

c) **Esaurimento per mezzo della draga.**

Altrove si è accennato a questo metodo di esaurimento che viene esercitato per mezzo di una *draga* (\*) conformata a noria, la quale è animata da una motrice qualunque. Si fa muovere la draga in un camino centrale comunicante al disopra con l'aria esterna, il quale ha dimensioni maggiori dei camini delle camere d'equilibrio (\*\*); questi ultimi funzionano in tal caso da semplici passaggi.

Il camino centrale (v. fig. 5 e 8) con un tubo inferiore detto *tino* (*pui-sard*), scende al disotto del livello del fendente del cassone in un fosso scavato dagli operai, ove si riunisce l'acqua, la cui altezza è regolata dalla forza dell'aria compressa, risalendo essa nel camino della draga, la quale girando, raccoglie il materiale di scavo che dagli operai è stato menato nel fosso suddetto, lo trasporta in cima al camino, e lo versa di fuori.

**3.º — Lavoro nella camera di scavo.**

a) **Profondità a cui bisogna spingere le fondazioni.**

Allorchè con lo scavo si giunge al limite di fondazione previamente scelto mediante opportuni saggi, si spiana e si livella il suolo per formarne il letto di posa del manufatto a costruirsi; quindi si inizia il lavoro di muratura nell'interno della camera di scavo. Per la scelta dello strato, su cui devesi basare la fondazione, bisogna tener considerazione, oltre del carico al quale esso può soggiacere, del suo spessore e della natura degli strati inferiori; massimamente poi badare alla profondità cui possono giungere le escavazioni per l'energia delle correnti acquee superiori (\*\*\*).

---

nell'interno dei cassoni, e per l'espulsione di materie luride, spesso si ricorre ad un metodo pressochè simile: adoprando cioè un tubo verticale comunicante in alto con l'aria esterna, e munito in basso di robinetto che, aperto all'occorrenza, permette che sieno trascinati su i materiali da espellersi, per l'azione dell'aria compressa.

(\*) Accettiamo, perchè generalmente adottato, il francesismo *draga* (*drague*) per *cucchiaia*, in termini generali. Meglio sarebbe detto *noria escavatrice*, o *noria a cucchie*, quando non voglia adottarsi il termine marinaresco *bargagno*, adoperato per le draghe galleggianti.

(\*\*) Pel Ponte a Piacenza sul Po questo camino era di diametro m. 2,05: mentre che i camini di servizio avevano il diametro di m. 1,00. Per particolari, vedi Biadego — *Fondazioni ad aria compressa*. Cap. I, § 5: (Ponti sul Reno a Kehl e sul Po a Piacenza).

(\*\*\*) I terreni di natura sciolta od incoerente, ad una certa profondità, compressi da tempo remoto dal carico degli strati superiori, acquistano una consistenza che i primi strati sott'acqua non posseggono, quantunque possano essere della medesima natura di quelli. Sicchè, a rigore, le trivellazioni in simili casi dicono ben poco, disgregandosi (com'è facile comprendere) il terreno saggiato, sia per l'azione della trivella, sia per l'attraversamento nella massa d'acqua. Il Gaudard dice che

In proposito si fa osservare che, ad opera compiuta, il carico che agisce sul terreno di fondazione è dovuto al peso del manufatto e del sovraccarico mobile (ad esempio, d'un treno ferroviario), diminuito della forza d'attrito che si sviluppa tra le pareti del pilastro ed il terreno adiacente (\*). Prudenzialmente nella scelta del sottosuolo resistente si può trascurare tale forza d'attrito, meno però nel caso di fondazioni da scendere a grande profondità (v. Capo VII). Se vuol tenersene conto, bisogna rapportarla ad unità di superficie di base della fondazione in esame: ossia moltiplicare il valore della forza unitaria d'attrito pel quoziente della superficie perimetrale della fondazione, divisa per l'area di base.

Così ad esempio, per la 4<sup>a</sup> pila del ponte sul Po a Pontelago-scuero, si ha:

$$\begin{aligned} &\text{Pressione unitaria (per cmq.) del carico permanente e sovracc.}^\circ \text{ mobile} \quad \text{kg. } 6,82 - \\ &\text{Attrito(per cmq.) kg } 2000 \frac{27,67(\text{perim.}^\circ) \times 11,75(\text{immersione nel suolo})}{\text{cmq. } 495000 \text{ (area della fondazione)}} = \text{ " } 1,32 \end{aligned}$$

Pressione effettiva sul piano di fondazione (per cmq.) . . . . kg. 5,50

Il Pozzi nei Prospetti *A*, *B* e *G* della già citata sua opera, riporta varii dati riguardanti la pressione sul terreno, di fondazioni per ponti italiani ed esteri: in tali Prospetti si riscontra una pressione massima pel ponte sul Ticino a Sesto Calende, di kg. 10,80 per cmq., ed una pressione minima di kg. 2,37 pel ponte sulla Senna ad Argenteuil, e di kg. 2,12 pel ponte sul golfo di Forth a Queensferry (\*\*).

Per alcuni terreni e rocce i sovraccarichi a cui essi possono resistere (riportati nel Biadego: *Fondazioni ad aria compressa*—Capitolo II, § 15) sono:

Argilla (asciutta e in grossi strati) fino a kg. . . .	3,00 per cmq.
Ghiaia e sabbia pura . . . . . » . . . .	4,00 »
Roccia tufacea . . . . . da » 5,00 ÷	6,00 »
Arenaria. . . . . » » 15,00 ÷	75,00 »
Calcare . . . . . » » 20,00 ÷	24,00 »
Marmo . . . . . » » 22,00 ÷	50,00 »
Serpentino . . . . . » » 70,00 ÷	80,00 »
Granito . . . . . » » 36,00 ÷	100,00 »
Sienite . . . . . » » 100,00 ÷	120,00 »
Basalto . . . . . » » 120,00 ÷	180,00 »

tali saggi, per la loro ingiusta testimonianza sullo stato di consistenza delle terre, sono una evidente impostura (*une flagrante imposture*).

(\*) Pei varii valori dell'attrito vedi lo specchio riportato al Capo II—2° (§ e) di questo libro.

(\*\*) Non omettiamo di accennare fin da ora che per la stabilità del manufatto, se trattasi di fondazioni molto profonde, la pressione nel sottosuolo di fondazione, pel

Per la stabilità nei terreni sciolti, se ad esempio trattasi di ponti sopra fiumi, bisogna bene esaminare il fiume in tutte le sue fasi; rilevarne il pendio del fondo nelle magre e nelle piene, studiare la velocità delle correnti, anche in rapporto alle luci da assegnare al ponte, e la natura del letto del fiume rispetto alle forze escavatrici dei gorgi: bisogna in sostanza esattamente determinare innanzitutto il limite massimo delle escavazioni.

**b) Notizie di fondazioni eseguite.**

1.<sup>o</sup>—*Ponte a Sesto Calende sul Ticino.*—La natura del terreno su cui si arrestarono le fondazioni delle pile, è di sabbia argillosa molto fine e compatta. Per tutto l'affondamento fu rinvenuto quasi sempre tale terreno con compattezza ognora crescente: nella massa s'incontrarono piccoli strati di sabbia più grossa, ghiaia, ciottoloni e massi granitici. La minima profondità raggiunta da una delle pile fu di m. 8,82, la massima di m. 17,12.

La pressione sul terreno, compreso il carico accidentale massimo, risulta di kg. 10,80 per centimetro quadrato.

2.<sup>o</sup>—*Ponte a Turbigo sul Ticino.*—La natura del fondo è sabbiosa: vi si rinvennero nella discesa, anche degli strati di argilla mista con poca ghiaia. A causa delle forti escavazioni prodotte dai gorgi del fiume, le quali in alcune parti si protraevano fino a m. 4,30 sotto il pelo di massima magra le fondazioni si dovettero approfondire a m. 12,46 sotto quel livello di magra.

3.<sup>o</sup>—*Ponte presso Asti sul Tanaro.*—Siccome nella piena del 1879 crollò una pila per effetto di corrosione nel piano di fondazione, la medesima fu ricostruita, scendendola fino alla roccia di tufo compatto, alla profondità di m. 8,00 sotto il letto del fiume.

I diversi strati del terreno attraversato per la detta ricostruzione, sono i seguenti:

sabbia e ghiaia . . . . .	di spessore m.	1,50
argilla compatta . . . . .	»	» 1,60
creta bigia compatta . . . . .	»	» 2,20
tufo friabile. . . . .	»	» 2,70
tufo compatto (piano di posa della pila).		

4.<sup>o</sup>—*Ponte a Mezzanacorti sul Po.*—Le fondazioni alla profondità di circa m. 20 in media, poggiano sopra uno strato di sabbia cilestre e grossa ghiaia. Il terreno che fu incontrato nell'affonda-

---

forte attrito tra il terreno ed il pilastro, è affatto trascurabile, come ben si vedrà, per le considerazioni esposte al § 6 del Capo VII.

mento è formato di sabbia pura e sabbia mista a ghiaia, attraversata da pochi strati di assoluta argilla e di argilla mista a torba.

La pressione per cmq. a cui il fondo soggiace, è di kg. 6,81.

5.<sup>o</sup>—*Ponte a Pontelagoscuro sul Po.*—Le fondazioni poggiano, a m. 18,00 sotto la massima magra, sopra uno strato compatto di arena pura: il terreno attraversato è di argilla mista a sabbia.

La pressione per cmq. sul terreno risulta di kg. 4,89 per le spalle e kg. 6,80 per le pile.

6.<sup>o</sup>—*Muraglioni del Tevere a Roma.*—La profondità delle fondazioni per tali muraglioni varia da m. 6,00 a m. 9,00 sotto le magre: secondo la natura del terreno, e l'esposizione del muraglione ad essere cioè più o meno direttamente investito dalle correnti (\*).

c) **Muratura di riempimento nella camera di scavo.**

Spianato, come già si è detto, il fondo ritenuto adatto per la posa della fondazione, a mezzo delle betoniere, od in mancanza, delle benne che servirono per l'innalzamento del materiale di scavo, si fa pervenire il calcestruzzo nella camera di lavoro, e con questo si esegue un primo strato (*gettata di smalto*) ben costipato, per tutta l'estensione della pianta del cassone, e per uno spessore generalmente di circa centim. 40. Indi si riempie successivamente tutta la camera con simile calcestruzzo, disponendolo però a strati inclinati; e ciò per non lasciare in quella vuoti di sorta (v. fig. 22).

Fatto il riempimento, e lo stesso costipatosi alquanto, si smontano le camere di equilibrio ed i camini, come già si è accennato altrove, e si passa a riempire i vuoti dei pozzi, ordinariamente con calcestruzzo.

d) **Esempi relativi.**

1.<sup>o</sup>—*Ponte ad Argenteuil sulla Senna.*—La muratura di riempimento nella camera di lavoro fu così eseguita: si fece una get-

---

(\*) Una delle pile del ponte a Borgoforte sul Po, nonostante la profondità a cui si trovava fondata e la natura consistente del piano di posa, fu scalzata e rovesciata dalla piena del fiume. La forza escavatrice del Po in piena giunge in certi punti a m. 6,50 sotto il letto normale.

Per la stessa ragione, pel ponte S. Luigi sul Mississippi si dovette scendere con la fondazione fino alla roccia calcarea, giacente a m. 26,30 sotto il pelo di magra (pila est), attraversandosi uno strato di oltre 20 metri di sabbia, perchè soggetto ad escavazioni pei forti gorghi della corrente.

Così pure la pila n° 8 del ponte Dufferin a Bénarès sul Gange, che sopporta appena una travata di m. 35, è fondata nella sabbia per m. 45; giacchè la forza escavatrice delle correnti giunge quivi a scalzare il letto del fiume fino a m. 22 di profondità sotto il pelo delle acque magre.

tata di calcestruzzo di centim. 25, cui si sovrappose un primo strato di cemento Portland di centim. 25 puranche, bene spianato fin contro le pareti del cassone, e poscia un'altra gettata di simile smalto per la rimanente altezza delle pareti. Dopo che questo masso si fu pressochè consolidato, il resto della camera fu colmato di calcestruzzo ordinario.

Ad impedire però che l'acqua filtrasse attraverso il calcestruzzo e lo dilavasse, in precedenza si conficcarono alquanto nel terreno ed in giro al coltello del cassone n.º 12 tubi di ghisa di diametro centim. 8 e di lunghezza m. 2,00, i quali funzionavano da sfogatoi dell'acqua, giacchè questa poteva salire per una certa altezza in essi soltanto: tali tubi vennero in ultimo riempiti di assoluto cemento.

2.º—*Ponte a Mezzanacorti sul Po.*—La camera di lavoro fu riempita di calcestruzzo; e per impedire che l'acqua si facesse strada attraverso questo masso, dilavandolo, la pressione dell'aria fu tolta solo varii giorni dopo eseguito il riempimento suddetto, quando cioè era avvenuto un certo indurimento nella massa. I pozzi furono murati con simile calcestruzzo.

3.º—*Ponte S. Luigi sul Mississipi.* — Per la spalla est, il cassone poggiante sulla roccia fu reso stagno con muratura di calcestruzzo in giro alla base; indi fu riempito tutto di sabbia, la quale fu ben costipata dall'acqua ch'erasi fatta entrare in precedenza nel cassone. Ammassata la sabbia, fu tolta l'acqua mediante l'aria compressa, e si colmarono diligentemente con calcestruzzo tutt'i vuoti rimasti tra la sabbia ed il soffitto della camera di lavoro.

4.º — *Muraglioni del Tevere a Roma.* — Il riempimento delle camere di lavoro veniva fatto con calcestruzzo, eseguito a strati orizzontali battuti con mazzeranghe, avendo cura di riempire prima bene tutti gli angoli del cassone: i camini erano parimenti riempiti di calcestruzzo.

I cassoni si affondavano a distanza l'un dall'altro di m. 0,40 circa: inoltre si lasciavano sulle pareti laterali, ed in corrispondenza tra loro, delle scanalature di m. 0,30 × 0,40, allo scopo che, facendovi in ultimo colare il calcestruzzo, quelle funzionassero da prese. Il calcestruzzo andava a riempire anche il vuoto tra i due massi consecutivi.

5.º—*Ponte Garibaldi a Roma sul Tevere.*—La muratura di riempimento nella camera di lavoro è di smalto, formato con pietrisco dimazzato e pozzolana idraulica (\*).

(\*) A Pontelagoscuro per lo smalto fu adoprato ghiaia e cemento nella proporzione di 2 ad 1: a Marmande la composizione a m. c. dello smalto fu di kg. 185 di cemento, m.c. 0,35 di sabbia e m.c. 0,65 di ghiaia (volumi effettivi).