

## Progetto preliminare delle avandighe per l'impianto di Sanxia sul fiume Yangtze (Cina Popolare)

G. SEMBENELLI\*

Il progetto della Diga di Sanxia (Tre Gole) sul fiume Yangtze nella Cina Popolare costituisce uno dei grandi progetti plurifunzionali in programma oggi nel mondo. Nonostante il Governo Cinese cerchi di realizzare il progetto con le proprie risorse tecnologiche, la necessità di reperire i finanziamenti anche all'estero lo ha indotto a stabilire rapporti di collaborazione con enti e società del mondo occidentale, in modo da adeguare gli standards cinesi a quelli comunemente accettati nel mondo industriale. Nell'ambito di un programma di cooperazione scientifica siglato con il Ministero delle Risorse Idriche e per l'Energia Idroelettrica Cinese, l'ENEL ha sviluppato un progetto preliminare per la costruzione delle avandighe principali e per la realizzazione della costruenda diga. In questo lavoro, l'ENEL si è avvalsa della collaborazione di Società e Imprese specializzate italiane, quali ELC, LOTTI, ISMES, RODIO, TREVI, CONSONDA, GEOSONDA e ICOS.

Lo Yangtze è uno dei più grandi fiumi della terra, con una lunghezza di 6300 km, dagli altopiani del Tibet fino al Mare Cinese e con una portata media alla foce di 31 000 m<sup>3</sup>/s. Il fiume è molto importante per l'economia della Cina: oltre a coprire l'antico ruolo di via di comunicazione, in un paese ove il trasporto su terra è praticamente inesistente, il fiume costituisce una inesauribile fonte di energia. Si valuta che la potenzialità idroelettrica dello Yangtze si aggiri sui 230 000 MW, di cui solo una piccola parte è finora stata sfruttata.

Lo sbarramento di Sanxia è previsto a 4500 km dalla sorgente, circa 40 km a monte di quello di Gezhouba. L'area del progetto, per un'estensione di circa 200 km, è caratterizzata da tre imponenti gole, Qutang, Wu e Xiling, e da una serie di rapide, che riducono la navigabilità del fiume. Il bacino imbrifero sotteso dallo sbarramento è di circa 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup>. In corrispondenza della sezione di progetto, il fiume presenta due regimi abbastanza regolari, corrispondenti alle stagioni secca e piovosa: il periodo di magra va da novembre a maggio, con portate tra i 3000

e 17000 m<sup>3</sup>/s, e quello di piena da luglio a settembre, con portate da 10 000 a 50 000 m<sup>3</sup>/s. La massima piena storica è pari a 110 000 m<sup>3</sup>/s.

Il Progetto Sanxia è stato studiato per svolgere tre funzioni principali: produzione di energia, estensione della navigabilità per battelli di grande stazza (10000 t) di oltre 600 km a monte dello sbarramento, e controllo delle piene, in modo da evitare le periodiche inondazioni che affliggono le aree a valle, dove vivono circa 7 milioni di persone. La potenza installata dovrebbe essere di 16 000 MW, con una produzione annua di energia pari a 75 000 GWh: ciò ne farebbe il primo impianto idroelettrico al mondo.

La diga principale è prevista in calcestruzzo a gravità, con un'altezza di circa 170 m e uno sviluppo al coronamento di 2500 m. Nella parte centrale saranno ubicati gli sfioratori e gli scarichi per il rilascio del trasporto solido. Due centrali, disposte a sinistra e a destra della parte centrale, alloggeranno rispettivamente 14 e 12 turbine Francis da 550 MW ciascuna. L'estremità sulla sponda sinistra sarà occupata dal sistema di chiuse per la navigazione. Si prevede che i lavori richiederanno 2 anni di attività preliminari per l'apertura del cantiere, 10 anni di costruzione fino all'installazione del primo generatore e 4 anni per il completamento dell'installazione.

La realizzazione del progetto dovrebbe avvenire in tre fasi distinte. Innanzitutto si creerà un argine parallelo al corso d'acqua, che consentirà lo scavo del canale di deviazione in destra. Il canale sarà sufficientemente ampio da consentire la navigazione. Successivamente si procederà alla chiusura del fiume con due grandi avandighe in terra, all'interno delle quali si deprimerà la falda per consentire la costruzione della diga principale. Le avandighe dovrebbero essere realizzate tra il sesto e il settimo anno di costruzione e dovrebbero espletare le loro funzioni per una durata non superiore a 5 anni. Come ultima operazione, si convoglierà il fiume in sponda sinistra, nel sistema di chiuse per la navigazione, e si completerà la diga in destra.

Lo studio che l'ENEL ha condotto riguarda in modo specifico la realizzazione della deviazione del fiume e la realizzazione delle due grandi avandighe.

\* Dott. Ing. Giuseppe Sembenelli - Piero Sembenelli Consultant - Milano.

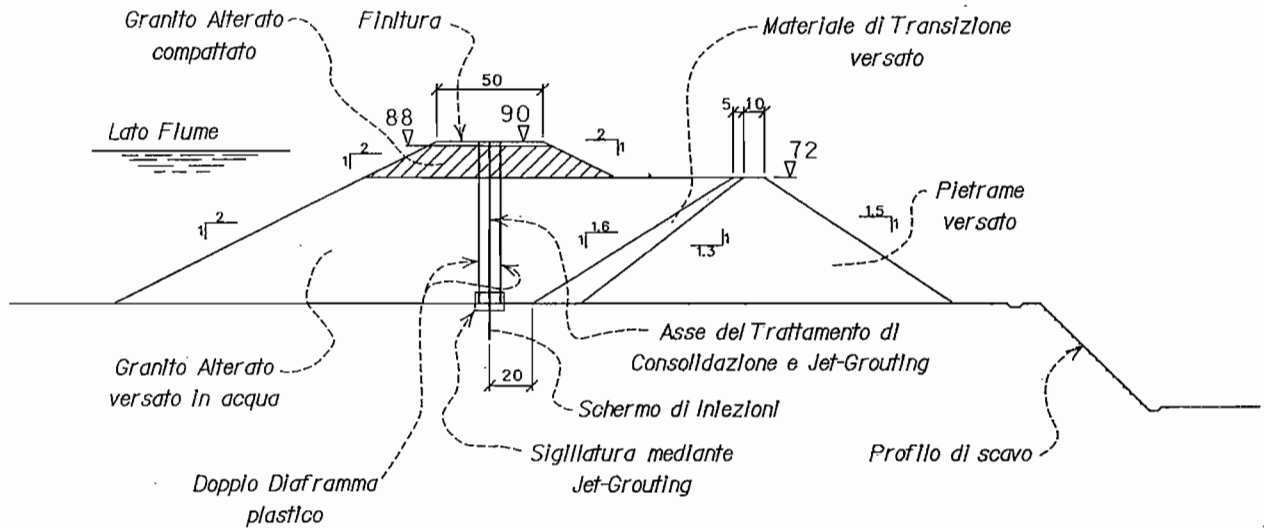


Fig. 1 - Diga di Sanxia. Sezione tipo dell'avandiga di monte, nella soluzione a: il sistema di tenuta è costituito da un doppio diaframma plastico collegato allo schermo di iniezioni.

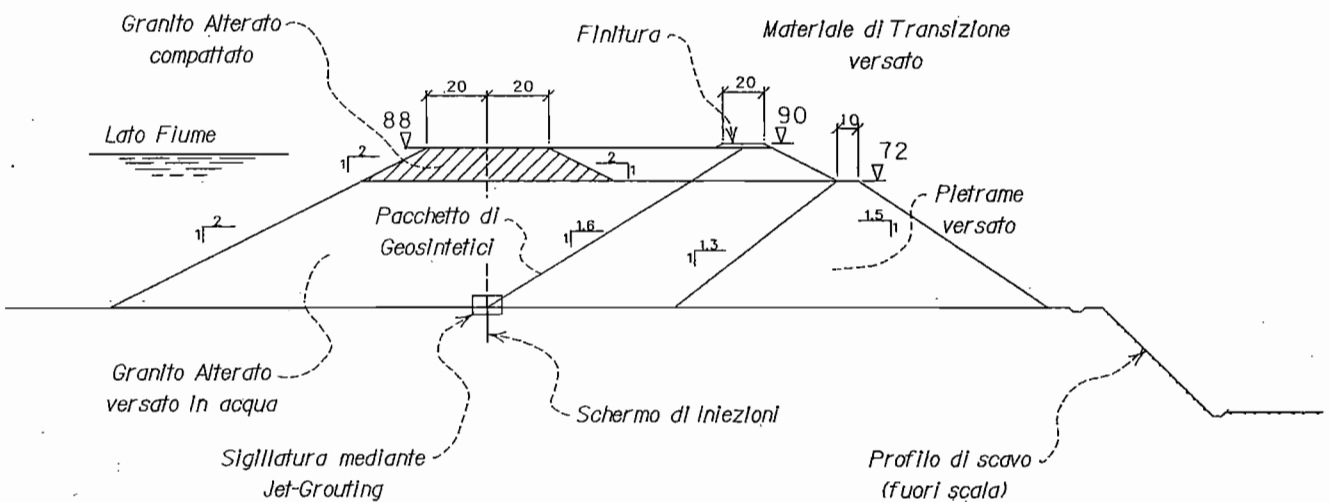


Fig. 2 - Diga di Sanxia. Sezione tipo dell'avandiga di monte, nella soluzione b: il sistema di tenuta è costituito da un geocomposto (geomembrana accoppiata a geotessile) che si collega allo schermo di iniezioni al piede di monte della zona in pietrame.

Esse saranno alte circa 70-80 m e lunghe circa 1 km, per un volume complessivo di terra e roccia pari a 10 milioni di m<sup>3</sup>. L'avandiga di valle sarà leggermente più bassa rispetto a quella di monte.

L'analisi condotta ha portato alla formulazione di due possibili soluzioni, differenti per il sistema di tenuta delle avandighe. Le soluzioni sono un perfezionamento di due alternative proposte nel precedente studio di fattibilità dello Yangtze Water Power Office (YWPO). La prima prevede un sistema di tenuta costituito da un diaframma plastico eseguito dalla quota coronamento. La seconda prevede un sistema di tenuta formato da un pacchetto di geosintetici, comprendente una geomembrana e due geotessili pesanti, di cui uno è tessuto e l'altro non tessuto. Comune a entrambe le soluzioni sono le modalità con cui si realizza la deviazione del fiume e la creazione di uno schermo di tenuta nei materiali di fondazione. Tale schermo verrà realizzato con jet-grouting, nelle alluvioni, e con normali iniezioni nella roccia fessurata sottostante.

La roccia di base è un granito a grana medio-fine, sano in profondità e via via più fessurato e quindi alterato man mano che si procede verso l'alto. Al massimo livello di alterazione il granito si presenta come una ghiaia sabbiosa. In alveo il granito alterato è in gran parte sostituito da alluvioni sabbiose e ghiaiose antiche e da uno strato superficiale di alluvioni recentissime dovute all'effetto dell'invaso di Gezhouba. I materiali da costruzione sono granito sano, per il pietrame, e granito alterato per le rimanenti zone dei rilevati.

La sezione tipo delle due soluzioni alternative proposte per le avandighe di monte di Sanxia è illustrata nelle Figg. 1 e 2.

La prima soluzione, presentata in Fig. 1, prevede a ridosso del prisma di deviazione del fiume, realizzato in pietrame, una transizione e quindi la massa dell'avandiga in granito alterato. Questo materiale verrà versato in acqua fino a 15 m dalla sommità mentre sarà steso e compattato in strati, a quote superiori. A partire dalla sommità, ovvero dalla quota di sicurezza, si praticheranno i fori per le iniezioni e per il jet-grouting. Il trattamento verrà portato fino alla sommità, in modo da migliorare le caratteristiche del granito alterato posto in opera e consentire lo scavo dei pannelli di diaframma, evitando refluenti di materiale. Per una maggiore sicurezza, è

stato previsto di realizzare il diaframma plastico con un doppio allineamento di pannelli.

La seconda soluzione, illustrata in Fig. 2, prevede la disposizione a ridosso del prisma di deviazione del fiume, sempre in pietrame, una transizione abbastanza spessa su cui viene steso il pacchetto di geosintetici. Sopra il pacchetto verrà subito versato uno strato di materiale alterato, con funzioni protettive. Successivamente si completerà l'avandiga con materiale versato, fino a 15 m dalla sommità, e con materiale compattato alle quote superiori. Dalla piattaforma creata alla quota di sicurezza si procederà alla realizzazione dello schermo di tenuta, che in questo caso inizierà dal piede di monte della zona in pietrame, dove termina l'impermeabilizzazione.

L'attenzione non è stata posta solo sull'aspetto statico delle opere ma anche e soprattutto sulla necessità di completare la chiusura e raggiungere una quota di sicurezza entro una sola stagione di magra. Globalmente le operazioni dovrebbero essere completate in soli 9 mesi, tra ottobre e la fine del giugno successivo.

In pratica la costruzione delle due avandighe dovrebbe procedere di pari passo, a partire dalla sponda sinistra, con il piede in pietrame che precede leggermente il corpo dell'avandiga. Alla fine del secondo mese è previsto che tutti gli sforzi siano concentrati sul piede dell'avandiga di monte per il completamento della parte in pietrame e la conseguente deviazione del fiume. I successivi 5-6 mesi saranno impiegati per ultimare le avandighe e il sistema di tenuta.

Al fine di razionalizzare le operazioni di cantiere e per ridurre le incertezze derivanti dall'impiego di un altissimo numero di automezzi, entrambe le proposte sviluppate prevedono l'impiego di nastri trasportatori per la movimentazione del materiale da costruzione, nel tratto compreso fra i punti di accumulo e i rilevati. La produttività massima toccherà 1 500 000 m<sup>3</sup>/mese.

#### BIBLIOGRAFIA

- MALQUORI E. (1990) - *ENEL's co-operation in international hydro development*. Water Power and Dam Construction, October.