

| Fasi di carico | Carichi applicati in kg | Sforzi nei montanti in kg/cm <sup>2</sup> |            |            |                |            |            |                |            |            |                |            |            | mm  |
|----------------|-------------------------|---|------------|------------|----------------|------------|------------|----------------|------------|------------|----------------|------------|------------|-----|
|                |                         | 1 <sub>c</sub>                            |            |            | 1 <sub>i</sub> |            |            | 2 <sub>c</sub> |            |            | 2 <sub>i</sub> |            |            |     |
|                |                         | $\sigma_T$                                | $\Delta i$ | $\sigma_e$ | $\sigma_T$     | $\Delta i$ | $\sigma_e$ | $\sigma_T$     | $\Delta i$ | $\sigma_e$ | $\sigma_T$     | $\sigma_l$ | $\sigma_e$ |     |
| 1 <sup>a</sup> | 1500                    | 124                                       | 0,012      | 132        | 201            | —          | —          | 138            | 0,008      | 88         | 234            | 0,01       | 110        | 20  |
| 2 <sup>a</sup> | 2970                    | 248                                       | 0,036      | 396        | 402            | —          | —          | 276            | 0,024      | 264        | 469            | 0,03       | 330        | 40  |
| 4 <sup>a</sup> | 6170                    | 496                                       | 0,072      | 790        | 804            | —          | —          | 562            | 0,048      | 528        | 938            | 0,076      | 835        | 122 |
| 5 <sup>a</sup> | 8000                    | —   | —          | —          | —              | —          | —          | —              | —          | —          | —              | —          | —          | —   |

deficenze in alcun punto nè deformazioni residue apprezzabili.

Gli sforzi relativi alla fase 5<sup>a</sup> non si sono potuti rilevare per la scarsa attendibilità offerta dagli apparecchi in seguito alla rottura imprevista della traente sotto un tiro di circa 8000 kg.

Il divario riscontrabile in alcune sollecitazioni, fra il valore teorico e quello effettivo, è da attribuirsi, a parte la differenza d'altronde prevedibile (sia per gli imponderabili, sia per le inevitabili de-

ficenze di ordine pratico nella realizzazione delle prove) alla estrema sensibilità degli apparecchi di misura, nonché alla difficoltà di eseguire le letture senza influenzare in qualche modo gli stessi apparecchi.

Lo scrivente esprime un particolare ringraziamento alla Direzione delle Costruzioni Elettriche della SIP, al cui cortese consenso si deve la pubblicazione della presente nota.

Guido Racugno

## La condotta forzata dell'impianto idroelettrico Telessio-Rosone dell'A.E.M. di Torino

*Dopo un breve accenno alle caratteristiche generali dell'impianto Telessio-Rosone in Valle Orco, con salto geometrico massimo utilizzato di 1.218 metri, vengono esposti i criteri di progetto e di costruzione della condotta forzata metallica che ha origine all'estremo inferiore del pozzo piezometrico a quota 1.837,80 e fa capo alla Centrale di Rosone alimentandovi, a quota 700, quattro nuove turbine Pelton per 70.000 kW complessivamente.*

Nel quadro delle costruzioni idroelettriche che l'A.E.M. di Torino sta attuando, il maggior apporto di nuova producibilità è recato dalle opere in valle Orco per l'integrale utilizzazione delle possibilità idrauliche della vallata. Segnatamente, l'impianto Telessio-Rosone, che deriva le acque di un gruppo di affluenti di sinistra dell'Orco sul versante meridionale del Gran Paradiso, ed è già parzialmente in funzione, costituisce un elemento di prim'ordine nell'economia generale dell'esercizio elettrico dell'A.E.M. Quando sarà completato, esso avrà una produzione di particolare pregio, sia per la notevole capacità dei serbatoi (tale da trasferire al semestre invernale la maggior parte dei deflussi utilizzati), sia per l'esercizio in pressione della derivazione e la rilevante potenza del macchinario generatore nella centrale di Rosone.

L'impianto, infatti, nel suo complesso, comprende tre serbatoi di accumulo stagionale (Pian Telessio, Valsoera ed Eugio) per un vaso massimo totale di 35 milioni di mc. che, utilizzati anche negli impianti di Bardonetto e di Pont, già in esercizio a valle, danno oltre 100 milioni di kWh invernali.

Un sistema di gallerie di derivazione in pressione, con sviluppo complessivo di circa 15 Km., fa capo al pozzo piezometrico a ciglio sfiorante con camera di equilibrio. Ha qui origine la condotta forzata, che, con sviluppo di oltre 2.000 metri, alimenta, nella esistente centrale di Rosone, quattro nuove turbine, di cui una di 10.000 kW e tre di 20.000 kW ciascuna.

Il salto geometrico massimo utilizzato risulta

dalla differenza fra il livello massimo al serbatoio di Pian Telessio (quota 1918 metri s. m.) e la quota degli ugelli delle turbine utilizzati in centrale di Rosone (699,61 metri s. m.). Tale salto è pertanto di oltre 1.218 metri, al presente il più alto in Italia.

Sono attualmente in esercizio gran parte delle gallerie di derivazione, la condotta forzata e 30.000 kW di macchinario generatore. Con il completamento delle dighe per la formazione dei serbatoi stagionali e con l'installazione di un ulteriore gruppo generatore di 50.000 kVA (con due turbine di 20.000 kW ciascuna) l'impianto raggiungerà la producibilità media annua complessiva di 180 milioni di kWh, di cui 120 nel semestre invernale.

\* \* \*

La condotta (fig. 1 e 2) beneficia di una situazione topografica particolarmente favorevole per l'economia dell'opera, sviluppandosi lungo l'aspro pendio di un costone roccioso che offre salde possibilità di ancoraggio, e consente di coprire il dislivello complessivo con una lunghezza di tubazione relativamente ridotta. La pendenza media della condotta è infatti del 65 % circa, ma giunge in determinate livellette fino ad un massimo del 140 % (fig. 3).

Tale situazione che, sotto l'aspetto della progettazione della condotta, appare assai favorevole, ha peraltro dato luogo, appunto per la natura impervia del luogo, a difficoltà non indifferenti nella costruzione della sede della tubazione e del piano inclinato di servizio, nonché nel trasporto e nel

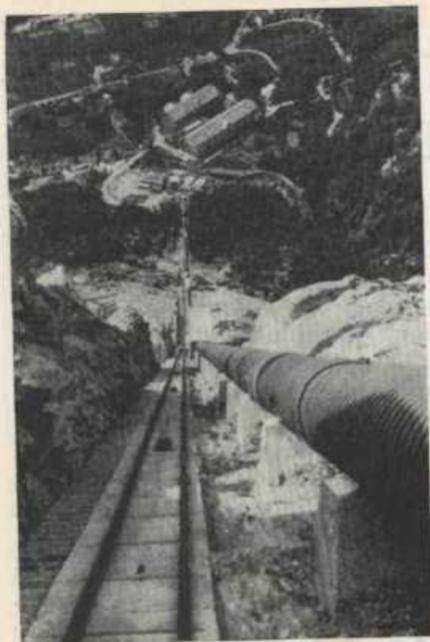


Fig. 1. - Parte inferiore della condotta e Centrale di Rosone.



Fig. 2. - La condotta vista dal piazzale di smistamento alla base del piano inclinato.

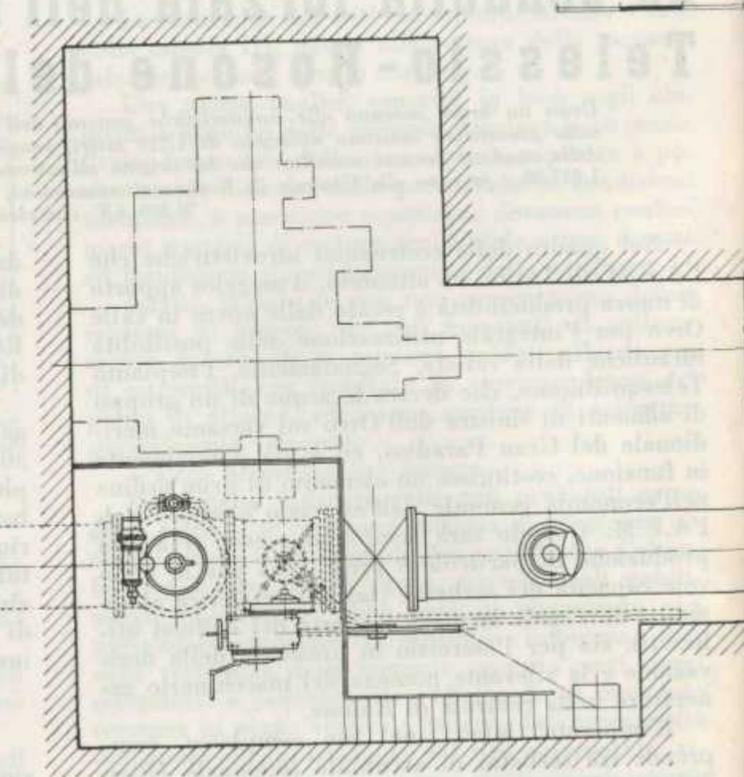
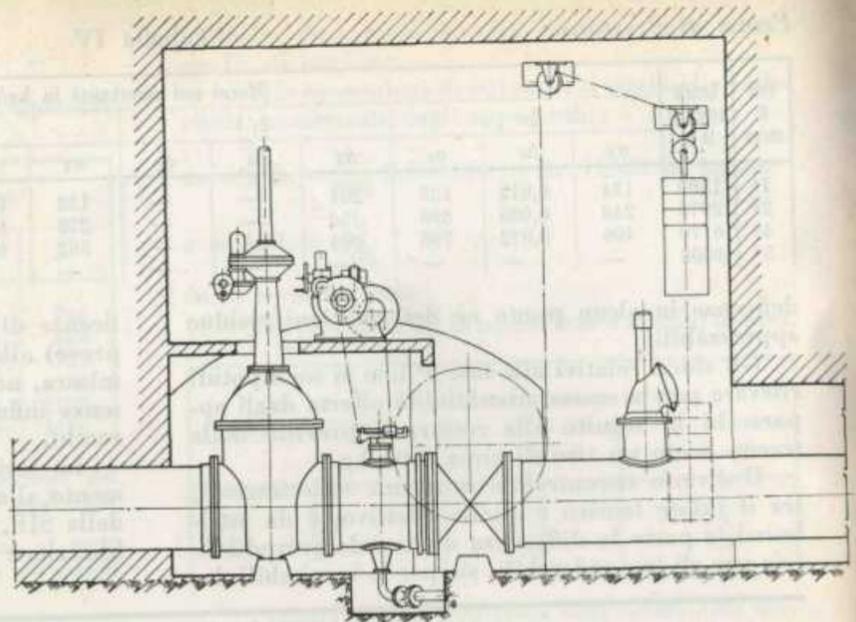


Fig. 4. - Camera di manovra in caverna con gli apparecchi di intercettazione e di sicurezza.

montaggio degli elementi metallici costituenti la condotta stessa.

La costruzione dell'impianto fu decisa all'inizio dell'ultima guerra mondiale e, durante i primi anni di questa, vennero sviluppati, fra l'altro, gli studi di impostazione e di progetto della condotta forzata.

Le sue caratteristiche vennero pertanto improntate alle migliori possibilità tecniche del momento, impiegando elementi di tubazione ottenuti da la-

miere in acciaio dolce, avente resistenza minima di 34 Kg/mmq., con saldatura longitudinale per bollitura al gas d'acqua; le blindature sono state effettuate mediante investimento sul tubo e forzatura a caldo di anelli in acciaio con resistenza di 45-55 Kg/mmq e le giunzioni trasversali realizzate mediante chiodatura.

L'ordine per la tubazione metallica venne passato alle Acciaierie e Tubificio di Brescia nel 1943 e l'approntamento dell'opera fu così iniziato in

pieno periodo bellico con tutti gli ostacoli connessi alla situazione dell'epoca. Questo permise poi, superata la fase più critica della guerra, di riprendere sollecitamente il lavoro già avviato e di portarlo a compimento pur fra le molteplici difficoltà del dopoguerra.

Successivamente all'epoca sopra accennata, notevoli progressi sono stati compiuti nel campo della costruzione delle condotte forzate. I miglioramenti realizzati nella produzione di acciai saldabili e nella tecnica della saldatura all'arco elettrico consentono oggi, pur adottando lo schema classico di costruzione, di impiegare lamiere di acciaio con resistenza di 48-54 Kg/mmq. e di costruire il tubo con saldatura longitudinale all'arco elettrico, mentre per gli anelli di blindatura si possono oggi adottare materiali con resistenza fino a 100-115 Kg/mmq. e limite di snervamento superiore ad 80 Kg/mmq.

Le migliori caratteristiche dei materiali portano ovviamente ad una notevole riduzione del peso della tubazione ed anche del costo di questa, nonostante il maggior pregio del materiale impiegato: ne conseguono, fra l'altro, sensibili spostamenti nei risultati del calcolo del diametro di massima convenienza economica.

Ai miglioramenti accennati si aggiunge ancora l'odierna possibilità di utilizzare, con le debite precauzioni, la saldatura elettrica anche per le giunzioni trasversali fra elemento ed elemento, nella sede di posa, ottenendosi così un condotto idraulico assolutamente continuo.

Costruttori francesi hanno recentemente sviluppato, particolarmente per i tubi blindati, nuovi metodi di costruzione sia mediante predeformazione a freddo e forzatura del tubo sugli anelli di blindatura, agendo dall'interno del tubo stesso, sia mediante blindatura continua con fune di acciaio. Questi metodi, adottati dopo la guerra in alcuni impianti del versante alpino francese, sono tuttora oggetto di attento esame in confronto a quelli classici; un giudizio al riguardo esula dai limiti della presente relazione.

Interessa solo rilevare, nei confronti dei miglioramenti di ogni tipo sopra accennati, che per una condotta come quella in esame, sviluppantesi fino ad alte quote in terreni rocciosi e scoscesi, occorre pur sempre mettere in conto, di fronte ai vantaggi di peso e di costo delle soluzioni più moderne, la maggior sicurezza che consegue all'impiego di lamiera in acciaio dolce con elevati valori di allungamento e di resilienza, soprattutto in relazione al comportamento della condotta in caso di frane, cadute di massi, urti violenti, ecc.

La condotta forzata del Telessio ha origine all'estremo inferiore del pozzo piezometrico in roccia con un primo tronco pressoché orizzontale con asse a quota 1837,80 metri s. m.

In questo tronco è inserito il complesso degli apparecchi di intercettazione e di sicurezza costituito da una saracinesca con comando a mano ed a motore, una valvola di sicurezza a farfalla con chiusura automatica per eccesso di velocità dell'acqua nella tubazione, nonché una valvola auto-

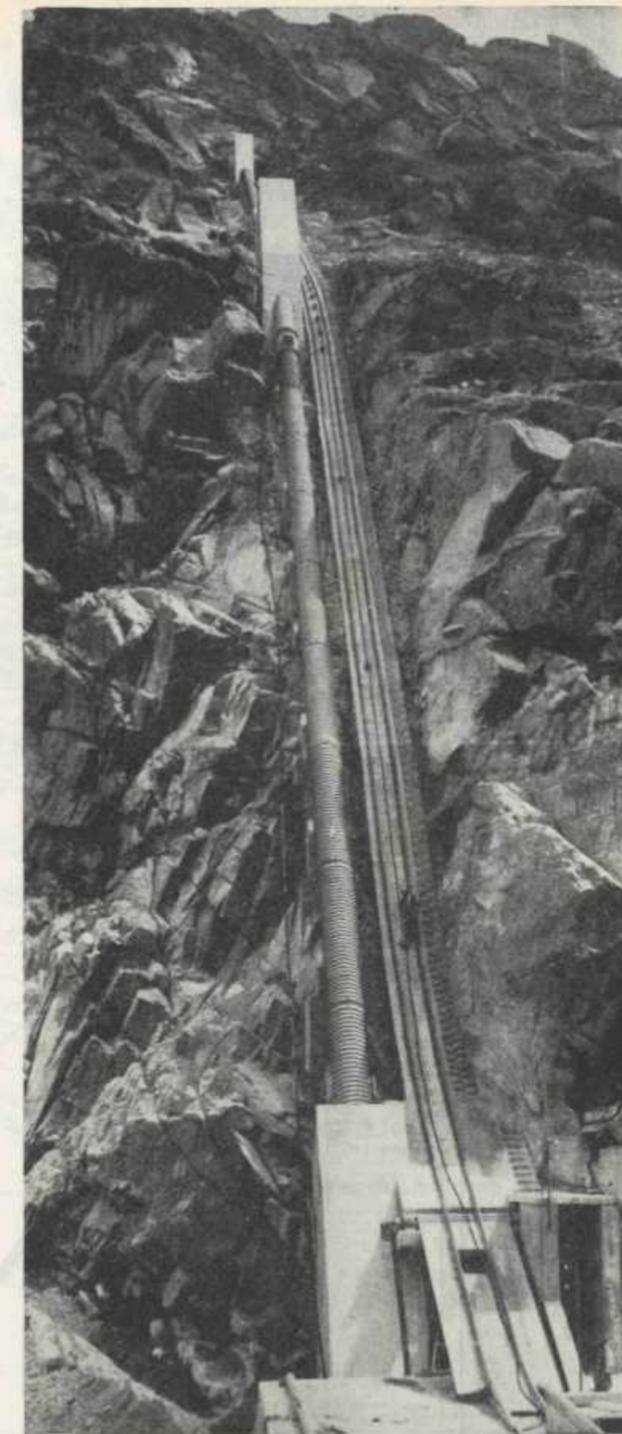


Fig. 3. - Livelletta 6-7 (pendenza del 142%).

niatica di entrata suscita d'aria; il tutto è sistemato in apposita camera di manovra in caverna (fig. 4). La condotta esce poi all'aperto e si sviluppa in quindici livellette di varia pendenza (fig. 5), con due cambiamenti orizzontali di direzione (fig. 6), uno dei quali in prossimità del piede della condotta, ove questa si dispone parallela al fabbricato della centrale con le successive diramazioni per l'alimentazione delle turbine. La fig. 8 indica la disposizione dei gruppi in centrale con turbine ali-



| Livellotta   | Lunghezza m. | Pendenza    | Inclinazione | Angolo in proiezione orizzontale | Spessori (virtuali per il tronco blindato) mm. | Diametri interni mm. |
|--------------|--------------|-------------|--------------|----------------------------------|--|----------------------|
| 0 - 1        | 18,40        | 0,002       | 0° 7'        | —                                | 10   | 1300                 |
| 1 - 1 bis    | 18,508       | 0,072       | 4" 7'        | —                                | 10   | 1300                 |
| 1 bis - 2    | 198,789      | 0,590       | 30° 33'      | —                                | 10-16  | 1300                 |
| 2 - 2 bis    | 45,861       | 0,980       | 42° 15'      | 41°2'20"                         | 17-18  | 1300-1170            |
| 2 bis - 3    | 60,342       | 0,980       | 42° 15'      | —                                | 19-20  | 1170                 |
| 3 - 4        | 150,147      | 0,361       | 19° 51'      | —                                | 20-23  | 1170-1162            |
| 4 - 5        | 192,545      | 0,705       | 35° 12'      | —                                | 24-31  | 1162-1098            |
| 5 - 6        | 116,004      | 0,858       | 40° 39'      | —                                | sald.:32- blind :28                            | 1098-1038            |
| 6 - 7        | 70,881       | 1,419       | 54" 50'      | —                                | 28-29  | 1038-1036            |
| 7 - 8        | 190,515      | 0,610       | 31° 25'      | —                                | 29-34  | 1036-1030            |
| 8 - 9        | 349,020      | 1,048       | 46° 22'      | —                                | 35-47  | 1030-1016            |
| 9 - 10       | 117,677      | 0,677       | 34° 7'       | —                                | 47-50  | 1016-1012            |
| 10 - 11      | 170,803      | 0,875       | 41° 12'      | —                                | 51-55  | 1012-1006            |
| 11 - 12      | 146,752      | 0,585       | 30° 20'      | —                                | 56-59  | 1006-1004            |
| 12 - 13      | 146,346      | 0,486       | 25° 56'      | —                                | 59-62  | 1004-1000            |
| 13 - 13 bis  | 39,301       | 0,00687     | 0° 24'       | 41°17'14"                        | 78   | 10000                |
| 13 bis - 14  | 15,550       | 0,00777     | 0° 27'       | —                                | 78   | 1000                 |
| Distributore | 32,755       | orizzontale | —            | —                                | 70   | 900-550              |
| TOTALE       | 2080,196     |             |              |                                  |  |                      |

a tubi blindati, i pesi, dal minimo di 4.970 Kg. per spessore ideale di 28 mm., salgono fino a 17.530 Kg. per spessore ideale di 78 mm. (fig. 10).

Il peso complessivo di tutta la tubazione, compreso il distributore e gli apparecchi di chiusura e di sicurezza, è risultato di circa 2.650 tonn.

La tubazione è sostenuta in sede da appoggi in conglomerato di cemento, a distanza di sei metri l'uno dall'altro, rivestiti superiormente da selle in lamiera d'acciaio.

Gli ancoraggi ai vertici, pure in conglomerato, con 300 Kg. di cemento per mc, sono del tipo con tubo annegato. Ogni livellotta della tubazione è provvista, a valle di ciascun ancoraggio, di giunto di dilatazione. La livellotta 8-9, data la notevole lunghezza, è stata suddivisa in due tratte con ancoraggio intermedio e relativo giunto di dilatazione.

La sede di posa della condotta è affiancata in quasi tutta la sua lunghezza da un piano inclinato e da una gradinata pedonabile di oltre 4.500 scalini.

La sede del piano inclinato e la gradinata, in conglomerato di cemento, con larghezza complessiva di circa due metri, hanno inizio circa 50 metri a valle del pozzo piezometrico e terminano raccordandosi ad un piazzale di smistamento presso la centrale, a quota 707.

La fig. 11 si riferisce alle sezioni tipo del complesso condottapiano inclinato nei due casi di percorso all'aperto e in galleria. I tratti in galleria sono tre con lunghezze di 142, 146 e 80 metri.

Per la costruzione degli ancoraggi, degli appoggi e della sede del piano inclinato con gradinata sono stati gettati, in complesso, circa 10.000 mc. di conglomerato.

Il piano inclinato (Agudio) è ripartito in due tratte, ognuna delle quali funzionante con un solo carrello su unico binario. Il carrello è azionato in cia-

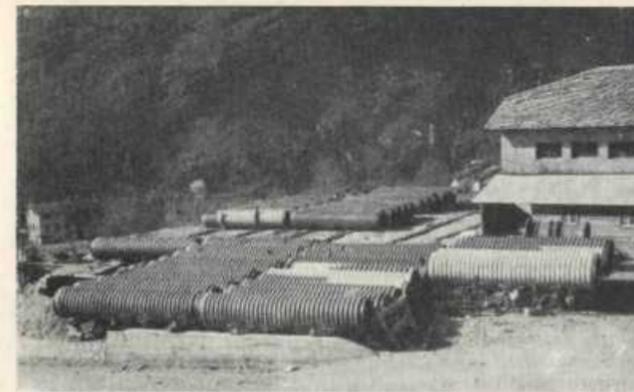


Fig. 10. - Sezioni tipo della condotta e piano inclinato all'aperto e in galleria.



Fig. 12. - Dispositivo per il passaggio del carrello dal primo al secondo tronco del piano inclinato.

scuna tratta, da argano disposto superiormente e, mediante opportuno dispositivo di scambio (figura 12), può agevolmente passare dall'uno all'altro dei due tronchi, i quali sono coassiali. Il binario, con scartamento di 80 cm., è costituito di rotaie a profilo normale del peso di 36 Kg/m.

Fig. 11. - Elementi di tubazione blindata pronti per il montaggio (estate 1950).

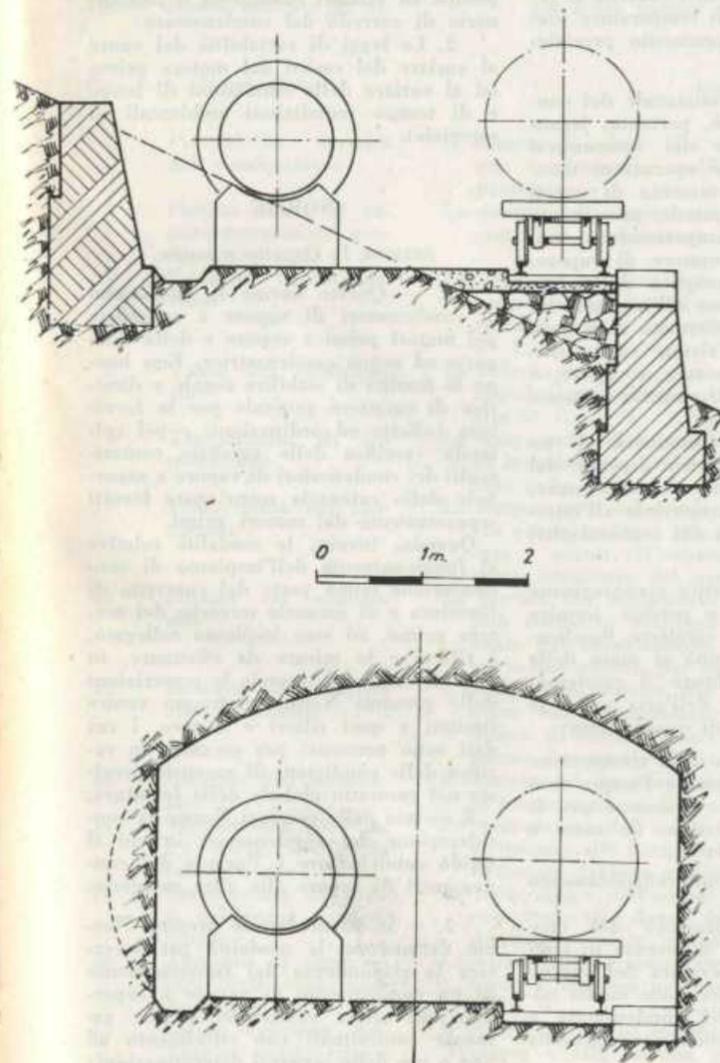
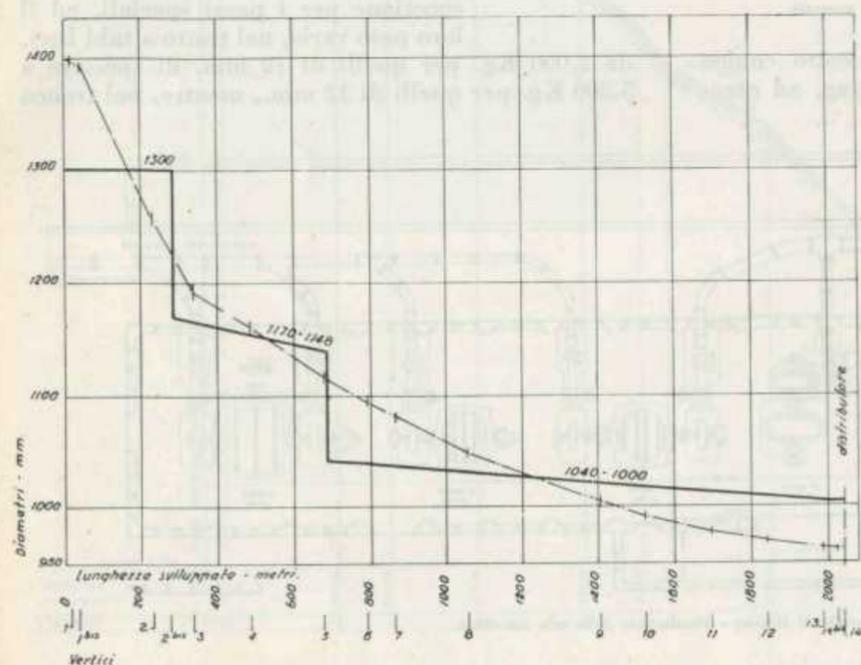


Fig. 9. - Distribuzione dei diametri lungo la condotta.



L'argano per il tronco superiore è installato in caverna, in prossimità della valvola a farfalla della condotta forzata, ed è azionato da motore elettrico di 90 kW. Quello per il tronco a valle è installato presso l'ancoraggio n. 7 ed il relativo motore elettrico ha la potenza di 70 kW.

Gli argani sono muniti di cambio di velocità ad ingranaggi con possibilità di azionare il carrello alle seguenti velocità: 24 metri al minuto con carico di 15 tonn. (trasporto degli elementi di tubazione per il montaggio della condotta); 60 metri al minuto con carico di 5 tonn. (trasporto di materiale vario); 83 metri al minuto con piccolo carico costituito essenzialmente da persone.

Le funi di trazione per le due tratte del piano inclinato hanno rispettivamente lunghezze di 1.170 e 900 metri e sono costituite da anima tessile e da sei trefoli in acciaio; ciascun trefolo ha 19 fili interni con diametro 1,5 mm. e 12 fili esterni di 2,34 mm. Il carico di rottura dei fili è di 180 Kg/mmq. Le funi hanno sezione metallica complessiva di 511 mmq. e peso di circa 4,9 Kg. per metro.

\*\*\*

Nell'aprile 1951, ultimato il montaggio della condotta forzata e dei relativi accessori ed eseguite con esito favorevole le prove di collaudo in sito, l'impianto Telessio-Rosone entrò in esercizio utilizzando, in primo tempo, l'acqua fluente del Balma sui due nuovi gruppi già installati nella centrale di Rosone, con potenza complessiva di 30.000 kW.

Nel corso dell'estate 1951 vennero ultimate le gallerie in pressione dal Telessio e dall'Eugio, per cui, attualmente, è possibile utilizzare la maggior parte delle acque fluenti dei bacini sottesi. Un'avanzata, costruita al Pian Telessio consente la formazione di un vaso di circa 400.000 kwh e l'esercizio in pressione della derivazione. Procedono frattanto i lavori per la costruzione delle dighe di Pian Telessio e di Salsoera, che daranno all'impianto la fisionomia finale di impianto per servizio di punta a produzione prevalentemente invernale.

Mario Brunetti