HET VERNIELEN VAN BRUGGEN.

(*Vervolg van N°. 9, blz. 556.*)

II STEENEN BRUGGEN.

De wijze, waarop een brug vernield moet worden, hangt, behalve van den beschikbaren tijd tot het nemen der voorbereidende maatregelen, voornamelijk van de constructie af. Er kunnen zich namelijk drie gevallen voordoen: de bruggen kunnen zijn van *steen*, *hout* of *ijzer*. Wij zullen hier vooreerst op de steenen bruggen onze aandacht vestigen.

Bij voldoenden tijd, zal men, om steenen bruggen te vernielen, tot het springen van de pijlers overgaan, daar men hierdoor niet alleen twee bogen vernielt, maar ook den vijand het herstellen moeilijker maakt. Rust de brug alleen op landhoofden, dan is natuurlijk hetzelfde hierop van toepassing.

A. HET VERNIELEN VAN STEENEN BRUGGEN DOOR HET SPRINGEN VAN DE PIJLERS.

Bij het vernielen van de pijlers of landhoofden komen de volgende punten in aanmerking:

1°. *de keus van den pijler*,
2°. *de plaats van de mijnkamers*,
3°. *het maken van de mijnkamers*,
4°. *de lading*,
5°. *de opstopping*,
6°. *de ontsteking*.

1°. *De keus van den pijler.*

Somtijds zijn, bij den bouw van de brug, reeds een of meer pijlers van mijnkamers voorzien geworden. Alsdan zal hierdoor natuurlijk, indien namelijk de

goede gekozen zijn, de keus bepaald zijn. Is dit niet het geval, dan zal de plaatselijke gesteldheid van de brug aanwijzen, wat het voordeeligst is.

Men zal b.v. bij voorkeur die pijlers nemen, waar de waterdiepte het grootst is; niet die, welke op den uiterwaard gebouwd zijn, daar hier naderhand voor den vijand het doen der vereischte herstellingen het gemakkelijkst zou zijn. Evenzoo is het in zeer veel gevallen voordeelig een pijler te nemen aan den kant van den eigen oever, daar men hierdoor den vijand dwingt de voor de herstelling vereischte werkzaamheden op een smal front te verrichten en men hem meer onder het vuur kan houden.

2°. *De plaats van de mijnkamers.*

In de eerste plaats komt in aanmerking, of men ze onder in een mijnput, hetzij in den pijler of achter het landhoofd, of aan het eind van een gang in den pijler of in het landhoofd zal aanleggen; ten tweede, wáár dit zal moeten geschieden.

Het maken van gangen in den pijler zal, wanneer men goede gereedschappen heeft en de bodem droog is, of vlotten of stellages voorhanden of te maken zijn, behalve bij zeer dikke pijlers de voorkeur verdienen, daar dit werk, zooals later zal blijken, spoediger vordert, de gemeenschap over de brug niet belemmerd wordt, en omdat bovendien, zoo men in de nabijheid van den vijand moet werken, de pijlers aan de arbeiders meer dekking opleveren.

Bij rivieren echter, waar de waterspiegel aan groote veranderingen onderhevig is, zou men de mijnkamers in twee étages moeten aanleggen: één op middelbaar en één op hoog niveau. In dit geval zullen echter putten de voorkeur verdienen (1).

Wel zal hierin ook altijd water komen, maar men kan den bodem door het inwerpen van zandzakken verhoogen, terwijl ook hierbij het uitpompen of uitscheppen gemakkelijker gaat. Putten hebben bovendien het voordeel, dat zij gemakkelijker geladen kunnen worden. Men kan waterdichte buskruitkisten bij het leger meevoeren, geleiding, enz., in gereedheid gemaakt hebben,

---

(1) De spoorwegbrug (ijzeren traliebrug) van Neuberun, over den Weichsel, op de grens van Oostenrijk en Pruisen, telde 11 pijlers op 10^m afstand, terwijl de 7de pijler de grensscheiding vormde. Reeds den 18den Juni 1866, nog vóór de vijandelijkheden begonnen waren, hadden de Pruisen pijler N°. 8 doen springen. In de 9^m lange, 2^m dikke pijlers waren in twee verdiepingen mijnkamers gemaakt, daar de hoogte der pijlers boven den gemiddelden waterstand nog $5^m,5$ bedroeg. De pijlers 5 en 6, waarboven de traliewand niet afgebroken was, hadden ieder 8 cilindervormige kamers. De 4 bovenste hadden een hoogte van 1^m, waarboven de traliewand niet afgebroken was, en een middellijn van $0^m,21$; de 4 onderste waren even wijd, doch tweemaal zoo hoog; de laad- en ontlaadkanalen waren slechts $0^m,04$ wijd, welke afmetingen bij het gebruik veel te klein bleken te zijn. De lading per kamer was voor de bovenste 24^k, voor de onderste 48^k, dus per pijler te zamen 288^k, terwijl voor het laden een tijdsruimte van 8 uur gevorderd werd. Den 18den Juni deden de Oostenrijkers deze 2 pijlers springen, waarbij de ontsteking door electriciteit geschiedde. De 16 mijnen sprongen gelijktijdig; pijlers 5 en 6 werden tot den bodem toe vernield, terwijl pijler 7, waarboven de traliewand afgebroken was, door den stoot vernield werd. De ijzerconstructie brak boven den 5den pijler.

zoodat men de kisten slechts in de putten behoeft neer te laten, terwijl voor de opstopping grond, enz. in de onmiddellijke nabijheid kan aangevoerd zijn. Is het dus vooruit te zien, dat men spoedig zal moeten terugtrekken, zoo zal men het best doen vooraf putten in gereedheid te maken, om die later op het gewilde oogenblik te doen springen.

Is nu bepaald of men mijngangen of putten zal maken, dan moeten de plaats, alsmede het aantal mijnkamers vastgesteld worden.

In den regel legt men, bij gangen, de kamers aan in het midden van de pijlers of landhoofden. Bij deze laatsten echter ook dikwijls dieper, tot op $^3/_4$ der dikte, of ook wel geheel er achter, voor meer volkomen vernieling.

Wat het aantal betreft, dient het volgende.

Het *Aide-mémoire* van LAISNÉ (1) geeft aan, dat, als de pijlers $1^m,2$, $1^m,5$, $1^m,8$ of $2^m,7$ dik zijn, men er 2 kamers in moet maken.

WERMANN zegt, dat als de pijlers $1^m,5$ tot $1^m,8$ dik en 6^m tot 8^m lang zijn, men in elken pijler 2 kamers moet maken. Tot bepaling der plaats, deelt hij de lengte van den pijler in 4 deelen, en maakt de kamers in de beide uiterste deelpunten. Bij 2^m tot 3^m dikke pijlers zijn 3 kamers noodig.

Het komt ons echter beter voor, zich te houden aan den volgenden algemeenen regel, in den oorlog van 1866 aan de Oostenrijksche genie voorgeschreven (2). De beide uiterste mijnkamers moeten op een afstand van de uiteinden der pijlers gelegen zijn, gelijk aan de halve pijler-dikte, de overige zoodanig tusschen de uiterste verdeeld, dat haar onderlinge afstand gelijk of iets minder dan de pijlerdikte wordt.

Het aantal vastgesteld zijnde, moet bepaald worden, hoe men de mijnkamers zal maken, hetzij door voor elke kamer een afzonderlijken gang of put te maken, hetzij door uit een gang of put rechts en links uit te breken en aan het eind van elk dier gangen een mijnkamer te maken. Zulks hangt voornamelijk af van den tijd en het aantal mineurs, waarover men beschikken kan.

Heeft men manschappen (en bij putten achter de landhoofden materieel) genoeg, dan zal natuurlijk het werk spoediger gaan door voor elke kamer een afzonderlijken gang of put te maken, daar men dan gelijktijdig kan werken. Hiertegenover staat echter het nadeel, dat de opstopping slechter wordt, en men dus een grooter lading moet gebruiken.

De Oostenrijkers hebben in den oorlog van 1866 altijd voor elke kamer een gang of put gemaakt.

Wat de plaatsing van de kamers zelve aangaat, men maakt ze liefst nooit aan het hoofd van een gang, maar zoo mogelijk altijd zijwaarts, daar dit een groot verschil in uitwerking geeft. Verder kunnen zij, wat betreft het peil ten opzichte van den gang, aangelegd worden als volgt.

---

(1) Blz. 408—411.

(2) *Mittheilungen über Gegenstände der Ingenieur- und Kriegswissenschaften.* 1868.

1°. Geheel ingezonken in het metselwerk of in den bodem (bij landhoofden). Dit heeft het voordeel van vaster insluiting, vooral wanneer de kamers aan het hoofd van den gang gemaakt zijn. Er is echter meer tijd voor noodig, terwijl, bij vochtigen grond, al het water er heen zakt, en dus meerdere voorzorgen tegen vochtigheid noodig zijn, dus eveneens meer tijd vereischt wordt.

2°. Gedeeltelijk of half ingezonken, wat, bij het gebruik maken van een leikoker, het voordeel oplevert van gemakkelijke plaatsing en tevens van een goede wijze van ontsteking, midden in de kist. Overigens gaat echter deze plaatsing weer gedeeltelijk gepaard met nadeelen, als bij 1° werden vermeld.

3°. Gelijkvloers, als wanneer zij het spoedigst te maken zijn. Echter vereischt dit door de minder goede opsluiting de grootste lading.

4°. Verhoogd, wat voordeelig kan zijn bij zeer vochtigen grond, of indien men door het hooger plaatsen van de lading de kortste weerstandslijn wil verkleinen, ten einde hierdoor de benoodigde hoeveelheid buskruit te verminderen.

Wat het peil der gangen of van den bodem der putten aangaat met betrekking tot de pijlers of landhoofden, zoo maakt men ze zoo laag mogelijk, als de stand van het water het toelaat, ten einde een volledige vernieling te verkrijgen.

Putten kan men dieper maken, zooals reeds opgemerkt is. Bij zeer hooge pijlers moeten de putten dan echter dikwijls zeer diep worden, en vereischen dan te veel tijd tot de vervaardiging.

Liggen bij pijlers of landhoofden de fondamenten droog en niet te diep, en heeft men weinig tijd of gereedschap, dan kan men, met een put naar beneden gaande, onder het fondament de kamers maken op een onderlingen afstand gelijk 2-maal de kortste weerstandslijn. Deze zal een lengte hebben gelijk de hypothenusa van een rechthoekigen driehoek, waarvan de halve dikte van den muur en de diepte onder het maaiveld de rechthoekszijden zijn (1). Liggen de fondamenten daartoe te diep, dan geeft ODTERMAT als regel op om bij een pijlerdikte van $1^m,2$ de mijnkamers $0^m,3$ à $0^m,45$; bij $1^m,8$ en meer dikte ze $1^m,8$ beneden het maaiveld, midden in het fondament, aan te leggen, op 2-maal de kortste weerstandslijn van elkaar. Voor kortste weerstandslijn neemt hij dan $1\frac{1}{2}$ maal dikte van den muur (2).

3°. *Het maken van de mijnkamers.*

Zijn de pijlers of landhoofden niet dik, en is weinig buskruit voorhanden, dan kan het voordeelig zijn boorgaten te maken (3). Ook kan dit het geval zijn, ten einde het maken van gangen of putten voor te bereiden.

---

(1) ZIMMER. *Abhandlung über die Kriegsminen zum Gebrauche der K.K. Oester. Mineurschulen. Mit einem Atlas.* III. *Theile. Wien. Verlag des artistischen Anstalt von* L. FOERSTER. 1852.

(2) *Praktisches Taschenbuch für den Mineur von* MORIZ BRUNNER, *K.K. Lieutenant im Genie-Regimente Kaiser Franz Josef.* N°. 1. *Seite* 53, 54.

(3) *Praktisches Taschenbuch für den Mineur von* BRUNNER.

a. *Horizontale boorgaten.* 2 man boren per uur in middelmatig hard metselwerk $0^m,24$ tot $0^m,3$, in nieuw metselwerk $0^m,45$ tot $0^m,6$ lengte. De onderlinge afstand dier boorgaten is gelijk aan de pijler-dikte of tweemaal de kortste weerstandslijn; bij schietkatoen-ladingen echter gelijk driemaal deze lijn (1). Wat de lading aangaat, wordt verwezen naar Tabel I.

b. *Verticale boorgaten.* Bij een dikte van $1^m,2$ van pijler of landhoofd, zijn 3^m diepe, $0^m,05$ tot $0^m,08$ wijde verticale boorgaten het best. Tot voor een dikte van 2^m, is één rij gaten op afstanden van 2^m voldoende.

Is de dikte grooter, zoo worden meerder rijen op afstanden van $0^m,6$ tot $1^m,2$ uit elkaar vereischt. De gaten komen in verband, en 2^m à $2^m,5$ onderling uit elkaar. Bij 3^m afstand is de uitwerking gering.

In het algemeen moet men zorgen, dat het bovenste gedeelte der lading nog onder de bogen van het gewelf blijft. Daar echter de lading niet meer dan 1^m hoogte mag verkrijgen, om zooveel mogelijk van een gelijktijdige ontbranding verzekerd te zijn, is hierdoor een grens gesteld aan het gebruik van boorgaten. Pijlers of landhoofden van 2^m dikte zijn dan ook ongeveer de zwaarste, waarbij zij te gebruiken zijn. Bij zwaarder afmetingen doet men beter gangen of putten in te breken, terwijl het gebruik van boorgaten buitendien alleen is aan te raden, wanneer men veel boren en weinig buskruit ter beschikking heeft, of de kamers door hoog water of om andere redenen niet te gebruiken zijn. Bij elke boor behooren 3 man; bij zware boren met aflossing werkende, 6.

De boring gaat niet zoo snel als bij horizontale gaten. In zeer harden steen rekent men slechts $0^m,3$ in 6 à 7 uur te vorderen, terwijl de lading steeds in waterdichte patronen moet worden aangebracht en men daartoe, benevens voor de opstopping nog $^1/_2$ uur kan rekenen. In middelbaar metselwerk vorderen 2 man in 2 uur ongeveer $0^m,3$; 3 man doen zulks in $1^1/_3$ uur.

Maakt men boorgaten, ten einde later gemakkelijker putten of gangen te kunnen inbreken, dan geschiedt dit op de volgende wijze (2).

De gaten moeten vooreerst zoo diep gemaakt worden, dat hun lengte grooter is, dan de afstand van de buskruitlading tot het meest nabijzijnd buitenvlak van pijler of landhoofd. Bij gangen maakt men ze eerst onder een helling benedenwaarts van 45° en als de ladingen gewerkt hebben, horizontaal.

Bij putten maakt men de eerste van uit het midden schuins naar binnen, de volgende loodrecht, eindelijk de laatste van binnen naar buiten. De boren zijn $0^m,3$, $0^m,6$ en $0^m,85$ lang, de breedte bedraagt $0^m,013$ tot $0^m,039$ (3). De middellijn der gaten is hieraan gelijk, hun diepte $0^m,38$ tot $0^m,68$. Als het gat de vereischte diepte heeft, wordt het met een om een stok gewik-

---

(1) *Praktisches Taschenbuch u. s. w. Seite* 52, 61.

(2) BUSCHBECK'S *Feld-Taschenbuch für Officiere aller Waffen. Gänzlich umgearbeitet von* KARL VON HELLDORFF. *Seite* 519.

(3) Deze laatste afmetingen zijn die van Pruisische boren; in onze gereedschapskarren zijn zulke groote boren niet voorhanden.

keld lapje, droog uitgewreven. De lading bedraagt $\frac{1}{3}$ van de diepte en wordt in een papieren huls aangebracht.

Wat de lading aangaat, zoo geeft nog het meergenoemd *Praktisches Taschenbuch für den Mineur von* MORIZ BRUNNER, daaromtrent (bl. 53) de volgende Tabel voor gaten van $0^m,058$ à $0^m,06$ wijdte (1).

Tabel I.

Kortste weerstandslijn.	Diepte van het gat.	Hoogte van de lading.	Lading.	Aanmerkingen.
M	M	M	K	
0,8	0,54	0,75	0,74	Bij gebrek aan buskruit mengt men met zaagsel; bij diepe gaten in verhouding van 1:1, bij ondiepe van 3:1. Voor de opstopping gebruikt men voor het eerste derde gedeelte zand, zaagsel, werk, enz.; voor het overige leem. In zeer harden steen berekent men de lading, volgens de hierna vermelde formule $l = gh^3$.
	0,68	0,20	0,84	
	1,10	0,36	1,47	
0,95	0,78	0,50	2,10	
	0,95	0.60	2,50	
	1,40	0,40	1,68	
	2,10	0,80	3,15	
1,10	0,95	0,30	1,26	
	1,25	0,38	1,57	
	1,40	0,46	1,89	
	1,55	0.62	2,50	
	2,20	0,78	3,15	
1,25	0,78	0,25	1,05	
	1,10	0,38	1,57	
	1,55	0,55	2,24	
	1,85	0,78	2,50	
1,40	1,10	0,30	1,26	

Moet men bij dikker muren, wegens gebrek aan boren of om andere redenen, tot het maken van mijnkamers overgaan, dan kan zulks geschieden, zooals reeds opgemerkt is, door gangen of putten in het metselwerk in te breken, of door met putten en gangen achter de landhoofden te komen. In het 1ste geval is men, wat afmetingen aangaat (mits niet te klein), geheel vrij, in het 2de geval heeft men, zoo men geen nieuw mijnenhout kan laten maken, zich te houden aan de afmetingen van het bestaande mijnenhout.

Wat betreft den tijd en het aantal arbeiders, benoodigd tot het maken van mijngangen en putten, zoo volgen hier voor het laatstgenoemd geval, dus in grond, tot bepaling daarvan de volgende Tabellen, ontleend aan de opgaven van de Oostenrijksche genie (2), die ons echter, vergeleken met de werkzaamheden van onze mineurs, ruim genoeg toeschijnen.

(1) De bij de Oostenrijkers in gebruik zijnde boren stellen hen in staat, gaten wijd $0^m,1$ en $0^m,13$ te boren. Om deze groote boren te gebruiken, wordt eerst een gat in het metselwerk gebroken.

(2) ZIMMER, *Abhandlung über die Kriegsminen* en *Praktisches Taschenbuch für den Mineur.*

Tabel II.

Bepaling van tijd en manschappen voor het maken van gangen in grond.

Afmetingen van den gang.	Arbeiders.		Afstand te vervoeren.	Tijd in uren voor 1^m lengte benoodigd.					
	Mineurs.	Handlangers.		Zeer vette zwarte leem (*b*).	Geele leem (*b*).	Leem met steenen vermengd (*a*).	Moeilijk te bewerken aarde (*a*).	Vaste klei (*b*).	Leem met zand, goed te verwerken (*a*)
Hoofdgalerij 2^m bij 2^m . . .	2	2	De grond over 60^m tot 80^m afstand te vervoeren.	24	$12\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{2}$			
Groote galerij $1^m,85$ bij 2^m . .	2	2		17	9	10	$9\frac{1}{2}$	$8\frac{3}{4}$	$5\frac{1}{2}$
Halve galerij 1^m bij $5^m,1$ à $1^m,5$.	2	2		$10\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{4}$	$6\frac{1}{4}$	$6\frac{3}{4}$	6	$3\frac{1}{2}$
Groote gang $0^m,8$ bij 1^m. . .	2	1		9	6	$5\frac{1}{2}$	5	$4\frac{1}{2}$	3
Kleine gang $0^m,65$ bij $0^m,8$.	2	1		$7\frac{1}{2}$	5	5	3	$2\frac{1}{2}$	2

(*a*) Bekleed. (*b*) Onbekleed.

Bij den tijd, volgens (*b*) opgegeven, moet voor een volle bekleeding (*a*) nog 2 à 3 uur gevoegd worden; de opgaven zijn voor middelmatig geoefende mineurs. Voor goed geoefende mineurs kan de tijd bij onbekleede vakken met 1 uur, bij bekleede met 2 uur verminderd worden. Voor ongeoefende mineurs kunnen de opgaven met evenveel tijd verlengd worden (1).

(1) Hoewel de afmetingen van onze gangen en putten niet volkomen met de Oostenrijksche overeenkomen, zijn deze opgaven genomen van die, waarbij de afmetingen zeer weinig van de onze verschillen. Alleen voor de groote galerij, waren de naastbijkomende afmetingen $1^m,8$ bij $1^m,5$ en is de tijd daarbij dus langer genomen.

Tabel III.

Bepaling van tijd en manschappen voor het maken van putten in grond.

Afmetingen van den put.	Arbeiders.		Tijd in uren voor 1m diepte benoodigd.		
	Mineurs.	Handlangers.	Goede grond. (*a*)	Middelbare grond. (*b*)	Slechte grond. (*b*)
Put van 1m,32	2	4	$6\frac{1}{4}$	$6\frac{1}{2}$	$6\frac{3}{4}$
Put van 1m	2	4	5	$5\frac{1}{4}$	$5\frac{3}{4}$
Put van 0m,8	2	2	4	$4\frac{1}{2}$	5

(*a*) Gedeeltelijk bekleed.
(*b*) Geheel bekleed.

Ook hierbij geldt bovengenoemde aanmerking, wat de afmetingen aangaat; terwijl er wederom op middelmatig geoefende mineurs gerekend is. Voor goed geoefende mineurs kan de tijd bij gedeeltelijk bekleede putten met 2 uur, bij geheel bekleede putten met 1 uur verminderd worden.

Tabel IV.

Putten met Hollandsche ramen.

Volgens proeven in 1830 bij Weenen genomen.

Grondsoort.	Diepte in meters.	Benoodigde tijd.
(*a*) Vaste grond met puin en steen vermengd.	2 3 4	1 uur 44′ 4 „ 30′ 7 „ 15′
(*b*) Puin met zand vermengd, echter vast.	3 4	4 „ 30′ 7 „
(*a*) Klei zonder steenen.	3 4	2 „ 30′ 3 „ 36′

(*a*) Zonder bekleeding. (*b*) Half bekleed.

Proeven, in 1867 door de Ostenrijksche genie-troepen genomen (1), gaven de volgende uitkomsten.

Tabel V.

Afmetingen.	Tijd. Goede grond.	Tijd. Middelbare grond.	Tijd. Slechte grond.	Diepte of lengte.	Aanmerkingen.
Put wijd $1^m,32$.	2 uur 17′ 3 » 32′	3 uur 10′ 3 » 53′	4 uur 45′ 5 » 25′	1^m.	De bovenste tijd is het minimum, de onderste tijd het maximum.
Put met Hollandsche ramen.	2 » 10′ 3 » 47′	3 » 20′ 4 » 33′	3 » 45′ 5 » 33′	$2^m,8$	
Groote gang	2 » 2 » 47′	3 » 25′ 3 » 28′	3 » 30′ 4 » 46′	1^m.	
Kleine gang.	1 » 45′ 2 » 12′	2 » 15′ 2 » 53′	3 4	1^m.	
Gang met Hollandsche ramen 18′ minimum, 48′ maximum, per vak van $0^m,3$ lengte.					

(1) *Mittheilungen über Gegenstände der Ingenieur- und Kriegswissenschaften.* 1869.

Proeven, in 1868 door de Oostenrijksche genie-troepen genomen (1), leerden het navolgende.

Tabel VI.

Afmetingen.	Plaats der proefneming.	Tijd. Goede grond.	Tijd. Middelbare grond.	Tijd. Slechte grond.	Diepte of lengte.	Aanmerkingen.
Put wijd $1^m,32$.	Krakau. .	2 uur 6′ 2 » 31′	3 uur 5′ 3 » 47′	4 uur 15′ 4 » 38′	1^m.	Te Josephstadt kleigrond met steenen vermengd.
	Josephstadt.	3 » 35′ 4 » 10′	3 » 45′ 4 » 45′	5 » 10′ 5 » 30′	1^m.	
Put met Hollandsche ramen.	Komorn. .	2 » 30′ 4 »	3 » 4 » 20′	5 » 5 » 40′	$2^m,8$	Te Josephstadt was de put slechts half bekleed, de grond was harde klei.
	Krakau. .	2 » 17′ 2 » 47′	3 » 15′ 3 » 45′	3 » 45′ 5 » 2′		
	Josephstadt.	3 » 20′ 4 »	4 » 25′ 5 »	5 » 5 » 40′		
Groote gang. . .	Komorn. .	2 » 50′ 3 » 20′	3 » 10′ 3 » 45′	3 » 40′ 4 » 50′	1^m.	
Kleine gang. . .	Komorn. .	2 » 2 » 30′	2 » 40′ 3 »	3 » 4 »	1^m.	
	Krakau. .	1 » 47′ 2 » 5′	2 » 10′ 2 » 45′	3 » 37′ 4 » 4′		
	Josephstadt.	2 » 2 » 20′	3 » 15′ 3 » 22′	3 » 30′ 4 » 15′		
Gang met Hollandsche ramen.	Komorn. .	30′	40′		per vak van $0^m,3$.	
	Krakau. .	20′	25′			
	Josephstadt.	34′	46′			

Men ziet uit Tabel IV, dat er bij toeneming in diepte, een zeer snelle vermeerdering in tijd plaats grijpt. Proeven, door onze mineurs met putten en gangen met Hollandsche ramen genomen, hebben het volgende geleerd.

Den 31sten Mei 1871 werd achter een $1^m,5$ dikken bekleedingsmuur een put met Hollandsche ramen geopend. De muur kon, zoover er grond achter was, als landhoofd beschouwd worden, terwijl een gedeelte, vrijstaande gemaakt, een pijler voorstelde. Verschillende proeven werden genomen omtrent het maken van mijnputten en gangen in den muur (zie later), eveneens omtrent het maken van putten er achter, terwijl de muur vernield werd door ladingen,

(1) *Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-wesens.* 1870.

berekend volgens LE BRUN, voor overladen mijnen, voor gewone mijnen en vrijstaande muren.

Met den put met Hollandsche ramen achter den muur vorderde men één vak per uur, dat in tijd van oorlog, zoo noodig, in de helft van den tijd zou kunnen geschieden. In het begin waren 2, later 3 man noodig. Na 9 vakken gesteld te hebben, werd rechts en links een gang met Hollandsche ramen uitgebroken, waarin men aan weerszijden 1 vak per $1^1/_2$ uur vorderde, toen er ruimte genoeg was, om rechts en links gelijktijdig te werken. Nadat 5 vakken aan weerszijden geplaatst waren, werden mijnkamers zijwaarts gedeeltelijk in den grond, gedeeltelijk in den muur uitgebroken. Dit laatste ging echter zeer moeilijk. De lading voor beide kisten was berekend voor overladen mijnen volgens de formule van LE BRUN en bedroeg voor elk 35^k. De afstand der kisten was $3^m,8$ midden op midden (1); terwijl de opstopping met grond en zoden geschiedde. Er werd gezorgd dat boven de kisten 5^m grond was, zijnde meer dan $1,73\ h'$ (waarin $h' = 2^m,7$ de kortste weerstandslijn is in grond voor een gewone mijn met de lading van 35^k). De ontsteking geschiedde met den Rhumkorffschen klos; de uitwerking was zeer voldoende. De muur was over meer dan 12^m lengte gescheurd, verscheiden M^1 vooruitgeschoven, en teven in groote brokken vernield.

Wat het maken van gangen en putten in steen betreft; wij ontleenen aan de Oostenrijksche opgaven, alsmede aan het *Praktisches Taschenbuch für den Mineur* het volgende.

Een kleine gang, wijd $0^m,8$ bij $0^m,65$ (2), kan in 12 uur in den hardsten steen $0^m,26$ tot $0^m,31$ diep gemaakt worden. Voor een pijler van $2^m,5$ dikte, waarbij de gang ongeveer $1^m,4$ lang wordt, is dus hiertoe, benevens tot het maken van toebereidselen voor een vlot, enz. 72 uur noodig. Hierbij voor het hakken van de mijnkamers en omringende holle ruimte (wat de uitwerking zeer verhoogt) 12 uur, voor het laden en opstoppen (zie later) 4 uur en voor tijdverlies, enz. nog 2 uur rekenende, verkrijgt men een totaal van 96 uur ($= 8 \times 12$).

Hieruit is de Oostenrijksche regel afgeleid: *Voor het vernielen van een pijler in harden steen, is zooveel maal* 12 *uren noodig, als de dikte van den pijler in voeten bedraagt.* Deze was hier 8 voet dik.

Wordt er minder op sterke opstopping en holle ruimte om de kist gelet, dan kan die tijd met 12 uur verminderd worden.

Een brug van middelbare grootte vordert voor haar vernieling een halve kompagnie mineurs. Heeft men te weinig manschappen, dan maakt men minder kamers en bezigt overladen mijnen.

---

(1) Men nam $3^m,8$, om gekoppelde mijnovens te krijgen, daar $2\,h' = 5^m,4$ was en dus $3^m,8$ kleiner is dan tweemaal de grootste scheuringsstraal of dan $2 \times 1,73\,h'$. De lading werd berekend uit de hierna vermelde formules $l' = l\ (0,09 + 0,91\,n)^3$ en $l = \frac{1}{6}\,h^3\,k$ waarin $n = 1,5$, $k = 1,8$ is en $h = 1^m,5$ of de muurdikte.

(2) In die opgaven is eigenlijk spraak van gangen van $0^{m2},54$ doorsnede, terwijl de onze $0^{m2},52$ doorsnede hebben.

Volgens ZIMMER (1) is in zeer harde rots per M^3 96 uur onder voortdurend springen van petards noodig; voor zeer vast oud metselwerk 72 en voor nieuw metselwerk 48 uur; dat is voor een kleinen gang achtereenvolgens per M^1 50, 37 en $24^1/_2$ uur.

Volgens LAISNÉ (2) zou tot dit laatste slechts 12 uur per M^1, en bij slecht of nieuw metselwerk 6 uur vereischt worden. Bij dit verschil kan het misschien nuttig zijn eenigszins gedetailleerd de uitkomsten te vermelden van proeven door onze mineurs genomen.

Den 31sten Mei 1871 werden o. a. gelijktijdig een mijngang en mijnput gebroken in bovenvermelden muur, aldaar dik $1^m,6$. De gang en put verkregen aanvankelijk afmetingen van $0^m,7$ bij $0^m,7$.

Het aantal manschappen bedroeg in het begin 2, moest echter later bij den put tot 3, bij den gang tot 4 vermeerderd worden.

De gang, lang $1^m,5$, werd voltooid in $22^1/_2$ uur, terwijl gemiddeld $0^{m^3},040$ per uur werd uitgebroken. Spoedig bleek, dat de afmetingen van $0^m,7$ bij $0^m,7$ te gering waren en minstens $0^m,75$ bij $0^m,75$ moesten zijn, terwijl om op grooter diepte gemakkelijk te kunnen werken, en rechts en links te kunnen uitbreken, afmetingen van $0^m,8$ bij $0^m,8$ vereischt werden. Men kon dan rekenen $0^m,05$ à $0^m,06$ per uur te vorderen.

Tevens bleek, dat het voordeelig is, ongeveer op $^3/_4$ der hoogte van boven af, eerst een horizontale sleuf te hakken, waardoor men telkens van een hooger liggende laag de steenen gemakkelijker en meer in hun geheel kon uitbreken. De hoeveelheid van $0^{m^3},04$ per uur is, in vergelijking met wat de Oostenrijkers in den oorlog van 1866 rekenden (een kubieke voet $= 0^{m^3},045$ in $2^1/_2$ uur) meer dan het dubbel. Dit moet o. a. gedeeltelijk toegeschreven worden aan het metselwerk, dat niet buitengewoon hard was, maar vooral daaraan, dat men, eenmaal op eenigen afstand in den muur ingedrongen, een lang breekijzer gebruiken kon, en de muur niet zóó dik was, of men kon tot het laatst toe er gebruik van maken. De mokerslagen kunnen dan van buiten met veel meer kracht er tegen aangebracht worden, dan wanneer men met een klein breekijzer in een kleine ruimte zittende moet hakken. Bij grooter lengte van den gang dan ongeveer 2^m vervalt dit voordeel, daar dan het ijzer te lang wordt.

Wat den mijnput aangaat, de aanvankelijke afmetingen van $0^m,7$ bij $0^m,7$ bleken voldoende. De uitbreking bedroeg daarbij gemiddeld $0^{m^3},023$ per uur. Bij goede inspanning kon per uur juist een laag ($0^m,05$ hoogte) worden uitgehakt.

De put werd bij een kortste weerstandslijn van $0^m,8$ met 2^k buskruit geladen, berekend volgens de hierna vermelde formule $l = \frac{11}{6} h^3 k$, en hierbij de muur vrijstaande gemaakt, daar men beproeven wilde of een enkele lading

(1) Zie ook *Praktisches Taschenbuch*, *Seite* 10.

(2) LAISNÉ. *Aide-mémoire portatif à l'usage des officiers du génie*, *pag.* 435.

voldoende zou wezen. Dit bleek van niet, daar de vernieling onvolkomen was. Een dergelijke maar ronde put van $0^m,75$ middellijn in denzelfden muur, waarbij de uitkomsten van tijd en arbeiders nagenoeg waren als bij den vierkanten put, werd met de dubbele hoeveelheid, dus 4^k, geladen, nadat de muur eveneens vrijstaande gemaakt was. Deze lading gaf voldoende resultaten.

Wat de afmetingen van de kamer aangaat, zij moet natuurlijk de kist en deze de lading kunnen bevatten, liefst zelfs iets grooter zijn (1). Aannemende dat men kubieke kisten gebruikt, zijn de ladingen evenredig aan de 3de machten der zijden en heeft men dus

$$l : l' = h^3 : h'^3.$$

Daar nu ongeveer in een kist groot 1^{m^3} 910^k buskruit gaat, geeft $h = 10 \sqrt[3]{\frac{l}{910}}$, in decimeters, de afmetingen aan van de ribben eener kubieke kist. Voor platte vierkante kisten neemt men een der afmetingen, hetzij de hoogte of breedte als bepaald aan en berekent daarna de andere. De mijnkamer wordt natuurlijk dan nog zoo veel grooter, als door de dikte van het hout der kist en de holle ruimte vereischt wordt.

Uit bovengenoemde proeven bleek dus, dat het maken van den mijngang sneller vorderde dan het maken van den put, wat vooral in het begin het geval zal zijn; daarentegen was de arbeid zwaarder.

Achter den muur werd later met Hollandsche gangen doorgewerkt en een lading van 12^k geplaatst, berekend volgens de hierna vermelde formule $l = \frac{11}{6} h^3 k$ voor gewone mijnen, waarin weer $k = 1,8$ en $h = 1^m,5$ gelijk de dikte van den muur was. Hoewel de muur vernield werd, was dit echter niet zóó volkomen, dat het ons raadzaam voorkomt in tijd van nood voor de vernieling van een landhoofd, waar zooveel van af kan hangen, slechts de lading te nemen door deze formule aangewezen.

Ten slotte volgt nog eene vergelijkende Tabel omtrent tijd, arbeiders en lading (2) bij horizontale en verticale boorgaten en mijngangen.

---

(1) Het schijnt namelijk voordeelig een holle ruimte om en in de kist te bewaren. Te Krems bleek in 1860, dat op die wijze zelfs onderladen mijnen een bovenaardsche uitwerking van overladen kregen, door $\frac{1}{28}$ van de buskruitlading tot speelruimte te nemen. De onderaardsche werking verminderde daarbij. Vooral in metselwerk zou het voordeel groot zijn. WERMANN stelt voor: in vasten grond de speelruimte 1, in slecht metselwerk $^1/_2$, in middelbaar $^2/_5$, in goed $^1/_3$, in zeer sterk $^1/_5$ te nemen. (*Praktisches Taschenbuch, Seite* 27.)

(2) Om in geen herhalingen te vervallen, wordt hier de lading ook bij vermeld.

Tabel VII (1).

Dikte van den muur.	$0^m,9$.			$1^m,2$.			$1^m,5$.			$1^m,8$.		
Vereischt op afstanden van $1^m,9$.	Kilo.	Uren.	Arbeiders	Kilo.	Uren.	Arbeiders.	Kilo.	Uren.	Arbeiders.	Kilo.	Uren.	Arbeiders.
Horizontale boorgaten.	1,12	6	3	1,12	6	3	1,68	8	3	1,68	8	3
Verticale boorgaten. . .	1,12	18	3	1,68	18	3	1,68	18	4	1,68	18	4
Kleine mijngangen volgens ODTERMAT. . . .	8,4	34	3	14,5	38	2	23,5	53	2	33	59	1,3
Volgens WOLTER. . . .	5,6	34	4	10	38	3	14,5	53	3	14	57	2,4
Mijnkamers 2^m diep onder het fondament.	16	22	2	16,8	23	3	17,5	24	2	18	25	2

Hieruit blijkt:

1°. De vernieling met horizontale boorgaten geschiedt het snelst en is tevens het voordeeligst, wat de hoeveelheid buskruit aangaat.

2°. Bij niet te diepe fondamenten is het maken van kamers onder het fondament ook zeer voordeelig.

De tijdsopgaven voor het maken van gangen komen vrij wel overeen met den vroeger opgegeven Oostenrijkschen regel. Kan men echter b.v. alles op de wijze uitbreken, zooals bij de proeven met onze mineurs beschreven is, dan kan de tijd met de helft verminderd worden (BRUNNER).

4°. *De lading.*

Bij het bepalen van de hoeveelheden buskruit, benoodigd om een mijn te doen springen, zouden hoofdzakelijk in aanmerking moeten komen:

1°. het gewicht van het uit te werpen lichaam,

2°. de samenhang van het lichaam met de omringende stof.

Wat het gewicht aangaat, dit zou betrekkelijk gemakkelijk te vinden zijn; wat echter den samenhang betreft, dezen voor elke stof te bepalen, en daaruit een betrekking af te leiden voor hoeveelheden benoodigd buskruit, dit levert te veel moeilijkheden op, zoodat er niets anders overblijft dan beide factoren vereenigd te nemen en door proeven vast te stellen de vereischte hoeveelheden buskruit voor verschillende mijnen in verschillende middenstoffen.

(1) *Praktisches Taschenbuch. Seite* 55.

Men is hierbij van twee verschillende standpunten uitgegaan. Of wel men kent aan den mijntrechter een bepaalden vorm toe; of wel men slaat geen acht op de gedaante van het uit te werpen lichaam. Daar echter beide onderstellingen op proeven gegrond zijn, moest het resultaat hetzelfde wezen en kunnen alleen de verschillende omstandigheden bij de genomen proeven kleine verschillen in de uitkomsten opleveren.

In navolging van GUMPERTZ en LE BRUN den eersten weg inslaande, komt men, zooals bekend is, voor gewone mijnovens tot de vergelijking $l = \frac{11}{6} h^3 k$ (1), waarin l de vereischte lading in Kg. aanwijst voor een kortste weerstandslijn h (in M. uitgedrukt) en k een coëfficiënt is, verschillend naarmate van de te springen stof. In de verschillende Handboeken zijn de respectievelijke waarden van k opgegeven, die behooren bij stoffen van insgelijks aangegeven soortelijk gewicht. Kan men dan ook niet onmiddellijk vaststellen, tot welke categorie zekere te springen stof behoort, zoo behoeft men slechts het soortelijk gewicht te bepalen, om daardoor te zien, met welke der opgegeven stoffen zij de meeste overeenkomst heeft.

Slaat men geen acht op den vorm, zoo komt men, door aan te nemen, dat de trechters van gewone mijnovens gelijkvormige figuren zijn, wier inhouden dus evenredig zijn aan de 3de machten der kortste weerstandslijnen, tot de vergelijking $l = \alpha h^3$, waarbij l de vereischte lading in Kg. en h de kortste weerstandslijn in M. voorstellen, terwijl α weer een coëfficiënt is, afhankelijk van te springen stof (2). Natuurlijk moeten α en $\frac{11}{6} k$ gelijke waarden aanwijzen.

Heeft men nu voor een zekere kortste weerstandslijn de lading voor metselwerk gevonden, dan moet die voor pijlers echter nog vermeerderd worden. De vergelijkingen zijn namelijk opgemaakt voor mijnen, waarbij aan den tegengestelden kant van de kortste weerstandslijn voldoende tegenstand geboden werd en dus slechts aan de zijde van de kortste weerstandslijn, niet ook aan de tegenovergestelde zijde een trechter gevormd wordt. Dit nu geschiedt echter wel bij pijlers, waar de ladingen nagenoeg in het midden worden geplaatst.

De gewone mijn werkt in een zin, tegengesteld aan de kortste weerstandslijn, over een lengte 1,22 h (3), terwijl nu hier bij den pijler slechts tegenstand geboden wordt over een lengte h. Sommigen beweren daarom, dat, daar de lading niet slechts naar ééne zijde, maar naar twee zijden moet werken, men ook de lading verdubbelen moet (4). Dit komt ons echter overdreven voor. De werking, hoewel door het meerder gasverlies natuurlijk minder, dan wanneer bij gelijke lading slechts één trechter gevormd wordt, zal zich toch naar alle kanten uitstrekken; een dubbele lading zal dus niet noodig zijn. Uit vele proeven is dan ook gebleken, dat een vermeerdering met mins-

(1) Zie o. a. het *Handboek van den Mineur*, blz. 110, enz.

(2) Zie o. a. *Vestingbouw van den kolonel-ingenieur* VAN KERKWIJK. 1861. blz. 406, enz.

(3) *Handboek van den Mineur*, blz. 115.

(4) *Handboek van den Mineur*, blz. 174.

tens de helft en hoogstens $^2/_3$ van de lading voldoende uitkomsten opleverde (1).

Hoewel men met deze formules zou kunnen volstaan en deze gewone mijnen met de daarbij behoorende ladingen de grootste trechters vormen, die met deze ladingen bereikt kunnen worden (2), kan het soms, bij gebrek aan arbeiders of tijd, of voor alle mogelijke zekerheid, noodig of wenschelijk zijn overladen mijnen te bezigen, zooals die dan ook in den oorlog van 1866 door de Oostenrijkers steeds zijn toegepast.

Geen gedeelte der Mineurkunst is zoo uitvoerig en veelvuldig door alle schrijvers over mijnen behandeld geworden, als de theorie der overladen mijnen; toch is nog geen juiste oplossing gevonden.

Bijna alle schrijvers hebben formules uitgevonden, die niet alleen onderling, vooral bij een groote waarde van n (quotiënt van den straal nh des trechters en van de kortste weerstandslijn h) verschillen, maar buitendien òf op bloote theoriën òf op een enkele proef berusten, en daarop verder voortgebouwd zijn. Wij willen hier slechts op de twee beste wijzen, en houden daarvoor die van Le Brun, Hausser en Wermann.

De ook bij onze mineurs gebruikelijke formule van Le Brun is:

$$l' = l(0{,}09 + 0{,}91\, n)^3,$$

waarin, als nh de straal van den door de overladen mijn te vormen trechter voorstelt, l de op de boven aangegeven wijze te vinden lading is voor een gewone mijn op de verlangde diepte h, en l' alsdan de gezochte lading is voor de overladen mijn. Hierbij zijn weer de lengtematen in M., de ladingen in Kg. uitgedrukt.

Een kleine wijziging in de cijfers bracht Hausser en na hem Wermann tot de nog eenvoudiger formule

$$l = g\,(R)^3,$$

waarin R de straal des trechters $= nh$ is, en g de waarden voorstelt, hierboven door α of $\frac{1}{6}\,k$ aangeduid (3).

Uitgebreide proeven van 1842—1849 te *Hainburg* en *Olmütz* genomen, leerden echter, dat de voor een overladen mijn benoodigde hoeveelheid buskruit afweek van alle mogelijke tot nog toe gebruikelijke formules.

Voor $n = 1{,}5$ tot 2 komen de formules van Le Brun, Hausser en Wermann, tamelijk wel met de werkelijkheid overeen. Voor $n > 2$ worden de verschillen echter zeer groot.

De Oostenrijkers hebben dan ook bij het gebruik der formule van Wermann, evenals in den oorlog van 1859, ook in den oorlog van 1866 voorgeschreven, dat $n = 1{,}5$ moest worden genomen (4).

Zoolang geen betere formules bekend zijn, schijnt ons deze laatste, ingeval overladen mijnen gebezigd moeten worden, altijd nog de beste toe.

---

(1) *Abhandlung über die Kriegsminen zum Gebrauch der K.K. Oesterr. Mineurschulen*, von Zimmer.

(2) *Praktisches Taschenbuch u. s. w. Seite* 21 en het *Aide-mémoire de* Laisné, *pag.* 435.

(3) *Mittheilungen über Gegenstände der Ingenieur- und Kriegswissenschaften.* 1865 en 1868; het *Praktisches Taschenbuch, Seite* 21.

(4) *Mittheilungen über Gegenstände der Ingenieur- und Kriegswissenschaften.* 1865, *Seite* 140 en 1868, *Seite* 330.

Het is echter niet van belang ontbloot, dat eenmaal deze vraag voldoende wordt opgelost. Tot nog toe zijn eigenlijk omtrent de mijnen-leer slechts twee zaken bekend, ten minste hoogstwaarschijnlijk, namelijk: dat de lading voor een gewone mijn steeds uitgedrukt wordt door $l = \alpha h^3$, en dat de uiterste afstand (groote scheuringsstraal), waarop een gewone mijn in het horizontale vlak van den oven werkt, zich tot ongeveer $\frac{7}{4}h$ uitstrekt.

Wij zeiden *hoogstwaarschijnlijk*, omdat het zeer moeilijk is, nauwkeurig de stralen van de gevormde trechters, alsmede de onderaardsche uitwerking te bepalen.

Wil men echter met recht van een genie-officier den niet te hoogen eisch vorderen, dat een aangelegde mijn steeds aan haar doel zal beantwoorden, hetzij dit bestaat in het vernielen van een brug, muur, gebouw, of wat ook, zoo moeten uitgebreide proeven in vredestijd voldoende deze vragen hebben opgelost. Geen *proeven* toch moeten voor den vijand genomen worden, maar de in vredestijd opgedane ondervinding moet in practijk worden gebracht.

Menig voorbeeld wijst de krijgsgeschiedenis aan, dat, vóór den vijand, Ingenieurs in hun taak te kort schoten, soms door gebrek aan ondervinding, onbekendheid, enz., maar soms ook door de onmogelijkheid, om verandering te brengen in zaken, vooraf door het gouvernement vastgesteld, zooals b. v. bij vooraf gereed gemaakte, maar naar verkeerde beginselen vervaardigde mijnkamers, het geval zou kunnen zijn (1).

De bij onze mineurs gebruikelijke formule van LE BRUN werd reeds in het begin dezer eeuw door de Oostenrijkers verworpen, die, zooals gezegd is, de aangehaalde vergelijking van HAUSSER en WERMANN toepassen. Voor de berekening van mijnladingen ten behoeve van overladen mijnen, waarbij n niet veel grooter dan de eenheid is, wijken echter de door de formule van LE BRUN

---

(1) Toch schijnt het geen onmogelijkheid een goede proefondervindelijke theorie voor mijnladingen vast te stellen:

De luit.-kolonel der Oostenrijksche Genie DOMINIK BECK, geeft hiervoor (*Mittheilungen über Gegenstände der Ingenieur- und Kriegswissenschaften* 1868) een wijze aan de hand, waarvan wij het volgende mededeelen.

Gesteld men heeft bij een kortste weerstandslijn van $h_1{}^m$ met ladingen groot $l_1{}^k$, $l_2{}^k$, $l_3{}^k$, enz., mijntrechters gemaakt, waarvan de stralen achtereenvolgens $r_1{}^m$, $r_2{}^m$, $r_3{}^m$, enz., lang zijn.

Hoedanig nu ook bij een zelfde kortste weerstandslijn de betrekking is tusschen de ladingen en stralen der trechters, zoo heeft men altijd:

$$l_1 = f(r_1) = a + br_1 + cr_1{}^2 + \text{enz.}$$
$$l_2 = a + br_2 + cr_2{}^2 + \text{enz.}$$
$$l_3 = a + br_3 + cr_3{}^2 + \text{enz.}$$

waarin a, b, c, enz., coëfficiënten zijn.

Hierin de waarden voor de ladingen l_1, l_2, l_3, enz., en de daarmee overeenkomstige waarden voor de stralen r_1, r_2, r_3, enz., substitueerende, kan men hieruit a, b, c, enz., oplossen.

Hoeverder voortgezet, hoe nauwkeuriger natuurlijk die coëfficienten worden, en voor de kortste weerstandslijn h_1 zal dan $l = f_1(r) = a + br + cr^2$ de betrekking aanwijzen tusschen de lading l en den bijbehoorenden straal van den trechter r. Men verricht nu hetzelfde voor andere kortste weerstandslijnen lang $h_2{}^m$, $h_3{}^m$, enz. en verkrijgt dan voor die kortste weerstandslijnen respectievelijk dergelijke vergelijkingen $l = f_2(r)$, $l = f_3(r)$, enz.

verkregen uitkomsten weinig van de practijk af, en heeft men dus steeds een groote mate van waarschijnlijkheid, dat het doel bereikt zal worden.

Beide formules berusten evenwel op geen vaste grondslagen. Een minimum van voldoende lading wordt er niet door aangegeven; er is geen volkomen zekerheid. Dat dit er niets toe doet, daar men toch voor alle zekerheid de lading steeds grooter zal nemen, dit houden wij voor een verkeerde meening. Wij gelooven, dat men zal moeten weten wat *noodig*, wat *voldoende* is, en dat men verder in den regel spaarzaam zal moeten zijn, daar de hoeveelheden buskruit, die meegevoerd worden, zeer gering, en geenszins overal groote hoeveelheden te vinden zullen zijn.

(*Wordt vervolgd.*)

W. Cool.

Al deze vergelijkingen kunnen of in eene algemeene formule $l = F(h, r)$ en zoo niet door een Tabel voorgesteld worden in den volgenden vorm.

Tabel VIII.

Lading.	Kortste weerstandslijnen.				
	h_1	h_2	h_3		h_n
l_1	r_1	r'_1	r''_1	»	r_1^x
l_2	r_2	r'_2	r''_2	»	r_2^x
l_3	r_3	r'_3	r''_3	»	r_3^x
»	»	»	»	»	»
l_n	r_n	r'_n	r''_n	»	r_n^x

Uit deze Tabel is nu voor een gegeven geval, zij het dan ook door interpolatie, de vereischte lading te vinden, terwijl r_1, r_2, enz., r'_1, r'_2, enz. den straal van den overeenkomstigen trechter aanwijzen. Hoofdvereischten zijn natuurlijk:

1°. dat bij alle proeven de grondsoort zooveel mogelijk dezelfde is;

2°. gelijk buskruit;

3°. gelijk aangelegde mijnkamers, namelijk wat constructie, opstopping, ontsteking, enz. aangaat.

Zijn voor een zelfde grondsoort de tabellen of formules gemaakt, dan eerst gaat men na, welke wijzigingen er in komen:

1°. voor verschillende soorten van grond, metselwerk, enz.;

2°. voor verschillende soorten van springmiddelen, als buskruit, schietkatoen, dynamiet, enz.

3°. voor verkorting van de opstopping, te geringe lengte van de gangen, holle ruimten om de mijnkamers, vrijliggende ladingen, enz.;

4°. voor gekoppelde mijnen.