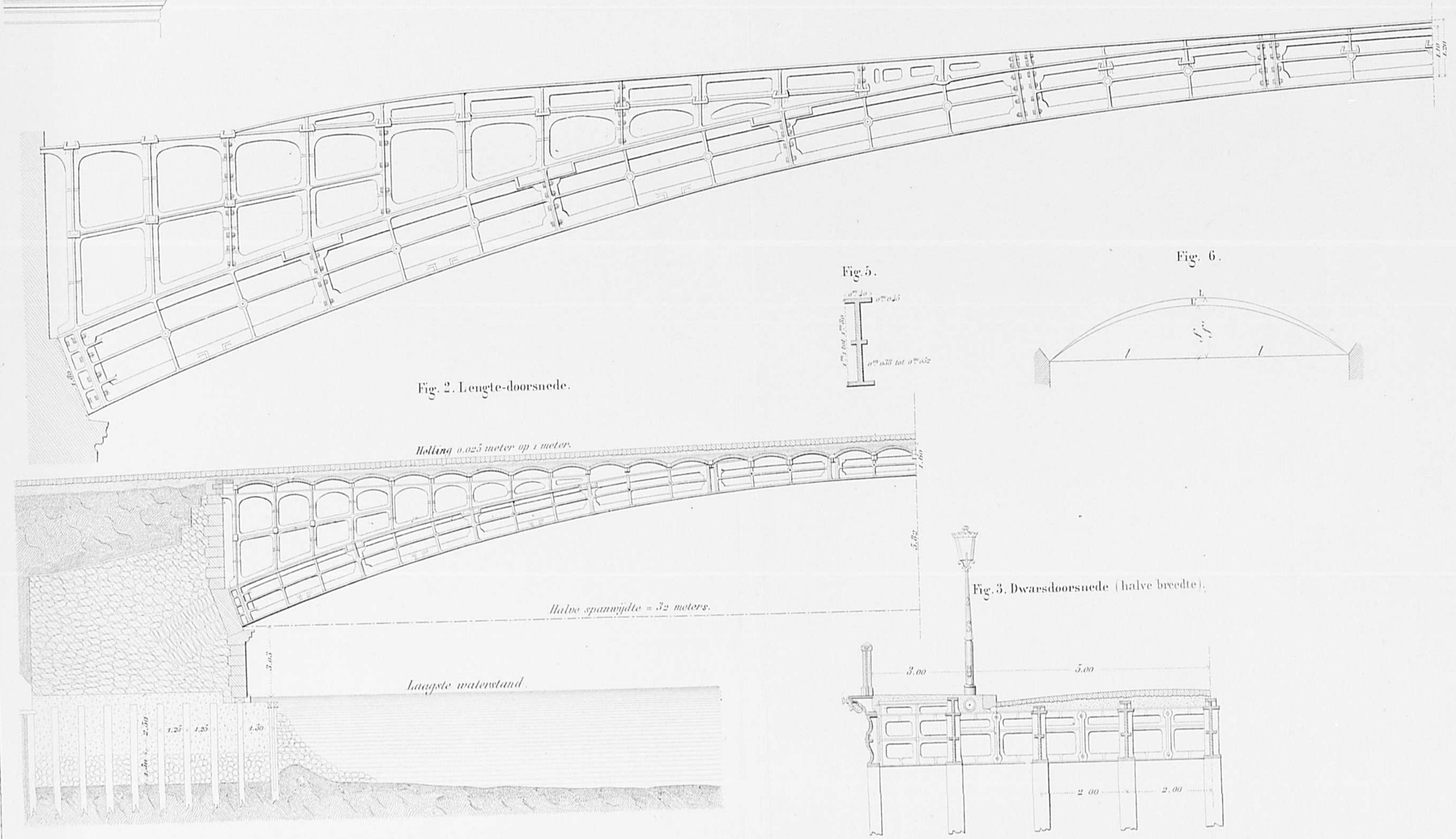


Fig. 2. Lengte-doorsnede.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 3. Dwarsdoorsnede (halve breedte).

Schaal voor figuren 1 en 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 meters.

Schaal voor figuren 3 en 4.

10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 meters.

Steendr. v. I. & H. v. Langenhuysen.



Fig. 11. Situatie-teekening van de gebouwen in het fort aan het Vlaamsche hoofd.

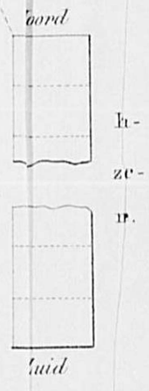


Fig. 13. Platte grond van het paviljoen, met aanwijzing van het zandbed.

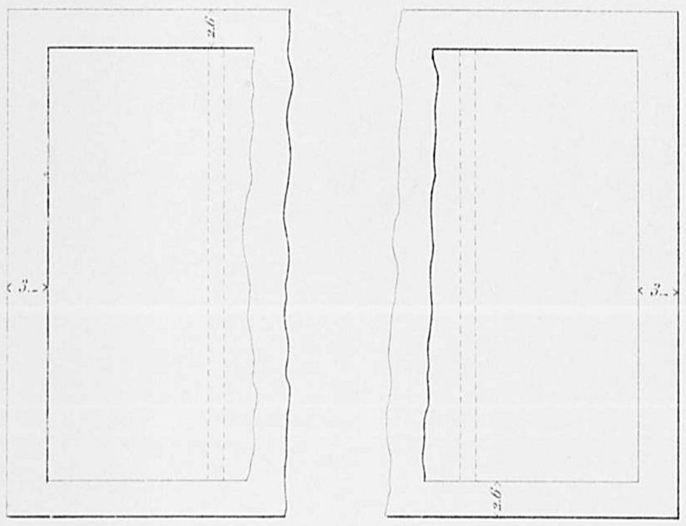


Fig. 12. Platte grond der kazerne met aanwijzing van het zandbed.

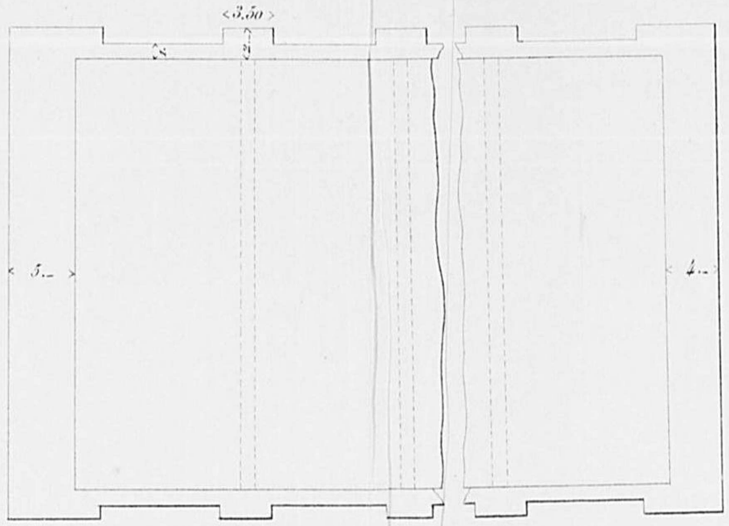


Fig. 1.

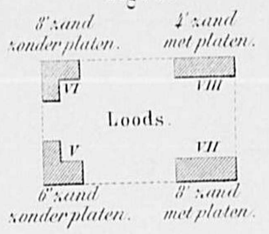


Fig. 2.

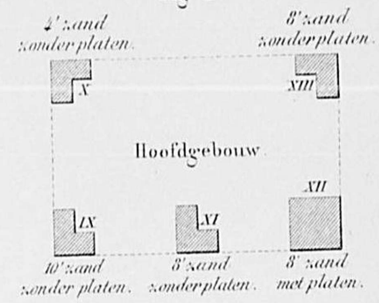
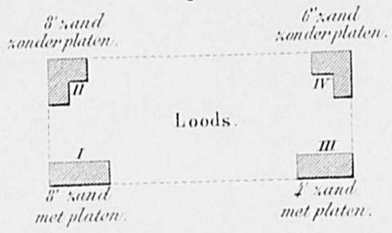


Fig. 4.



4' = 1m.17
6' = 1m.75
8' = 2m.34
10' = 2m.92

Fig. 6. Pyramide.

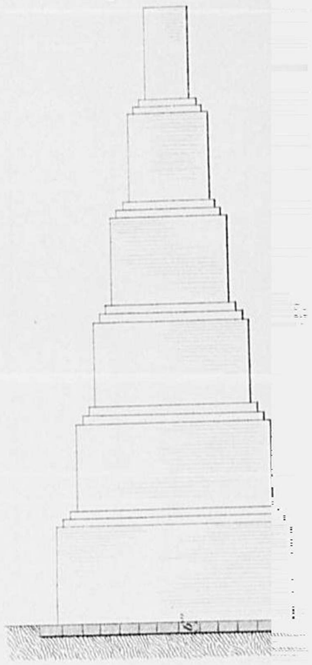


Fig. 5. Regthoekig blok.

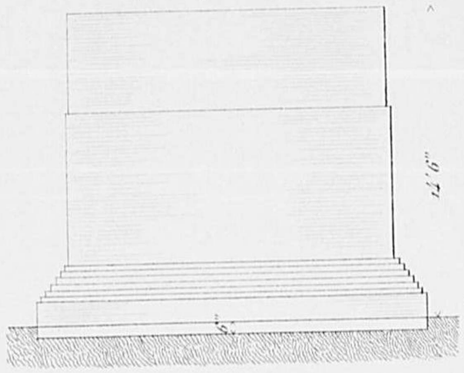


Fig. 14. Doorsnede van de zandbedden onder het paviljoen en de kazerne, met aanwijzing van den benedengrond en van de zetting der beide gebouwen.

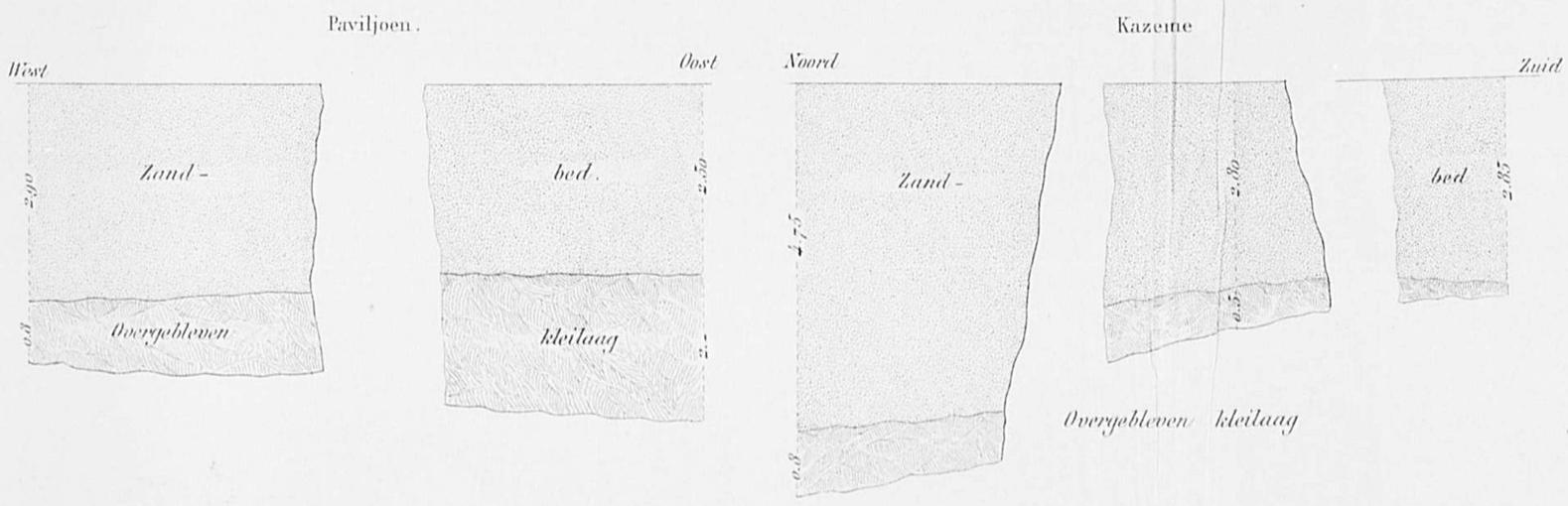


Fig. 8.

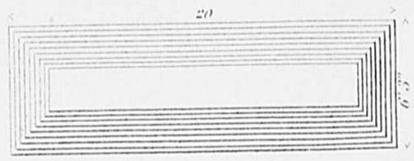
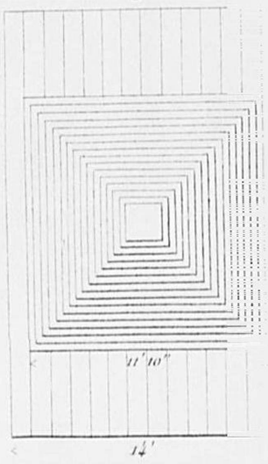


Fig. 9.



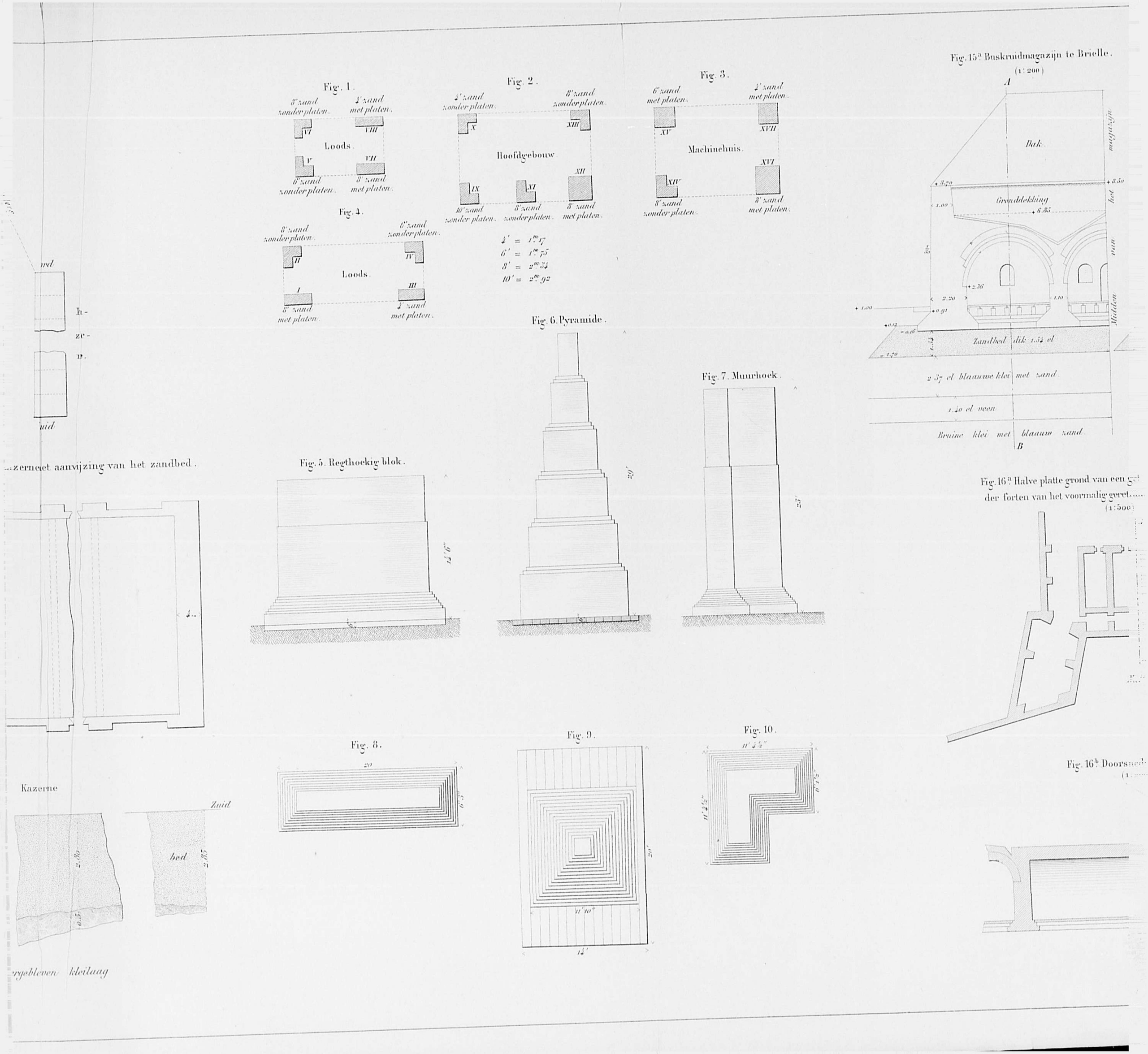


Fig. 1.
8' zand zonder platen.
4' zand met platen.
VI
VIII
Loods.
V
VII
6' zand zonder platen.
8' zand met platen.
Fig. 2.
4' zand zonder platen.
8' zand zonder platen.
X
XIII
Hoofdgebouw.
IX
XI
XII
10' zand zonder platen.
8' zand zonder platen.
8' zand met platen.
Fig. 3.
6' zand met platen.
4' zand met platen.
XV
XVII
Machinehuis.
XIV
XVI
8' zand zonder platen.
8' zand met platen.
Fig. 4.
8' zand zonder platen.
6' zand zonder platen.
II
IV
Loods.
I
III
8' zand met platen.
4' zand met platen.
4' = 1m.17
6' = 1m.75
8' = 2m.34
10' = 2m.92
Fig. 15a Buskruidmagazijn te Brielle.
(1:200)
A
Dak.
Gronddekking
Zandbed dik 1.54 el
2.37 el blaauwe klei met zand.
1.40 el veen
Bruine klei met blaauw zand.
B
Fig. 6. Pyramide.
Fig. 7. Muurhoek.
Fig. 5. Regthoekig blok.
Fig. 16a Halve platte grond van een ge
der forten van het voormalig geret
(1:500)
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 16b Doorsn
Kazerne
Zuid
bed

Fig. 3.

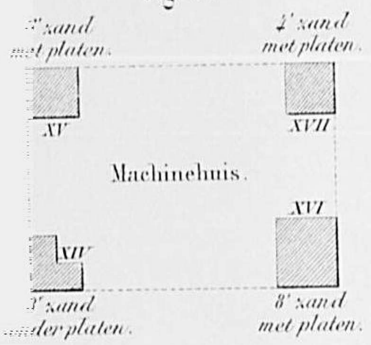


Fig. 15a Buskruidmagazijn te Brielle.
(1:200)

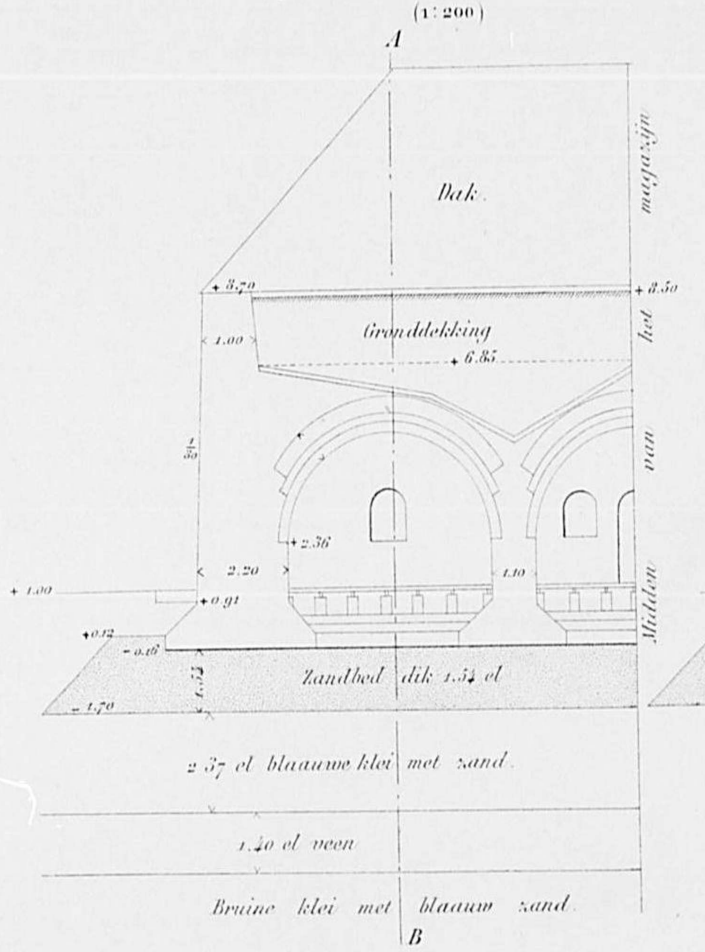


Fig. 15b Doorsnede volgens *AB*.
(1:200)

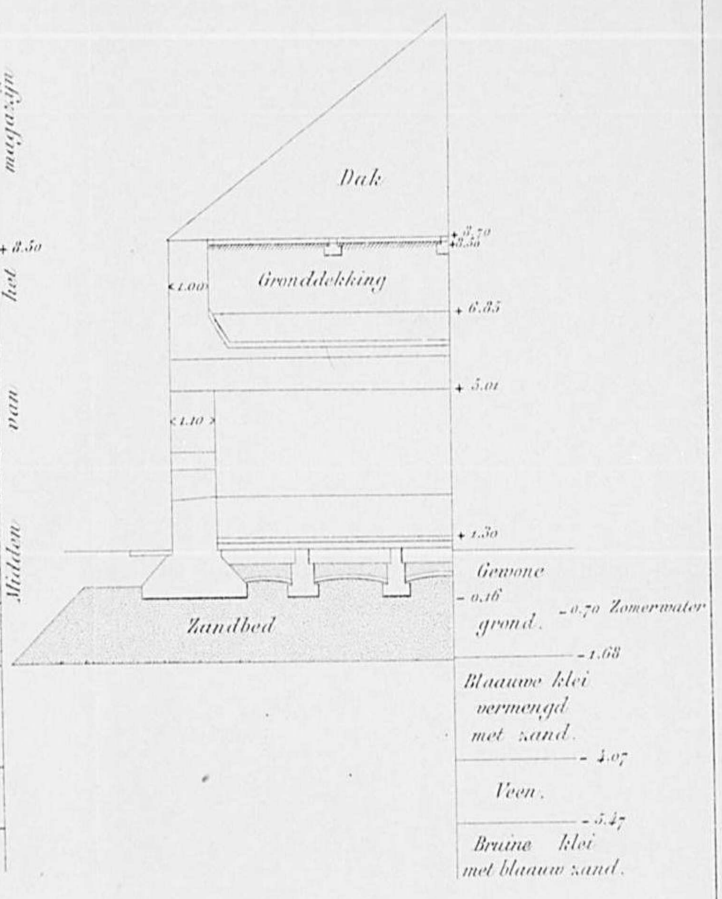


Fig. 7. Muurhoek.

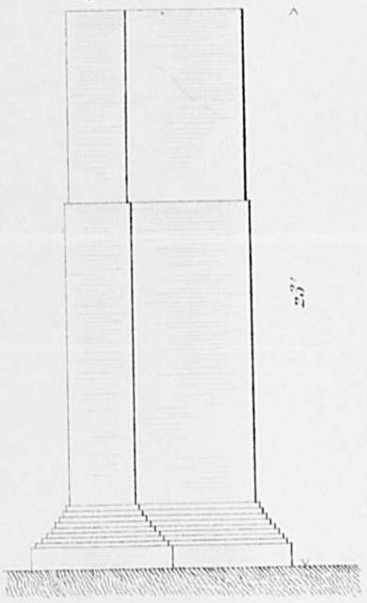


Fig. 16a Halve platte grond van een gebouw tot keelsluiting van een der forten van het voormalig geretrancheerd kamp van Antwerpen.
(1:500)

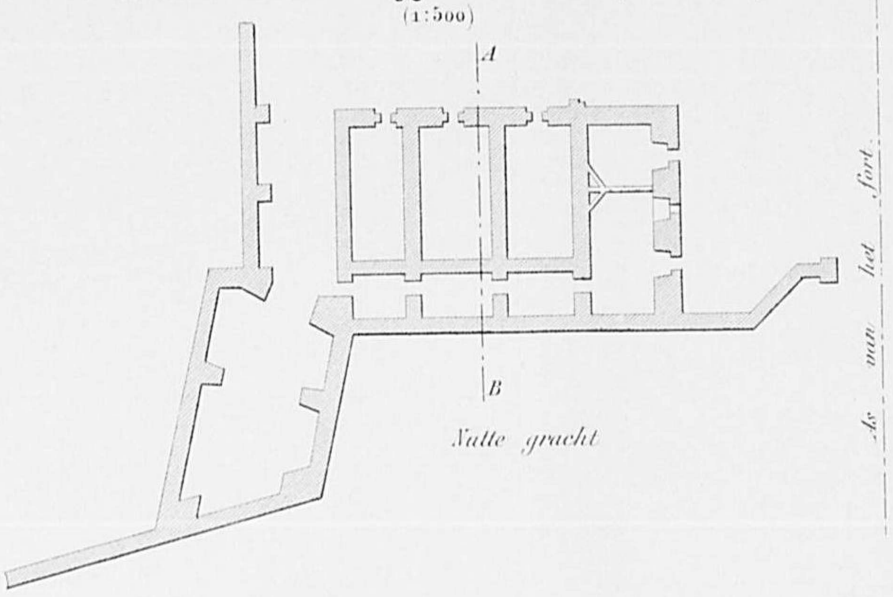


Fig. 10.

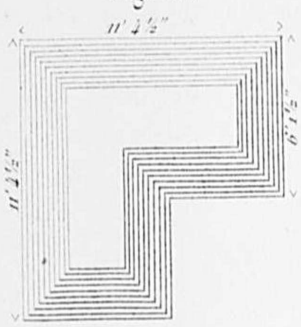
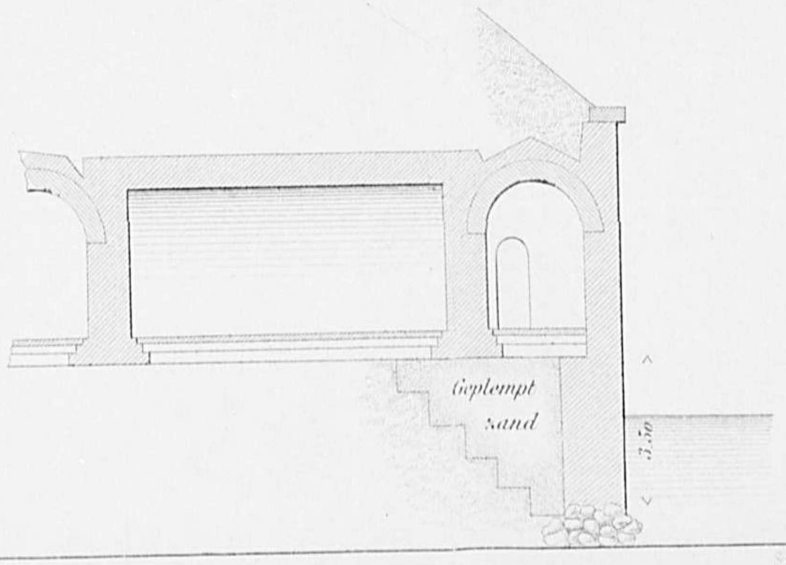


Fig. 16b Doorsnede volgens *AB*.
(1:200)



ZEEWERKEN. DE IJZEREN SLUISDEUREN AAN DE ZEEHAVEN TE GEESTEMUNDE.

Fig. 1. Platte-grond van de sluisdeuren.

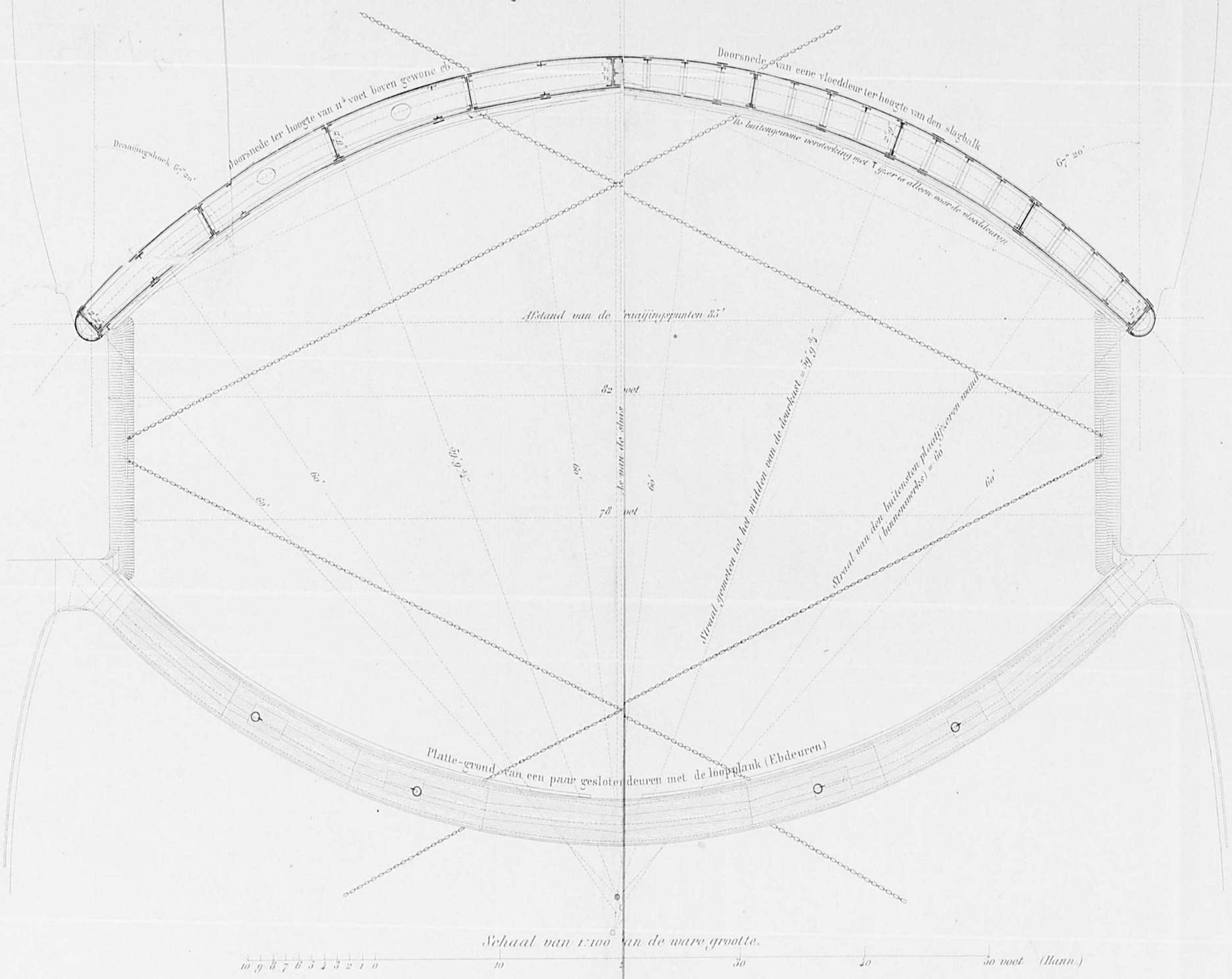


Fig. 2.

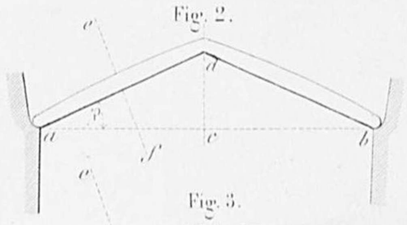


Fig. 3.

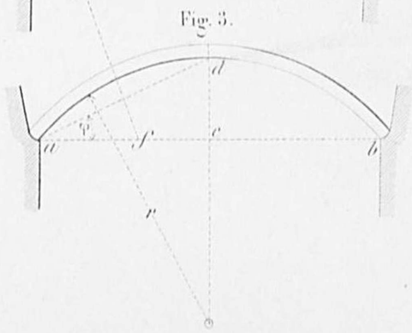


Fig. 4.

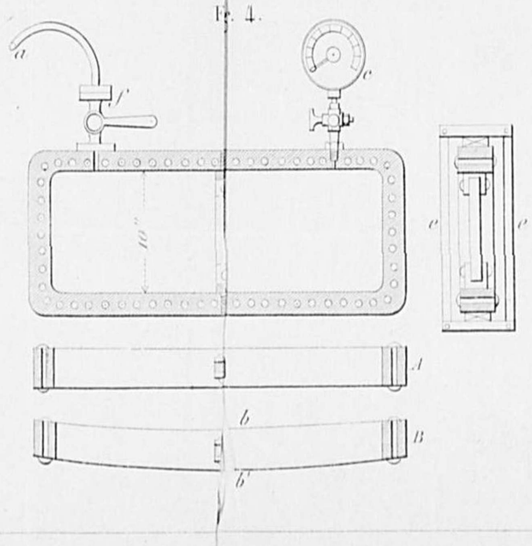
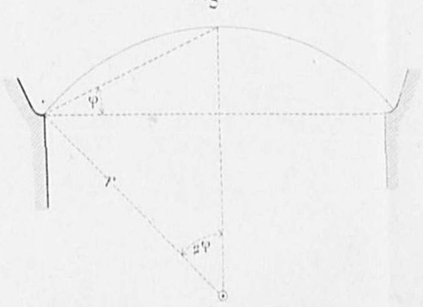


Fig. 5.



Steendr. v. L. & H. v. Langenhuysen.

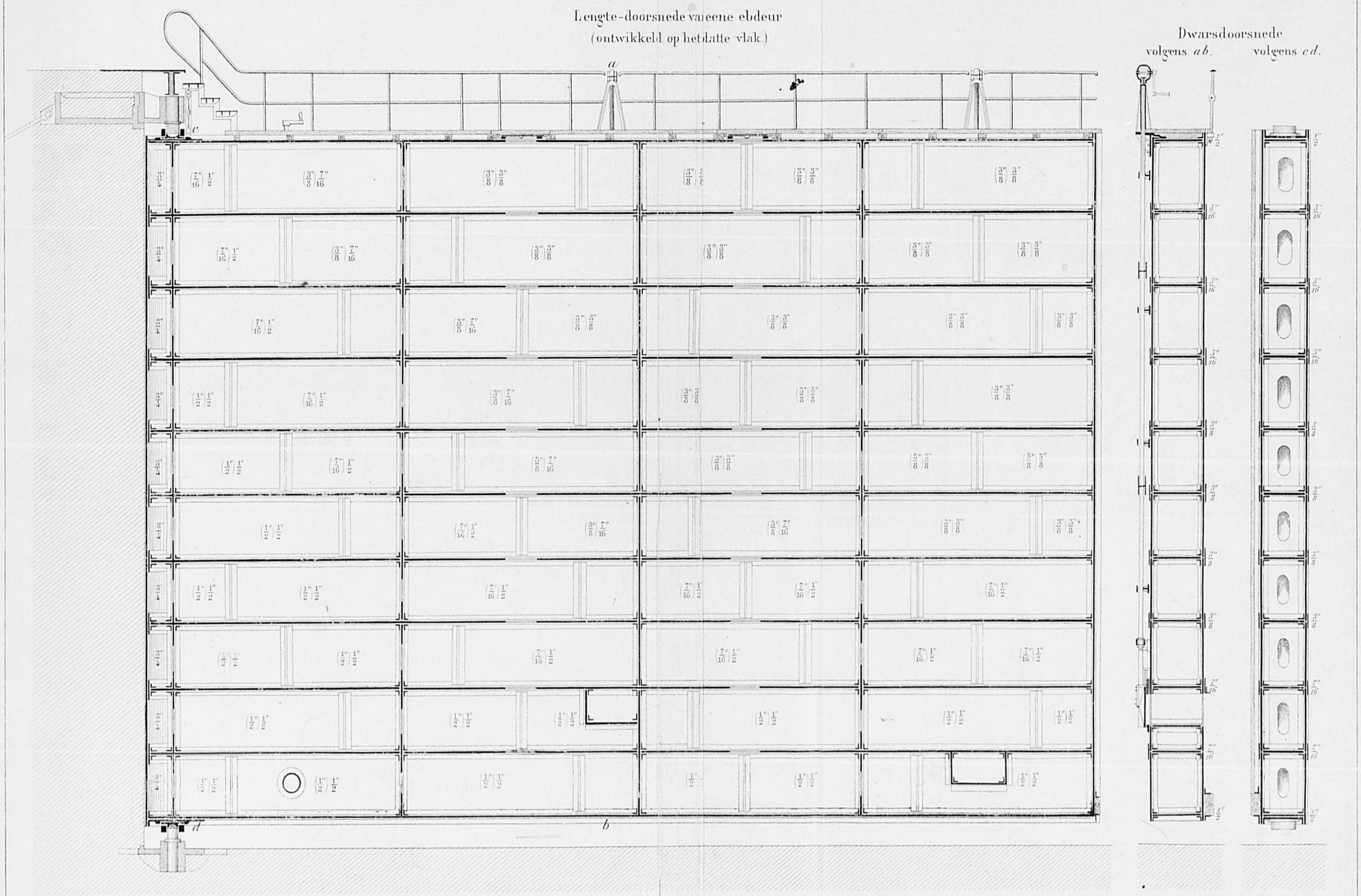
ZEEWERKEN. DE IJZEREN SLUISDEURENAAN DE ZEEHAVEN TE GEESTEMÜNDE.

De cijfers duiden op engelsche maat.
De cijfers tusschen haakjes in de lengte-doorsnede stellen de dikte van de binnenbekleeding voor.

De dikte van de horizontale afscheidingen zijn in de dwarsdoorsnede aangegeven De dikte van de verticale dwarswanden aan het eind en bij de achterhar bedraagt ½ duim, die van de drie middelste dwarswanden ⅜ duim. (Hann.)

Lengte-doorsnede van een deur
(ontwikkeld op het platte vlak.)

Dwarsdoorsnede
volgens *ab*. volgens *cd*.



Steendr. v. I.& H. v. Langenhuysen.

ZEEWERKEN. DE IJZEREN SLUISDEUREN AAN DE ZEEHAVEN TE GEESTEMÜNDE.

Fig. 1. Platte grond van de bovenste tappan.

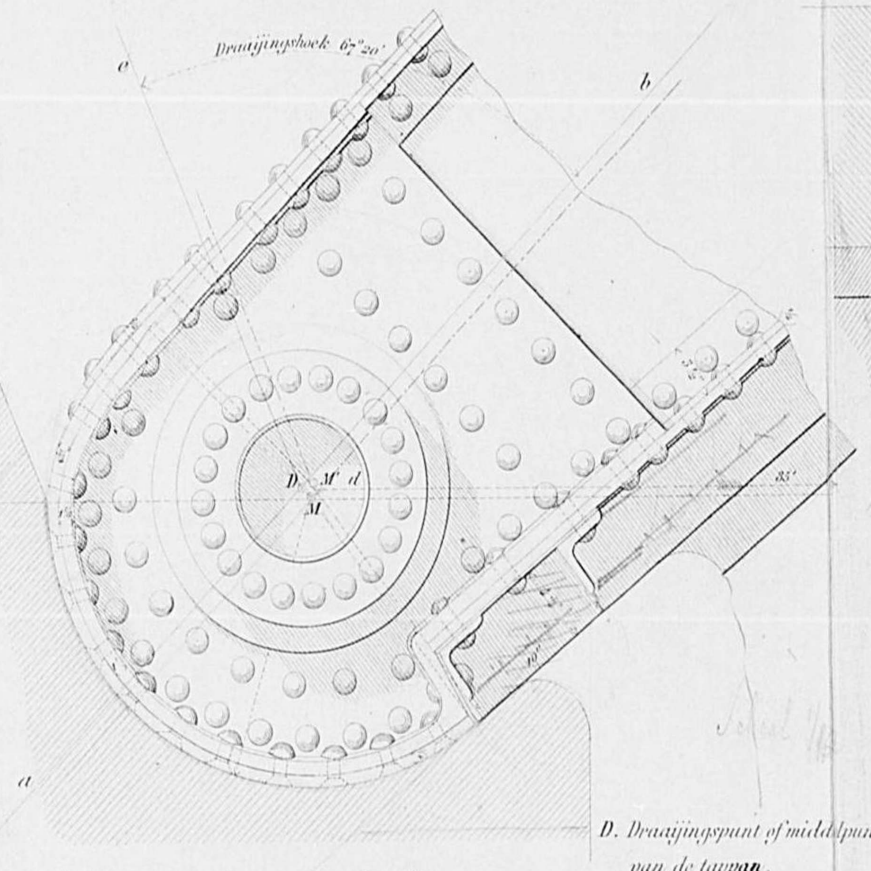
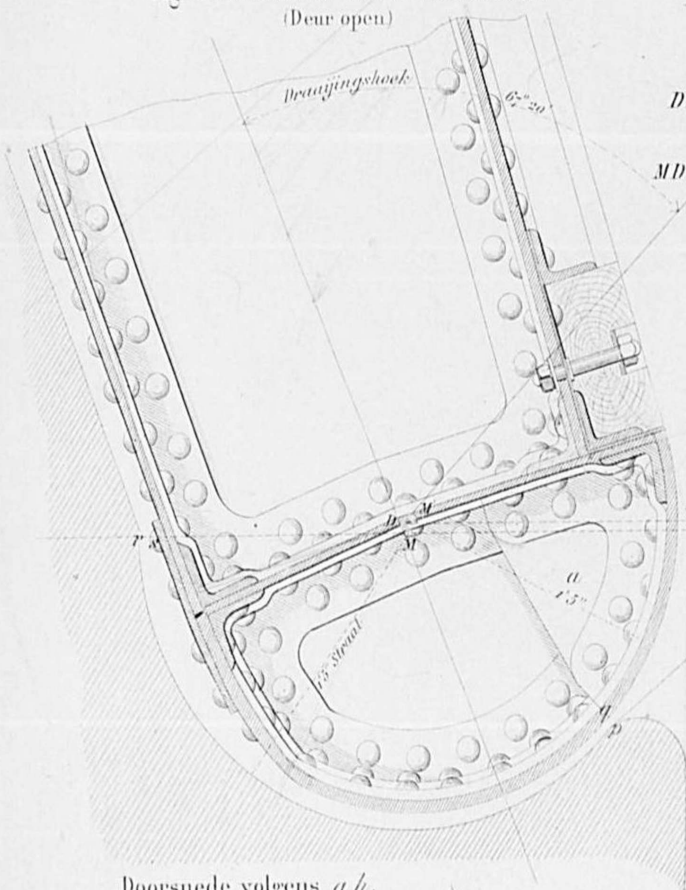
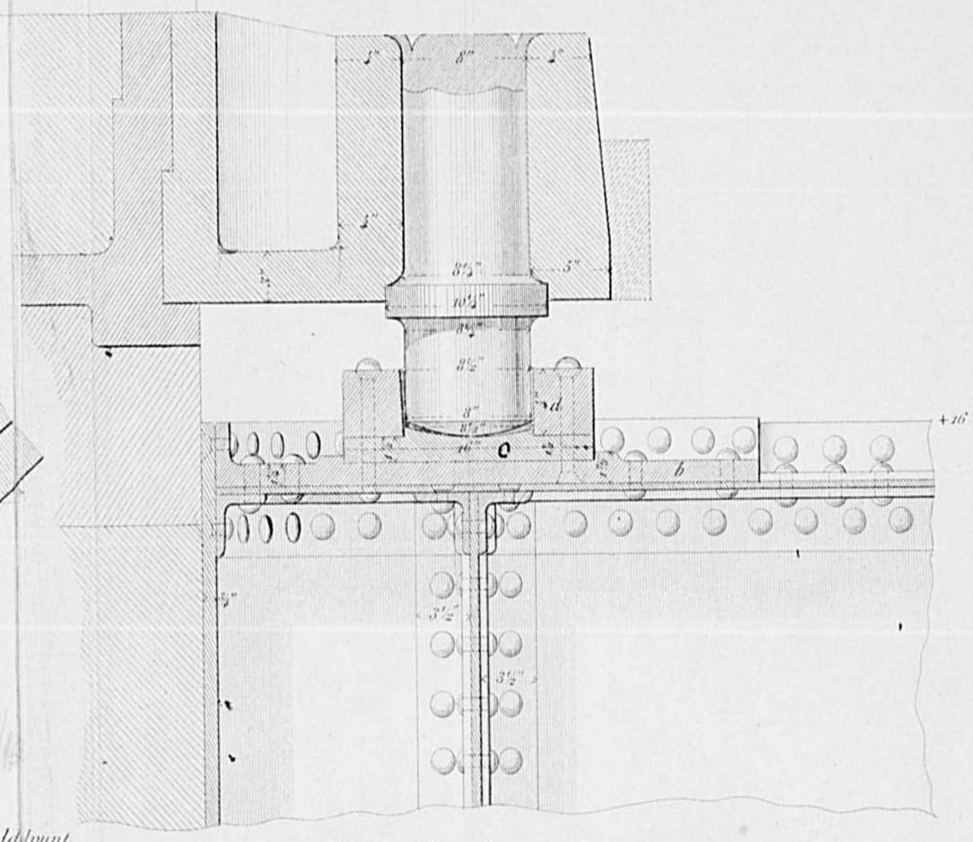


Fig. 2. Doorsnede van de achterhar.
(Deur open)

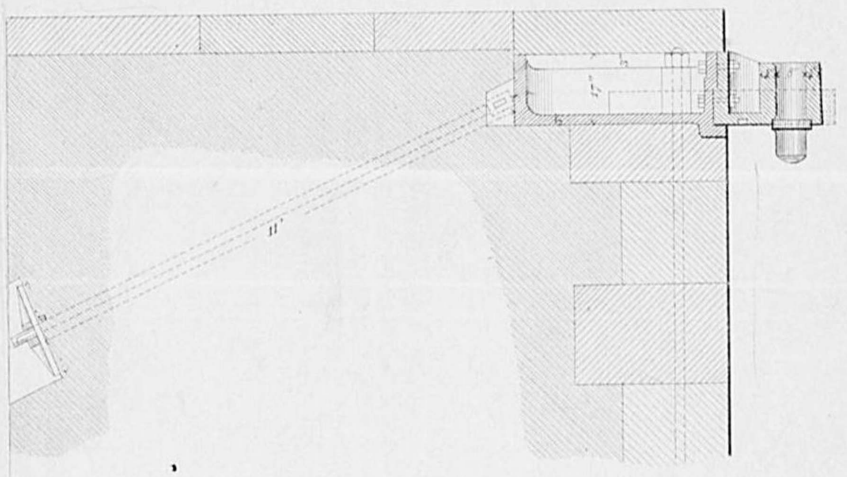


D. Draaijingspunt of middelpunt van de tappan.
M. Middelpunt van de kas en harr, welkpunt bij het opendraaijen naar R voortschrijdt.
DM. Excentriciteit of uitmiddelpuntigheid = ¾ duim (Hanns.)
MDM' Draaijingshoek = c Db 67°20'
rs = pq = speelruimte = ¼ duim. (Hanns.)

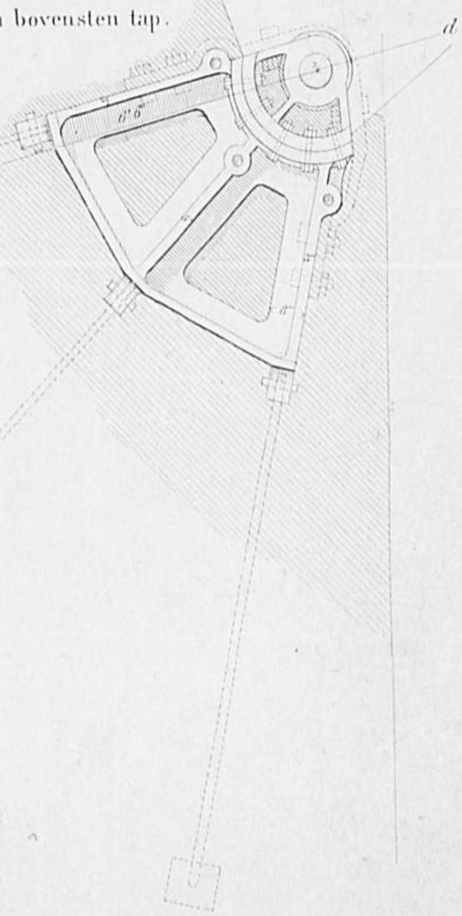
Doorsnede volgens *ab*.



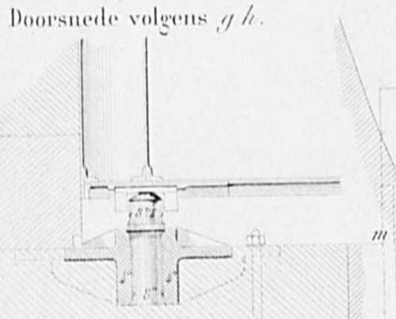
Doorsnede volgens *cd*.



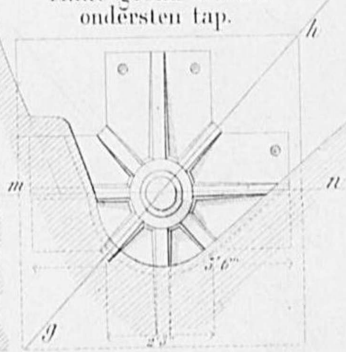
Platte grond van den bovensten tap.



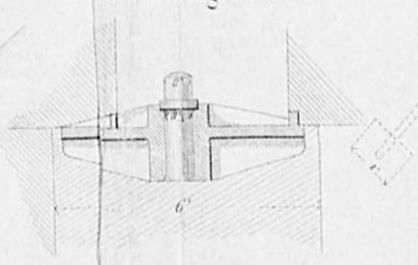
Doorsnede volgens *gh*.

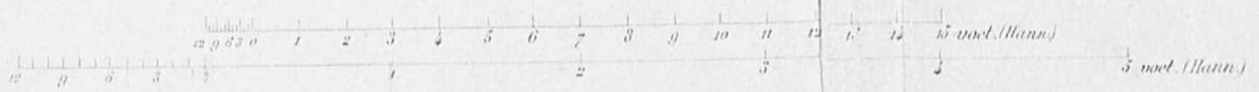


Platte grond van den ondersten tap.



Doorsnede volgens *mn*.





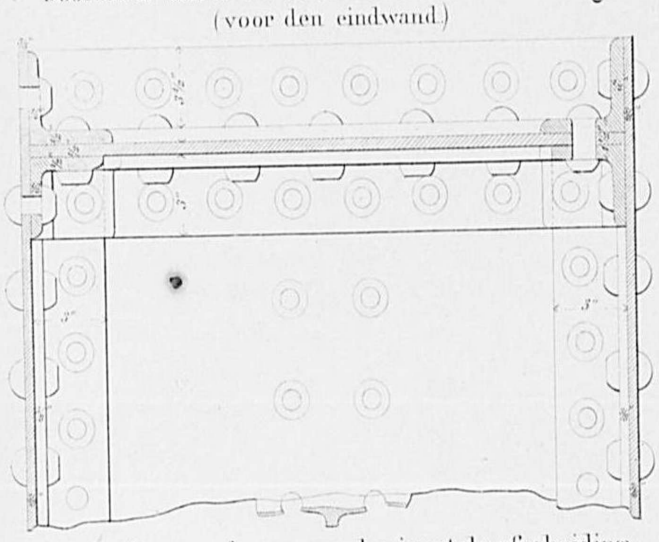
Steendr. v. I. & H. v. Langenhuysen

ZEEWERKEN. DE IJZEREN SLUISDEUREN AAN DE ZEEHAVEN TE GEESTEMÜNDE.

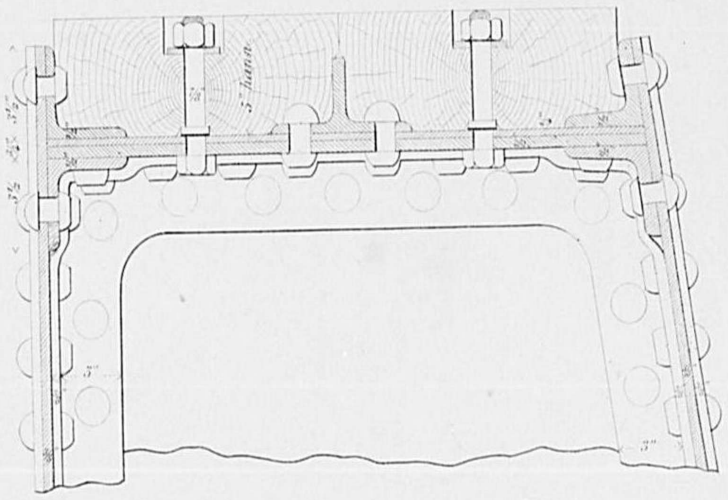
Details van de sluisdeuren.

De maten zijn engelsch.

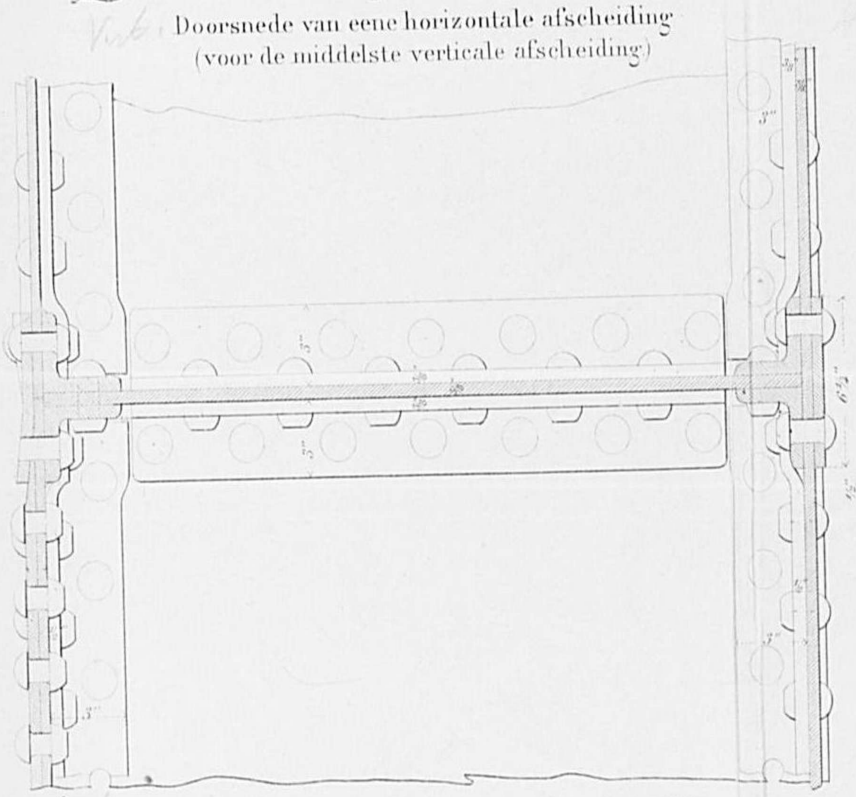
Doorsnede van de bovenste horizontale afscheiding (voor den eindwand.)



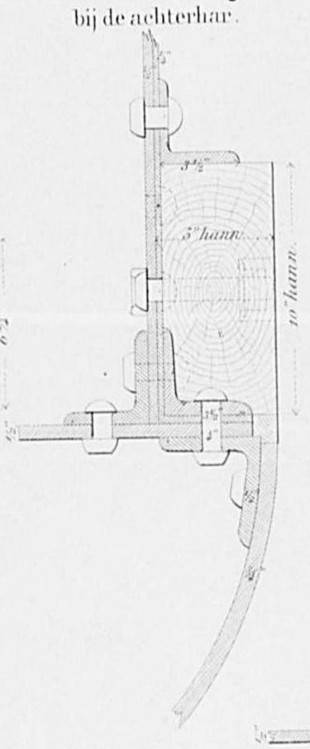
Doorsnede van den verticalen eindwand.



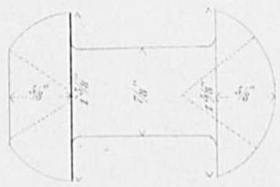
Doorsnede van eene horizontale afscheiding (voor de middelste verticale afscheiding)



Doorsnede van den aanslag bij de achterhar.



Klinkbout voor de platen van ½" en 7/16" dikte.

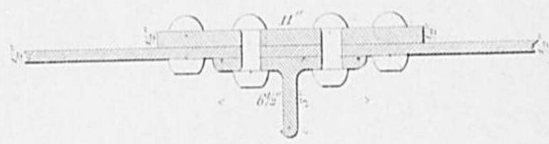


Klinkbout voor de platen van ⅜" en 5/16" dikte.

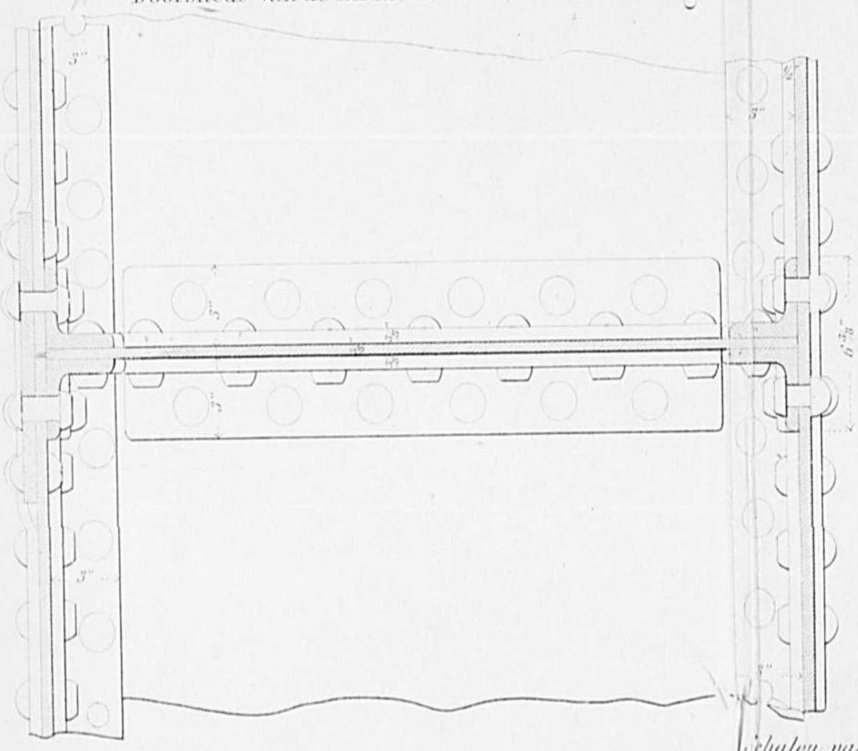


½ der ware grootte

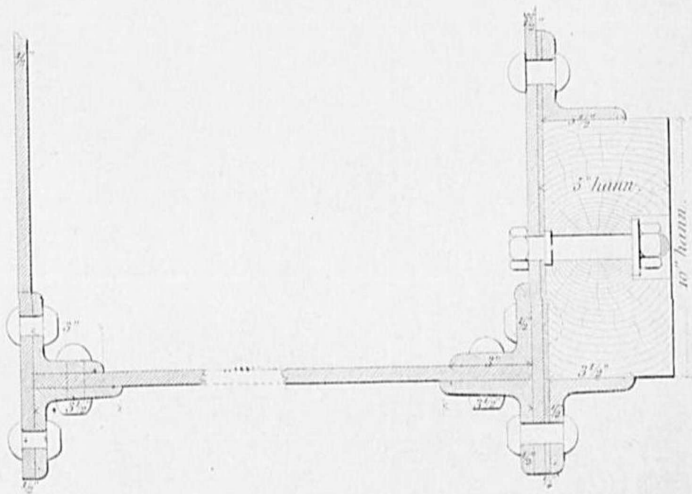
Verticale stootverbinding.



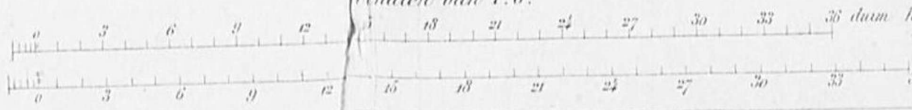
Doorsnede van de middelste verticale afscheiding.



Doorsnede van de bodemplaat.



Schalen van 1/8.

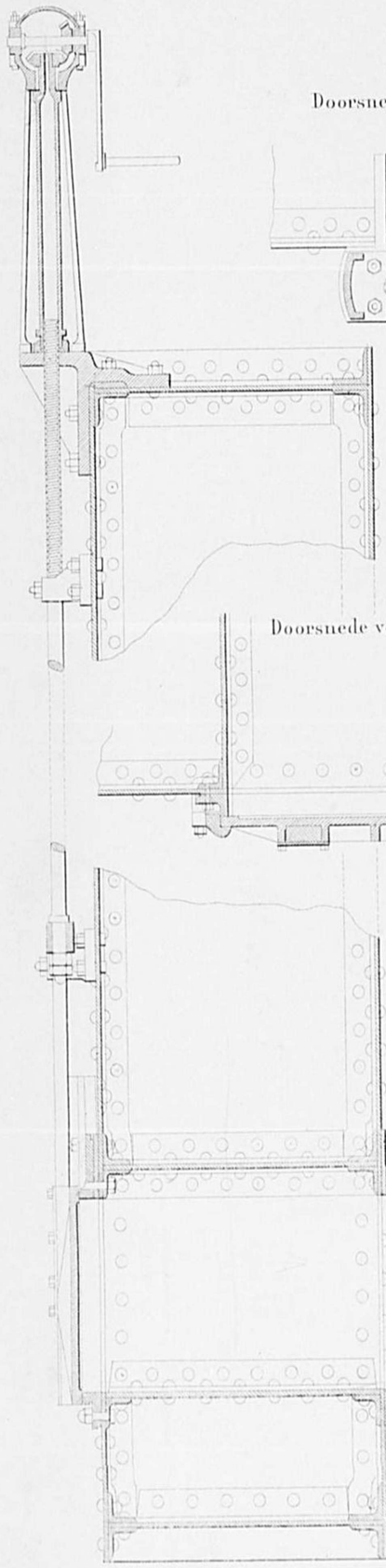


Steendr. v. J. & H. v. Langenhuysen.

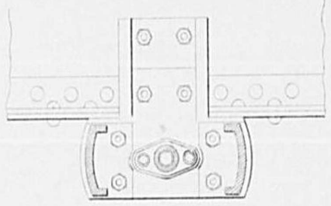
ZEEWERKEN. DE IJZEREN SLUISDEUREN AAN DE ZEEHAVEN TE GEESTEMUNDE.

SCHUIF EN TOEBEHOOREN VOOR DE EBDEUREN.

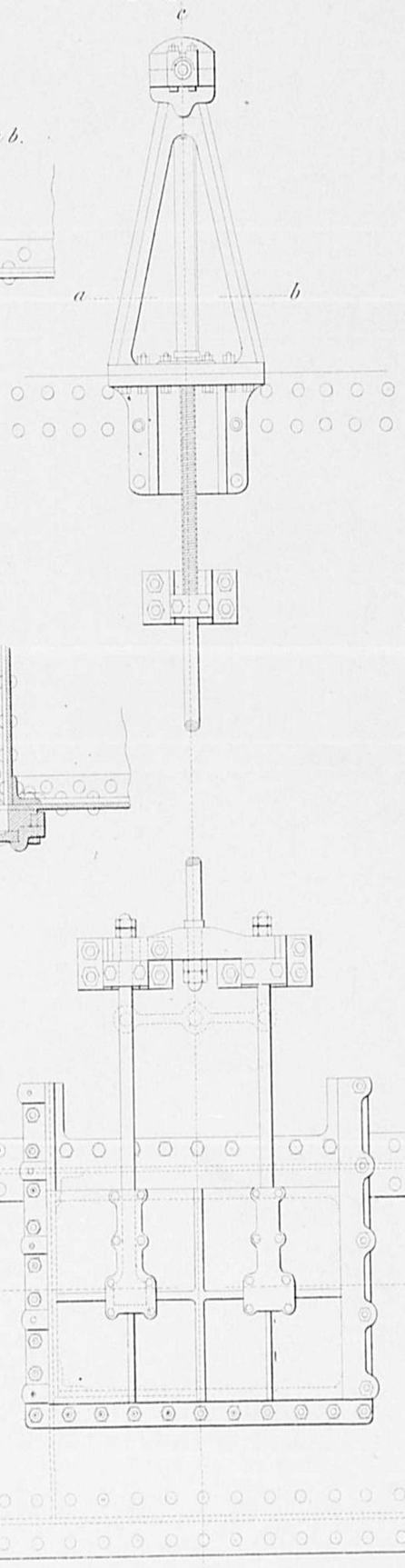
Verticale doorsnede volgens *c d*.



Doorsnede volgens *a b*.



Standgezigt van voren.

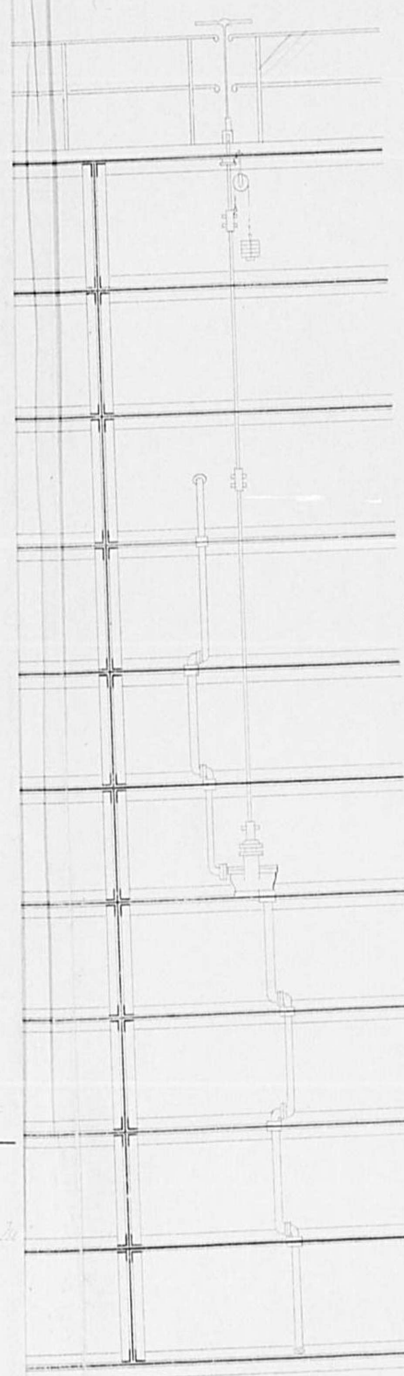


Doorsnede volgens *g h*.

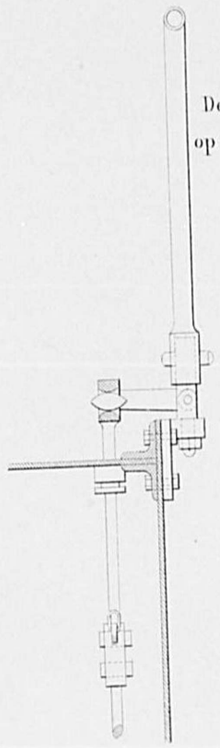
d

DRUKPOMP.

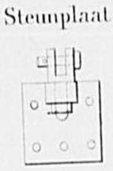
Pomp, van voren gezien.



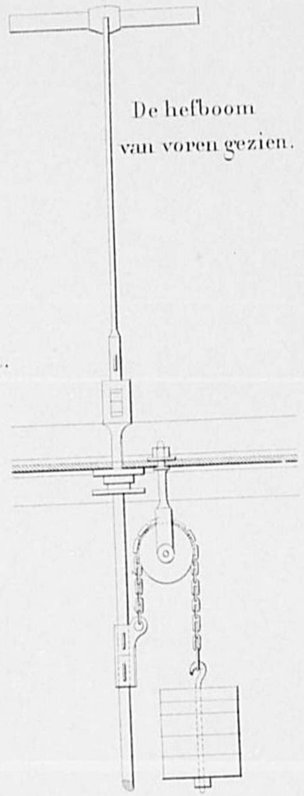
De hefboom op zijde gezien.



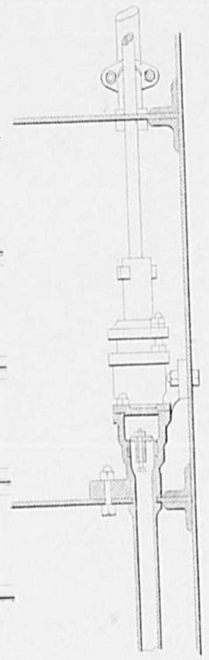
Steunplaat.



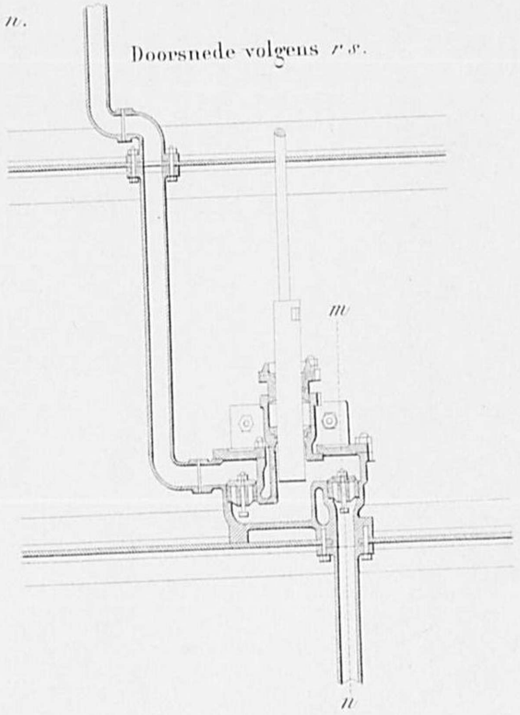
De hefboom van voren gezien.



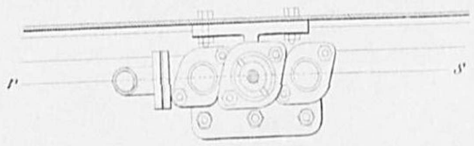
Doorsnede volgens *m n*.



Doorsnede volgens *r s*.



Platte-grond.



Schaal voor het standgezigt der pomp van voren.

12 6 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 voet.

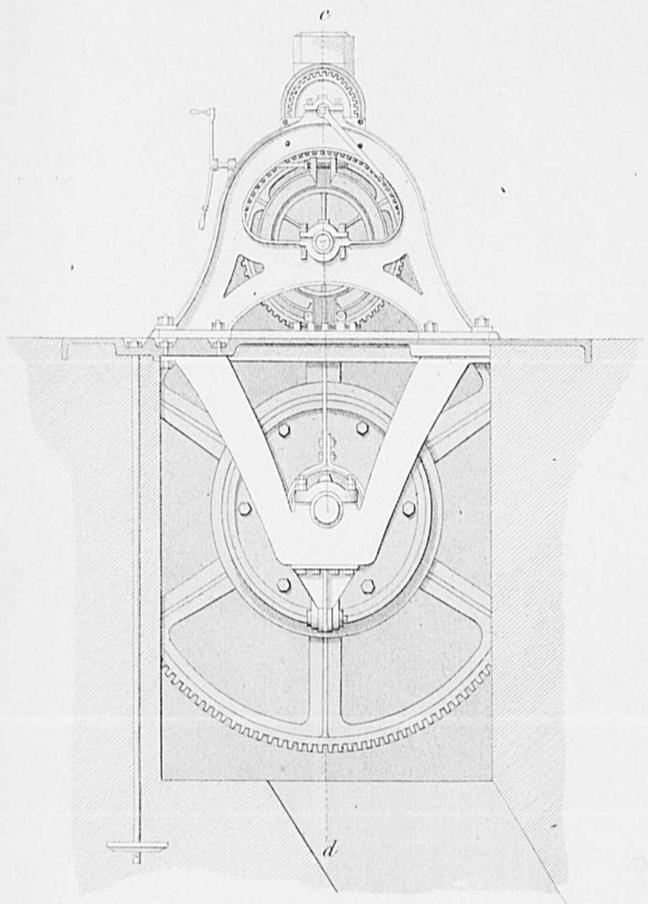
12 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 voet.

Steendr. v. J. & H. v. Langenhuysen.

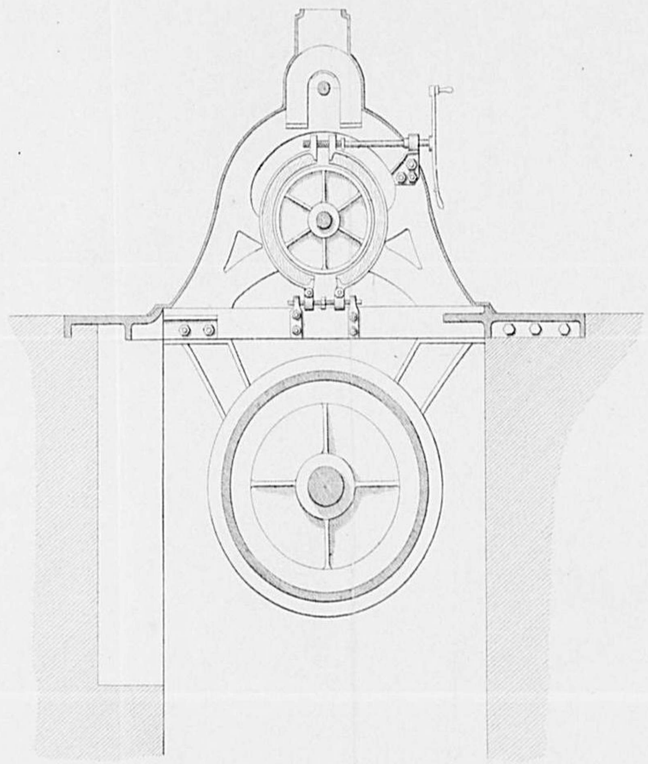
ZEEWERKEN. DE IJZEREN SLUISDEUREN AAN DE ZEEHAVEN TE GEESTEMÜNDE.

Dubbel windwerk tot het sluiten van de vloed- en eerste ebbedeuren.

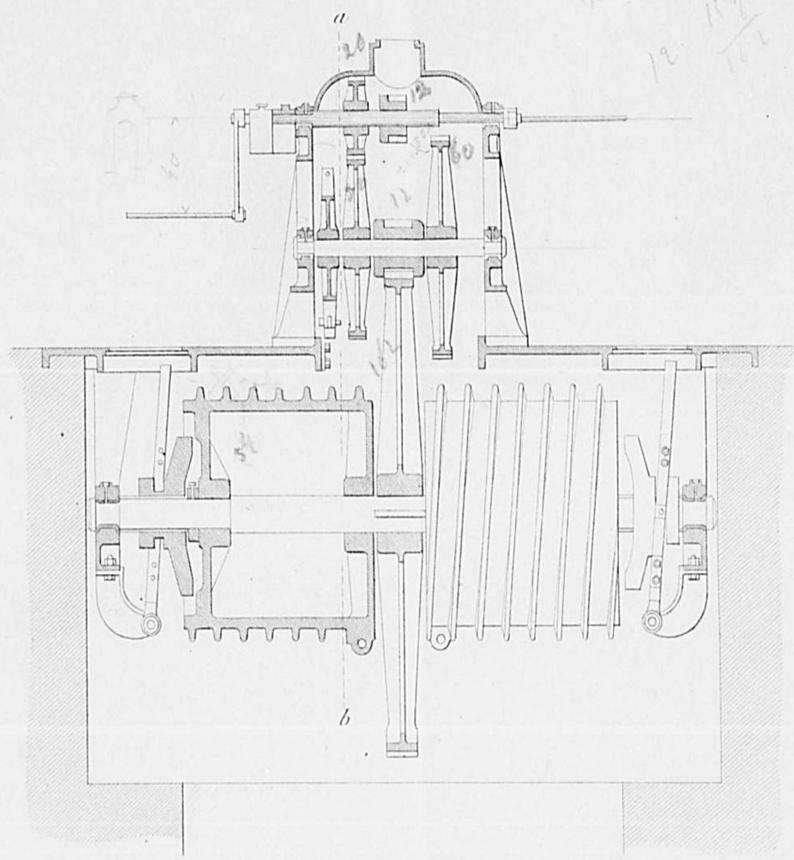
Standgezigt ter zijde.



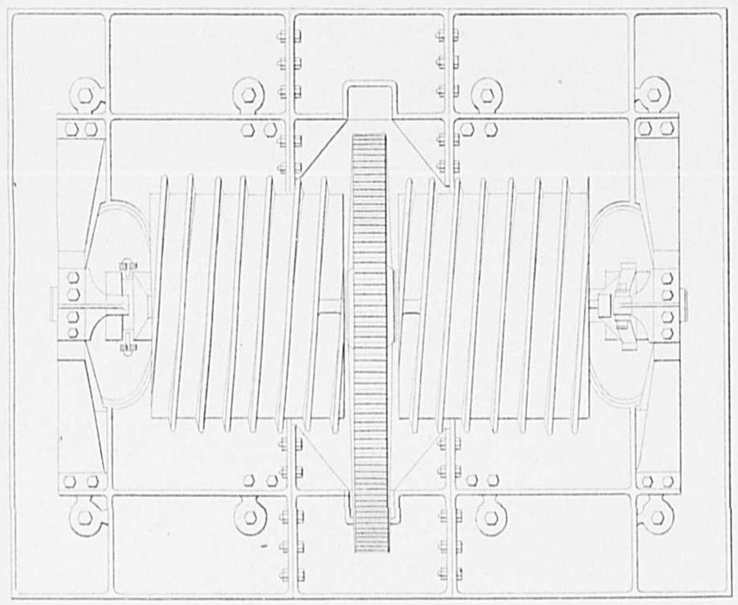
Doorsnede volgens *ab*.



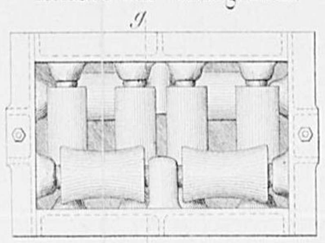
Doorsnede volgens *cd*.



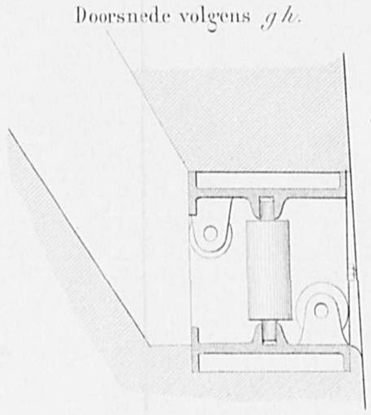
Standgezigt van onderen.



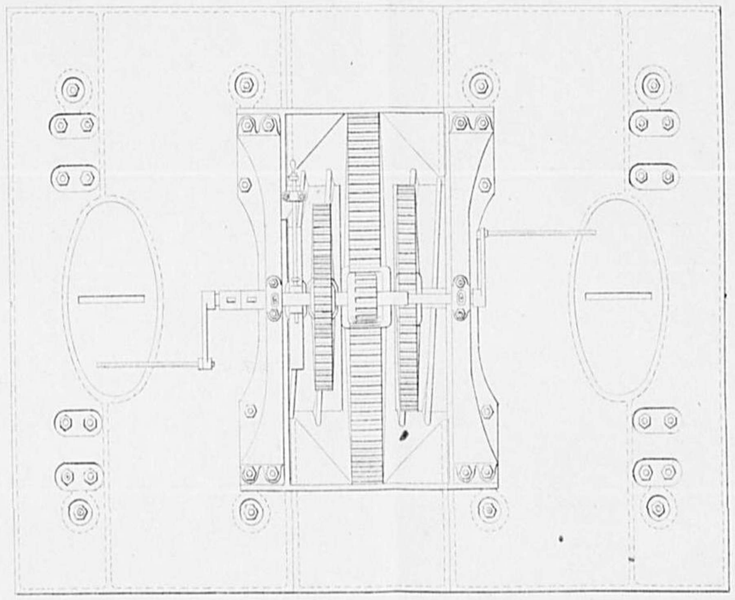
Rolkast van voren gezien.



Doorsnede volgens *gh*.



Standgezigt van boven.





Steendr. v. J. & H. v. Langenhuysen.

SCHEEPVAART BINNENSLANDS.

KETTING-STOOMSLEEPVAART OP DE SEINE. KETTINGSLEPER „LA VILLE DE SENS".

Fig. 1. Opstand en doorsnede.

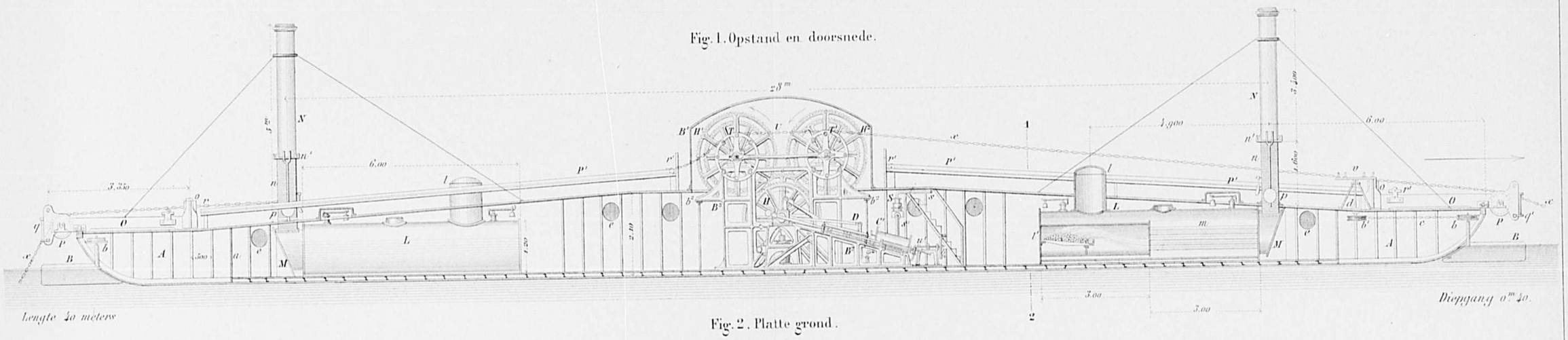
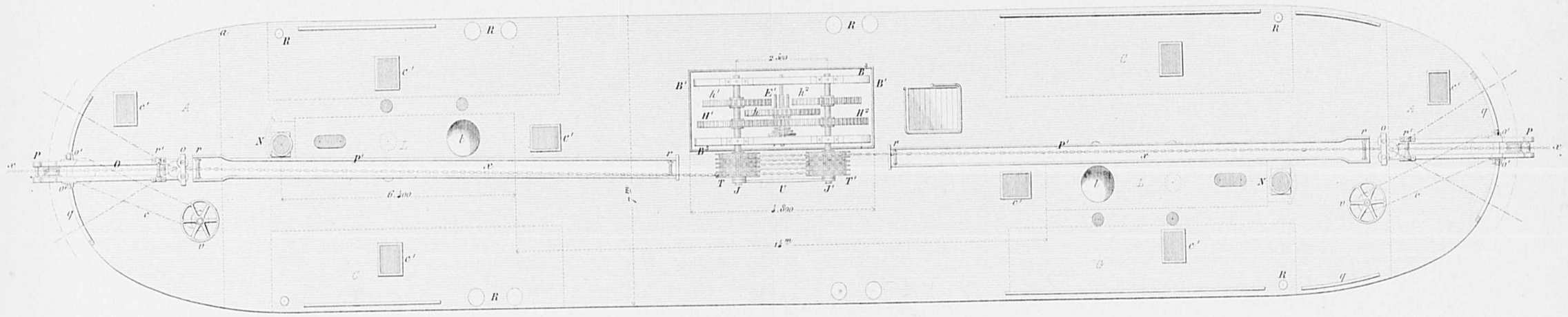


Fig. 2. Platte grond.



Bewegings-toestel.

Fig. 4.

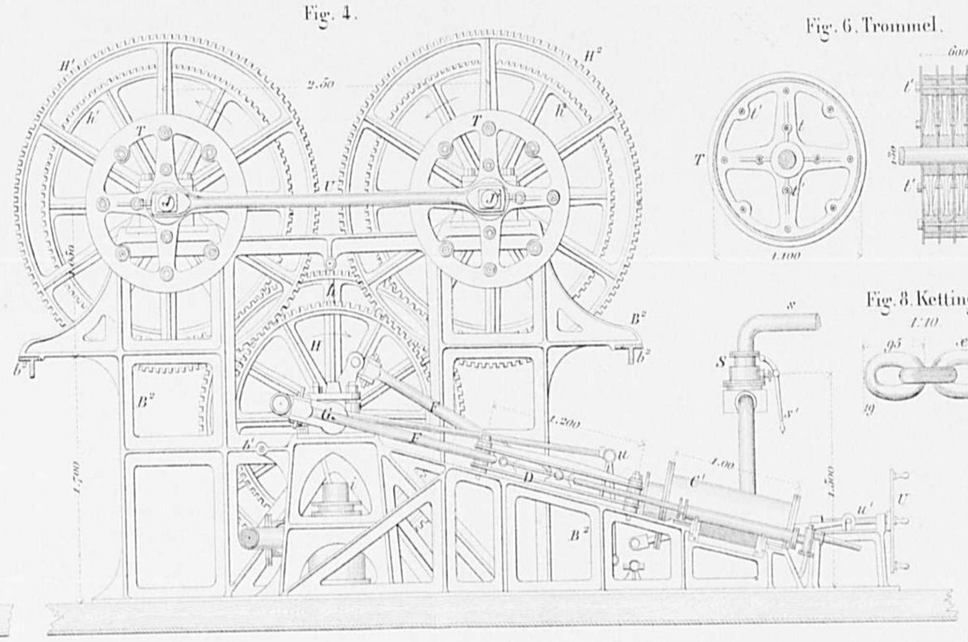


Fig. 5.

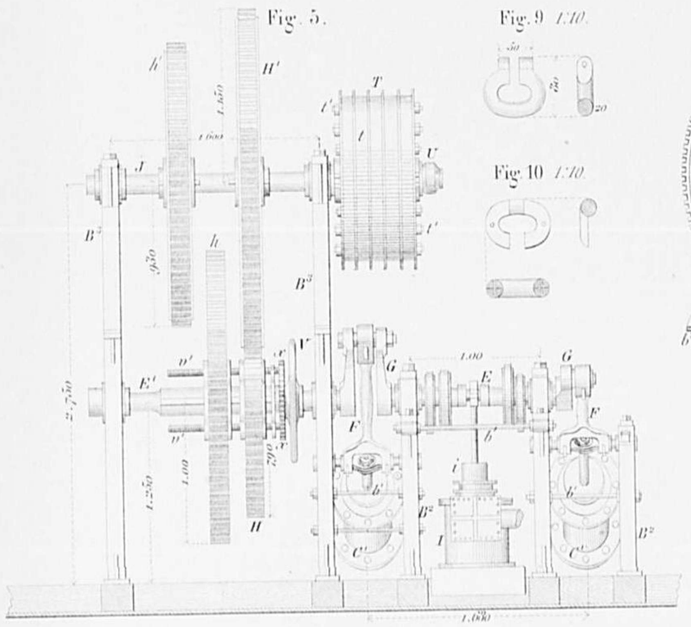


Fig. 9. 1:10.

Fig. 10. 1:10.

Fig. 6. Trommel.

Fig. 8. Ketting.

Fig. 3.

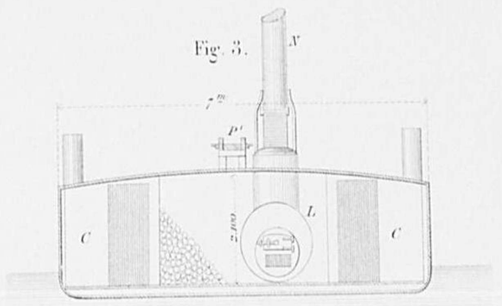
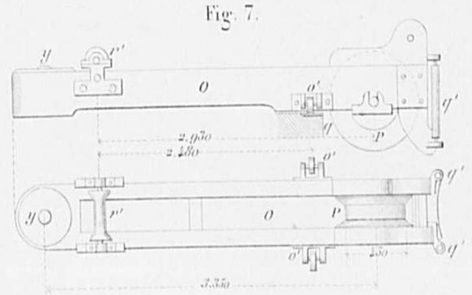


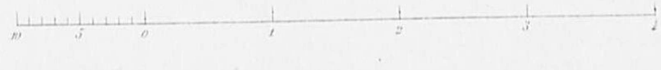
Fig. 7.



Schaal voor fig.s 1-3.



Schaal voor fig.s 4-6.



Steendr. v. J. & H. v. Langenhuysen.