

Risanamento e stabilizzazione della Diga di Maljevac e della Discarica di Pljevlja

Dott. Ing. Ezio Baldovin*, Dott. Ing. Roberto Castellano**, Dott. Geol. Gian Luca Morelli*

* Geotecna Progetti S.r.l.

** A2A S.p.A.

SOMMARIO

La memoria tratta il tema della messa in sicurezza straordinaria della discarica contenente le ceneri e le scorie di risulta del processo produttivo della Centrale Termica di Pljevlja, alimentata da lignite, ubicata nella valle del Fiume Zhotina nella parte settentrionale del Montenegro.

Per la formazione del volume di contenimento del materiale "a discarica" è stata realizzata, fin dall'inizio dell'esercizio, negli anni '80, una diga in località Maljevac, in corrispondenza di una vallecchia sede del Torrente Paleški, topograficamente idonea allo scopo.

Nel corso della pluridecennale attività il complesso delle opere è stato sottoposto ad importanti interventi per aumentare la capacità della discarica, modificandone sostanzialmente la configurazione originaria.

Nell'ultimo decennio il monitoraggio della diga e della discarica ha evidenziato situazioni di scadimento, nella funzionalità, dell'opera, tra cui significative deformazioni di alcune parti della diga, che hanno richiesto un riesame generale del complesso sotto il profilo dell'efficienza e, più ancora, della sicurezza nei riguardi del territorio e della pubblica incolumità.

Nella memoria, oltre ad illustrare le opere esistenti, si presentano i risultati degli accertamenti e degli studi svolti ed i conseguenti provvedimenti che si stanno adottando.

Parole chiave: diga, discarica, risanamento, ceneri, sisma, ricalzo a valle

1 PREMESSA

La Centrale Termica TC di Pljevlja (Fig.1), situata nel Nord-Est del Montenegro (ex Jugoslavia, successivamente Serbia e Montenegro dal 1992 al 2006), è in esercizio da qualche decennio da parte di EPCG (Ente di Stato per l'energia elettrica).

Essa è alimentata da lignite; le ceneri di risulta del processo produttivo vengono messe a discarica in un apposito sito di stoccaggio distante 700 m dalla Centrale.

Per la formazione del volume di contenimento del materiale "a discarica" è stata realizzata, negli anni '80, una diga in località Maljevac (Fig. 2), in corrispondenza di una vallecchia sede del Paleški Potok topograficamente idonea allo scopo.

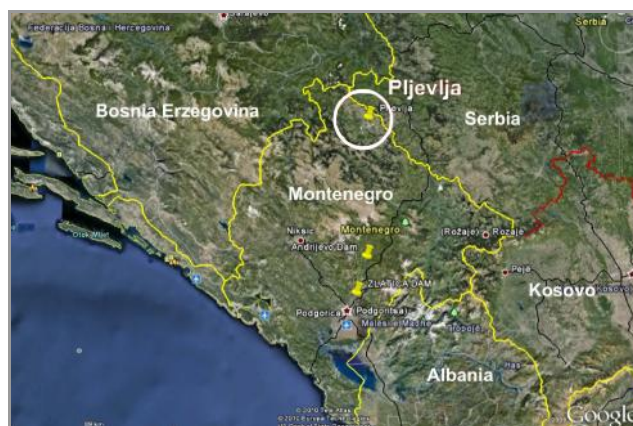


Figura 1 - Ubicazione geografica

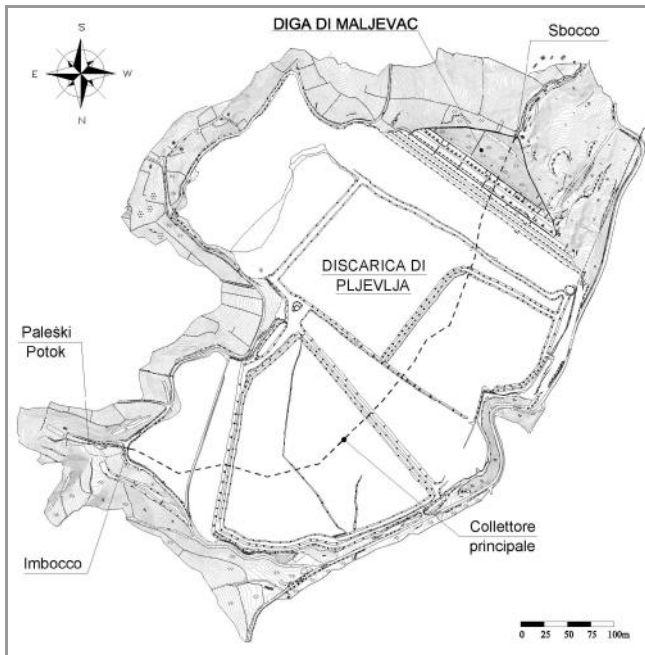


Figura 2 - Planimetria della Diga di Maljevac e della discarica

Le ceneri, da sempre, vengono trasportate alla discarica per via fluida, disperse in acqua, mediante apposita tubazione, con impiego di un impianto di pompaggio. Nel corso dell'esercizio il complesso delle opere è stato sottoposto ad importanti interventi per aumentare la capacità della discarica, tra cui il più importante è stato il sovrizzo della diga.

Si sono conseguentemente modificate sostanzialmente le condizioni originarie. Nell'ultimo decennio il monitoraggio dell'impianto ha evidenziato situazioni di

scadimento, nella funzionalità, di alcune parti d'opera, come ad esempio l'invecchiamento dei circuiti di mandata e restituzione delle acque, l'intasamento di dispositivi filtranti e di scarico delle acque reflue, ma anche preoccupanti significative deformazioni del corpo diga, che hanno richiesto un riesame generale del complesso sotto il profilo dell'efficienza e, più ancora, della sicurezza nei riguardi del territorio e della pubblica incolumità.

A2A, avendo acquisito nel 2010 una importante partecipazione azionaria in EPCG, ha svolto, con la consulenza di Geotecna Progetti, un'indagine intesa ad inquadrare le carenze e, soprattutto, le criticità presenti, nonché ad individuare, in un quadro generale, gli interventi da porre in essere, a stabilirne il livello di urgenza e l'ordine delle priorità, ed a valutare l'incidenza dei relativi costi.

2 CARATTERISTICHE DELLE OPERE

Nel progetto originario del 1980, a cura di Energoprojekt di Belgrado, la diga (parte inferiore della Fig. 3), con coronamento a q. 790.50 m s.m., era formata da un rilevato in terra, dell'altezza, sulle fondazioni, di 27 m, realizzato per la maggior parte della sezione con materiale "argilloso", e soltanto per una fascia di spessore 5-6 m, disposta sotto il paramento di monte e risvoltata sul terreno di fondazione, con materiale granulare (alluvionale) più permeabile.

La pendenza di monte era 1/1.5÷1/2.5, quella di valle 1/2, ma con interposizione di una berma di ampiezza di 4÷5 m, posta ad una quota di 12 m superiore alla fondazione.

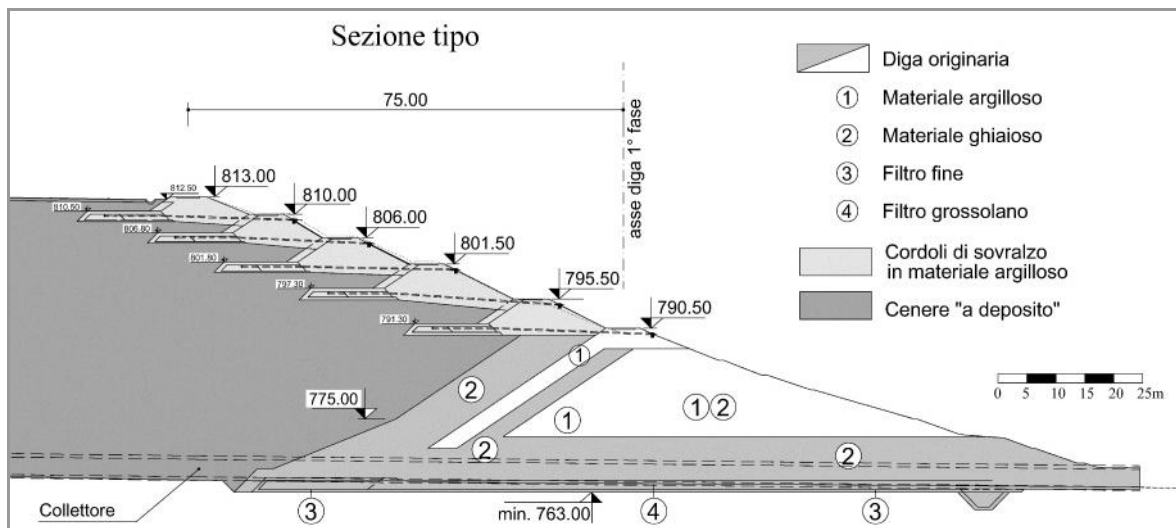


Figura 3 - Sezione tipo della diga

Lo sviluppo in asse della diga era di 300 m, con un volume di circa 400.000 m³.

Per la fondazione della diga è stata operata l'asportazione di uno spessore di 1÷2 m di terreno, formato dal vegetale e da una parte del sottostante strato di terreno eluviale argilloso. Quest'ultimo, lasciato sostanzialmente in posto,

ha uno spessore variabile, di circa 5÷6 m sul fondo valle, e di 3÷5 m sulle sponde; a profondità maggiore è invece presente una formazione di buona consistenza di argille carboniose sovraconsolidate.

La diga propriamente detta, che sottende un bacino imbrifero di circa 2 km², non è dotata di scarico di

superficie, né di scarico di fondo. Le acque meteoriche affluenti dal bacino imbrifero, secondo progetto, sarebbero dovute fluire attraverso una galleria (collettore) posta sulla fondazione della diga in fondovalle, dello sviluppo di 850 m e dimensionata con un diametro variabile tra 2.85 m all'imbocco (all'incile del volume di "invaso") e 3.2 m allo scarico a piede diga.

La capacità della discarica, nella concezione originaria era, di massima, identificata con il volume di ritenuta creato dalla diga (circa 2 milioni di m³).

Successivamente EPCG decise di procedere ad un suo graduale ampliamento con la sopraelevazione della diga, e furono realizzati all'uopo, in tempi successivi, dal 1988 ai primi anni del 2000, dei "gradoni", sovralzando via via il coronamento del rilevato secondo il criterio piuttosto classico delle "dighe per stoccaggio di inerti" e creando così ulteriori volumi per il deposito del materiale (Fig. 4).

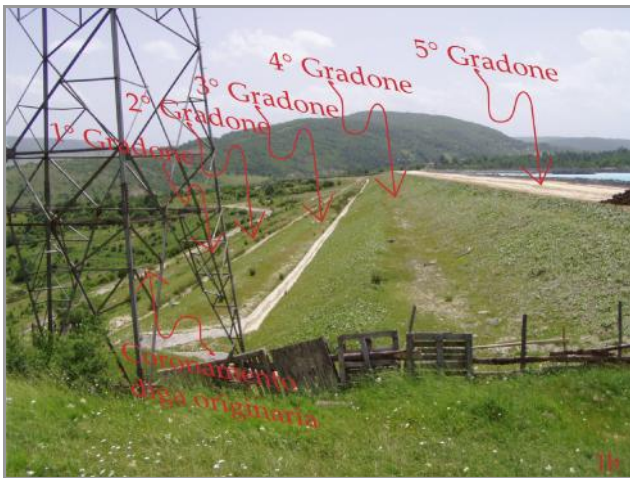


Figura 4 – Diga – Gradoni di sovralzo (da sponda sinistra)

Questi gradoni, in numero di 5, dell'altezza di circa 4÷5 m cadauno, venivano costruiti formando dei "cordoli" con lo stesso materiale "argilloso" della diga, e prolungando così, in sommità, con l'originaria pendenza media, il profilo del paramento di valle. I "cordoli" (parte superiore della Fig. 3), peraltro, venivano fondati in parte sul rilevato sottostante compattato, ed in parte, lato monte, direttamente sul materiale di discarica (ceneri).

Tale materiale, derivante dalle operazioni di scarico, allo stato fluido, delle ceneri, non veniva compattato, essendo invece oggetto di un semplice processo di naturale consolidazione favorito dai dispositivi di drenaggio.

Il nuovo ed attuale coronamento diga risulta a quota 813.0 m s.m. (Fig.3) ed ha uno sviluppo di 950 m circa. A seguito della sopraelevazione, il collettore di fondovalle è stato progressivamente prolungato di 470 m verso monte, riducendone peraltro gradualmente il diametro fino ad un minimo (all'imbocco di monte) di 2.2 m. Il volume a disposizione per la discarica, è salito a 11 milioni di m³ circa; esso è oggi sostanzialmente esaurito.

L'alimentazione della discarica nella versione originaria, risultava come segue. Un circuito in pressione proveniente dalla Centrale Termica scaricava mediante una tubazione in mandata le ceneri fortemente diluite in acqua (nel rapporto di circa 1 a 10) sulla superficie del deposito.

Le acque reflue, risultanti dalla decantazione e consolidazione delle ceneri, venivano fatte confluire dall'area di discarica in due pozzi sfioratori che le immettevano in una tubazione apposita collocata nel collettore di fondovalle, per poi rientrare in Centrale mediante il ramo di ritorno del circuito in pressione.

Con la realizzazione dei gradoni è stato modificato lo schema: le acque di decantazione vengono in parte immesse in uno scarico imbutiforme prossimo al coronamento in sponda destra, collegato al ramo di ritorno del circuito in pressione, ed in parte raccolte attraverso appositi tappeti filtranti, predisposti alla base dei "cordoli", e scaricate a valle mediante tubazioni sottopassanti i "cordoli" che le immettono, all'aperto, nelle cunette longitudinali, lungo berma, e, infine nei cunettoni perimetrali della diga.

3 CRITICITA' INDIVIDUATE

Nel 2010, in coincidenza con l'ingresso di A2A in EPCG, sono state individuate alcune criticità relative alla sicurezza geotecnica ed idraulica delle opere.

Infatti il ridotto valore del franco e la sostanziale contiguità dello specchio liquido determinavano l'imbibimento del paramento di valle dei gradoni superiori e la possibilità di involontarie tracimazioni per cause naturali o erronee regolazioni.

Inoltre l'imbocco del collettore di scarico risultava parzialmente ostruito e non si avevano notizie di ispezioni recenti che garantissero l'integrità e la funzionalità dell'opera.

3.1 Stabilità della diga

La stabilità della diga nella configurazione finale presentava, nel 2010, alcune riserve sia sotto il profilo globale rispetto ad una probabile rottura generalizzata per scoscendimento, sia a motivo di alcune specifiche condizioni di precarietà importanti, anche in relazione alla media sismicità della regione. Queste ultime sono state individuate come segue:

- *in corrispondenza del piede di valle, sia nella sezione di massima altezza, ma anche lungo i bordi perimetrali (segnati dalle cunette) che risalgono lungo i versanti, ed in particolare in sponda destra*
Dette instabilità sono causate dalle scadenti caratteristiche dei terreni di fondazione nei primi metri (che non sono stati bonificati all'atto della costruzione). Questi terreni, in sponda destra, sono di per sé sede abbastanza evidente di movimenti più o meno superficiali di "colamento" in una fascia di ampiezza di alcune decine di metri al di fuori dell'impronta diga (Fig. 5); movimenti che vanno a coinvolgere il piede del rilevato e danno luogo a deformazioni che interessano il corpo diga, dal piede sino alla prima banca sul paramento, ove sono state infatti segnalati, sin dal 2000, anomali fenomeni di sollevamento.

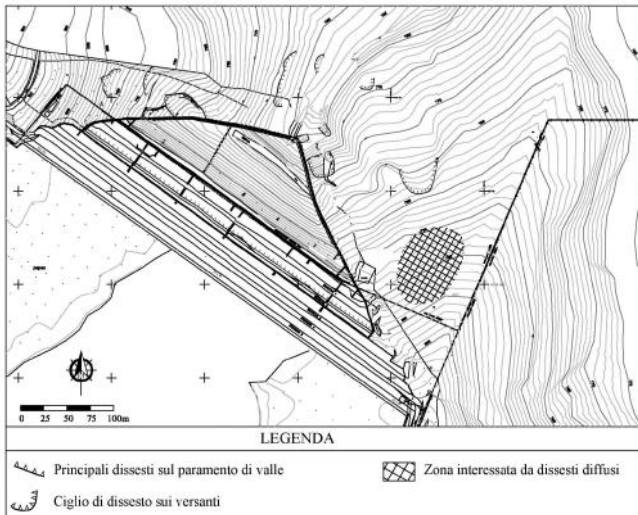


Figura 5 - Principali dissesti rilevati in zona diga

- *su di un'ampia fascia del paramento di valle, in corrispondenza dei due "cordoli" (gradoni) inferiori dei 5 realizzati per sovralzare la diga, sono presenti evidenti deformazioni*

Spostamenti verso valle dei punti monitorati che, segnalati in parte sin dal 2000, hanno raggiunto l'entità massima di circa 1 metro, e ciò su di un'estensione di circa 100÷150 m, vale a dire su buona parte dello sviluppo della diga (Fig. 6).



Figura 6 – Diga – Collassamento generale 2° gradone

- *suscettibilità delle ceneri alla liquefazione*

A seguito delle indagini svolte, esiste un ragionevole sospetto che le ceneri risultino suscettibili di liquefazione in caso di sisma.

Questo aspetto poteva forse non avere molta importanza per il primo progetto della diga, quando per la creazione della discarica si considerava soltanto l'utilizzo della capacità dell'invaso formato dallo sbarramento.

La situazione è invece mutata nel momento in cui si è attuata la sopraelevazione e si è previsto quindi di depositare le ceneri con il semplice contenimento delle stesse, lato diga, mediante "cordoli" di argilla, che sono di dimensioni modestissime e fondati in

maniera precaria (prevalentemente sulle ceneri depositate in precedenza).

- *classificazione sismica dell'area*

Secondo la Carta della Sismicità del Montenegro emessa dall'Istituto Sismologico del Montenegro nel 1982, il sito della diga e della discarica ricadono nella Zona VII e VIII di intensità sismica secondo la scala MCS per un tempo di ritorno rispettivamente di 200 e 500 anni.

Analisi di stabilità eseguite all'equilibrio limite con il metodo di Bishop e considerando accelerazioni pseudostatiche orizzontali $0.07 \div 0.1g$ e verticali $0.035 \div 0.05g$, alternativamente verso l'alto ed il basso, agenti contemporaneamente, hanno evidenziato insufficienti margini di sicurezza. Ciò in particolar modo nell'eventualità che la linea di falda venga a coincidere con il piede di monte dei cordoli.

3.2 La gestione delle acque meteoriche

Per le dighe destinate a stoccaggio di prodotti sterili la salvaguardia delle opere nei riguardi degli afflussi meteorici provenienti da monte rappresenta un tema sul quale le raccomandazioni ICOLD, per garantire la sicurezza, impongono un'assoluta severità. Infatti in questa ottica le dighe "per discarica" sono considerate altamente vulnerabili e si raccomanda quindi che le acque esterne di piena vengano rigorosamente trasferite, con adeguati manufatti, a valle diga anche per le ipotesi più estreme, non solo per la fase di attuazione dello stoccaggio, ma anche per il lunghissimo termine dopo la chiusura della discarica.

Inoltre vanno sempre rispettati con ampio margine i valori minimi del franco tra la massima quota delle acque a monte ed il coronamento della diga.

Nel caso specifico, i progettisti assegnarono, a suo tempo, la funzione di "diversore" al collettore disposto sul fondo valle e sottopassante la discarica ed il rilevato diga.

Il dimensionamento del prolungamento a monte di tale dispositivo appare insufficiente e risulta necessario regimare ed evacuare gli apporti meteorici di un sottobacino in sinistra e della superficie della discarica.

Nel 2010 inoltre nulla poteva dirsi dell'efficienza di tutto il collettore, ove lo stesso fosse stato chiamato ad evacuare una piena di portata rilevante. Oltre a ciò il manufatto risultava "non accessibile" per ragioni di sicurezza del personale.

In tempi successivi si è potuto procedere ad un'ispezione, che ne ha evidenziato un buon livello di conservazione, pur con la necessità di interventi di manutenzione straordinaria.

Rispetto al franco di sicurezza delle acque in sommità al coronamento, sempre nel 2010 la situazione risultava precaria in quanto il livello della discarica, e quindi dell'acqua veniva tenuto, a ridosso della diga, prossimo alla quota coronamento.

Nel corso di quell'anno è stato posto parziale temporaneo rimedio a questa situazione, con un abbassamento del livello del pelo libero di circa 50 cm a seguito della

regolazione del circuito di ricircolo delle acque reflue. Durante l'estate è stato poi eseguito un "argine" sopraelevato a monte, discosto dalla diga circa 100 m, a valle del quale si è poi proceduto alla sistemazione, anche con inerbimento, dell'area di rispetto, per la quale rimane da definire a lungo termine una quota adeguata nei riguardi della sicurezza della diga.

4 INDAGINE GEOTECNICA

Una campagna di indagini geognostiche e geotecniche è stata condotta nel corso della seconda metà del 2010 con lo scopo di acquisire elementi utili per inquadrare al meglio le peculiarità geomorfologiche dell'area circostante la diga, eventuali caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni di fondazione del rilevato e caratterizzare dal punto di vista fisico-meccanico le ceneri provenienti dalla Centrale e poste a discarica.

Principalmente, in ragione della ristrettezza dei tempi disponibili, la campagna è stata arealmente limitata alla sola zona di piede del rilevato esistente, ove si intendevano realizzare le prioritarie opere di stabilizzazione.

4.1 Terreni di fondazione

Le indagini sui terreni di fondazione della diga hanno compreso l'esecuzione di rilevamenti geomorfologici nell'area di imposta dello sbarramento e sul corpo del rilevato esistente, nonché la perforazione di alcuni sondaggi geognostici e lo scavo di saggi esplorativi in corrispondenza del piede diga (Fig. 7), oltre a prove geotecniche in laboratorio su campioni prelevati in sito.

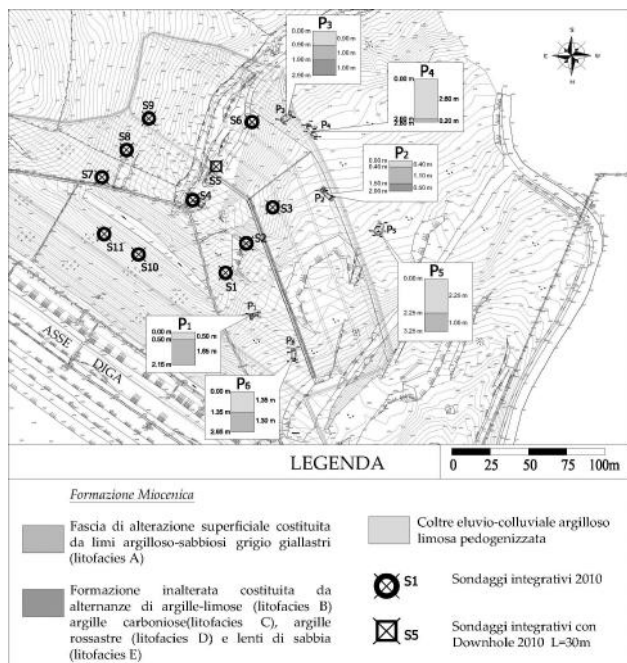


Figura 7 - Indagini dirette (sondaggi "S" e scavi di saggio "P") eseguite presso il piede di valle della Diga di Maljevac

Sulla scorta dei risultati di dette indagini è stato possibile appurare che, dal punto di vista litostratigrafico, la

porzione più superficiale dei terreni investigati presso il piede del rilevato, fino ad una profondità di circa 5÷6 m dall'attuale piano campagna, risulta costituita da una coltre eluvio-colluviale di argille limoso-sabbiose con bassa consistenza ed elevata compressibilità, localmente frammista a plaghe discontinue di materiali di riporto di varia natura.

Detti depositi superficiali eterogenei passano in profondità ad una formazione miocenica di tipo sedimentario, che costituisce il locale substrato dell'area, principalmente formata da alternanze irregolari di argille e argille carboniose, talora con intercalazioni di lenti sabbioso-limose.

Analisi fisico-chimiche di laboratorio condotte sui depositi del substrato ne hanno attestato una predominante granulometria argillosa, cui si associa una plasticità variabile da media ad elevata (IP 15÷55 %), un contenuto di carbonato di calcio trascurabile ed un moderato grado di sovraconsolidazione (OCR 2÷3).

I depositi sono risultati praticamente saturi in condizioni naturali ed hanno fornito, da prove di taglio diretto e da prove triassiali consolidate isotropicamente-non drenate, resistenze al taglio nel complesso piuttosto scadenti ($\phi' = 14^\circ \div 22^\circ$; $c' = 3.7 \div 7.3 \text{ kN/m}^2$), tipiche di materiali classificabili nel campo dei terreni fini.

4.2 Ceneri

Le analisi di laboratorio condotte su un solo campione "disturbato" di cenere hanno dimostrato trattarsi, dal punto di vista granulometrico, di un materiale non plastico e prevalentemente costituito da limo (48%) e sabbia (46%), con minimo contenuto percentuale di argilla (3%) e ghiaia (3%).

Il peso di volume secco è risultato molto basso, $7.87 \div 9.23 \text{ kN/m}^3$ in funzione del grado di compattazione adottato per la ricostruzione dei provini (variabile tra l'85% ed il 100% della massima densità ricavata con prove Proctor Standard), con peso specifico pari a 23.5 kN/m^3 .

La composizione granulometrica, unitamente a tali caratteristiche fisiche, non permette di escludere, allo stato delle conoscenze attuali, una tendenza alla liquefazione delle ceneri in condizioni saturate in concomitanza di un sisma di una certa severità. Tale aspetto meriterebbe un approfondimento particolare.

In generale, la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche della cenere effettuata su alcuni provini ricostituiti in laboratorio a diversi valori di densità secca e tenore di umidità variato mediante tradizionale asciugatura in forno a 105° , ha evidenziato per il materiale:

- elevate proprietà igroscopiche (i.e. capacità di trattenere acqua in ambito intra-granulare);
- bassi valori del peso di volume secco;
- medio-basse permeabilità ($2.4 \times 10^{-07} \div 5.5 \times 10^{-08} \text{ m/s}$);
- medio-alti valori dell'angolo di attrito ($\phi' = 32^\circ \div 36^\circ$) e coesione pressoché nulla in condizioni prossime alla saturazione.

Si ritiene che dette caratteristiche possano essere messe in relazione con le particolari proprietà mineralogiche,

morfologiche e tessiture delle particelle che compongono la cenere. In particolare, la caratteristica struttura "spugnosa" delle particelle di maggiori dimensioni, ben evidenziata dall'analisi al microscopio elettronico a scansione ESEM con microanalisi a raggi X EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*) (Fig. 8), sembra poter giustificare l'elevata capacità del materiale di contenere acqua in ambito intra-particellare, condizione altrimenti difficilmente spiegabile in materiali, quali quello testato, con una significativa componente sabbiosa.

L'alto contenuto di quarzo (30%÷50%) e sostanza vetrosa (30%÷50%), ovvero di sostanze ad elevata resistenza meccanica, evidenziato dalle analisi mineralogiche diffrattometriche ai raggi X, potrebbe, invece, motivare i valori medio-alti di angolo di attrito ottenuti per tale materiale, a fronte di densità generalmente basse.

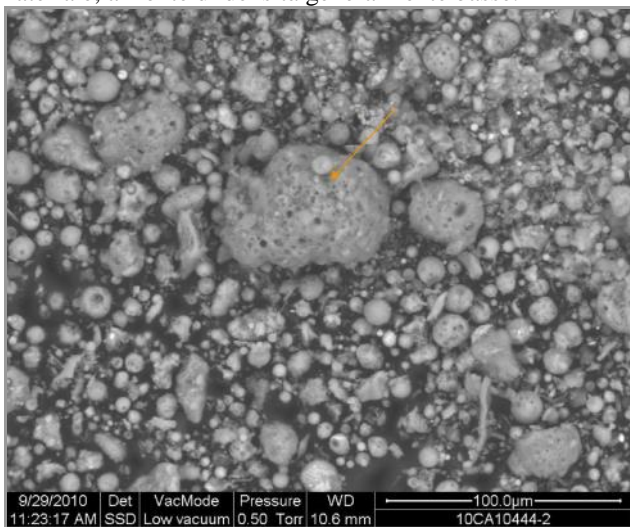


Figura 8 - Immagine ESEM di particelle di cenere. Con la freccia viene indicato un esempio di particella a struttura visibilmente spugnosa

Da prove di compattazione risulta, inoltre, che le ceneri presentano un comportamento apparentemente anomalo rispetto a quello caratteristico dalle terre, in quanto a marcati cambiamenti del tenore di umidità non sembrano corrispondere variazioni significative dei valori di densità secca (Fig. 9), che, in generale, si mantengono sempre piuttosto bassi (circa nell'ordine di 8÷9 kN/m³).

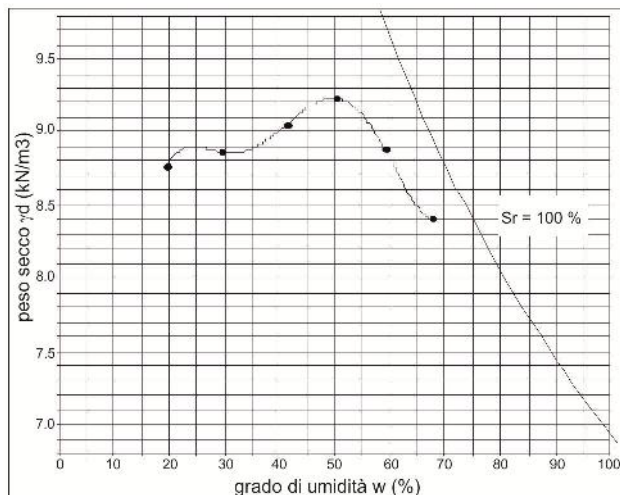


Figura 9 - Curva di compattazione ricostruita per la cenere

Ulteriori approfondimenti sulle caratteristiche meccaniche delle ceneri potrebbero consentire una verifica delle assunzioni di progetto.

5 INTERVENTI MIGLIORATIVI

5.1 Stabilizzazione della diga, delle sponde e dei gradoni 1 e 2

L'intervento principale previsto nel 2010 consiste essenzialmente nella creazione di uno zoccolo a piede diga di adeguate dimensioni e ben fondato, da realizzare con materiali di buone caratteristiche meccaniche, come rockfill o detrito calcareo.

La geometria di tale rinalzo mira a stabilizzare anche le sponde per una certa estensione, operando previe locali bonifiche del terreno smosso, in particolare in destra, e "zavorrando", con materiale sciolto drenante e di buone caratteristiche, il paramento dissestato.

A tale scopo la sommità del rinalzo sarà portata a quota 806.2 m s.m., in modo da rinfiancare i primi 3 gradoni inferiori (Fig. 10).

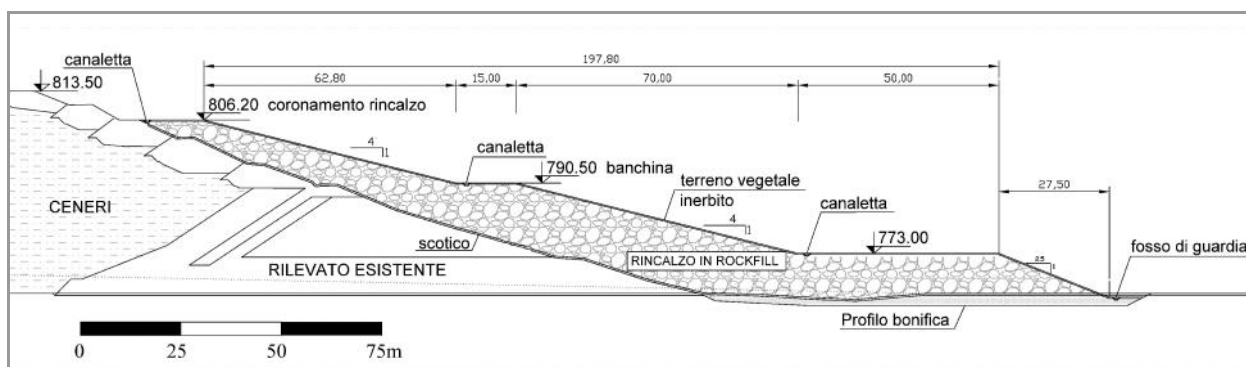


Figura 10 - Stabilizzazione della diga con rinalzo al piede

Tale intervento consente di migliorare decisamente le condizioni di stabilità della sezione principale, particolarmente in concomitanza di azioni sismiche. In effetti, come illustrato nella Fig. 11, anche con accelerazione orizzontale 0.1g e verticale 0.05g il fattore di sicurezza minimo, altrimenti inferiore all'unità, si attesta a 1.22.

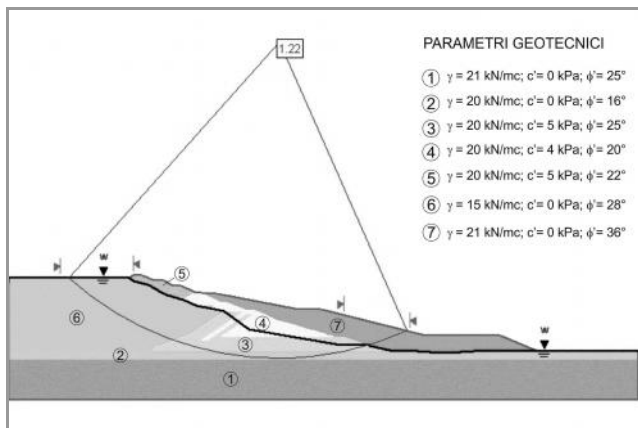


Figura 11 - Verifiche di stabilità della sezione principale con ricalzo al piede

L'esecuzione del ricalzo incrementa inoltre decisamente le condizioni di stabilità nei riguardi del rischio liquefazione in caso di sisma.

Tra le ulteriori ipotesi migliorative è stato previsto di abbassare di 5÷6 m la quota raggiunta della discarica per una fascia di circa 100 m a monte del coronamento. In tal modo verrebbe adeguatamente incrementato il franco e si ridurrebbero gli effetti di filtrazione permanenti d'acqua nei gradoni e nel corpo del rilevato.

5.2 Difesa della diga nei riguardi di eventi meteorici estremi (piene eccezionali)

E' previsto il ripristino prioritario del corretto funzionamento dell'esistente collettore principale di fondo valle, per il quale sussistono esigenze manutentive; saranno inoltre migliorate le caratteristiche idrauliche dell'imbocco e del primo tratto di condotta, sì da incrementarne le capacità di evacuazione.

Completa il quadro degli interventi l'esecuzione di un canale di gronda con funzione sussidiaria al collettore principale per scaricare le acque meteoriche provenienti dal versante sinistro (lato Ovest).

E' infine previsto che ad esaurimento della discarica si realizzi un sistema di raccolta ed evacuazione degli apporti meteorici diretti sulla superficie finita.

6 INTERVENTI IN CORSO DI ESECUZIONE

Pur con qualche ritardo per la complessità delle procedure autorizzative e delle modalità di aggiudicazione dei lavori, nel corso del 2013 si è dato seguito al prolungamento verso valle di circa 100 m dell'esistente collettore (Fig. 12).



Figura 12 - Diga - Prolungamento collettore verso valle

Nella primavera-estate 2014, con una probabile coda nel 2015, è programmata l'esecuzione del ricalzo di valle e degli altri connessi interventi.

BIBLIOGRAFIA

- Abadjiev C.B., Dimitrov N.I. 1997. *Taking warnings by the failure of "Maritsa Istok 1" ash tailings dam*. ICOLD - 19th International Congress on Large Dams, Vol. IV, Q. 75-R1. Florence 1997.
- ICOLD 1996. Bulletin 106. *A guide to tailings dams and impoundments: design, construction, use and rehabilitation*.
- ICOLD 2006. Bulletin 139. *Improving tailings dam safety: critical aspects of management, design, operation and closure*
- Penman A.D.M., Charles J.A. 1994. *Geotechnical engineering principles and the safety of embankment dams for waste impoundments*. ICOLD - 18th International Congress on Large Dams, Vol. I, Q. 68-R70. Durban 1994.
- Penman A.D.M., Charles J.A., McLeod H.N. 2000. *Risk assessment and the safety of tailings dams and waste impoundments*. ICOLD - 20th International Congress on Large Dams, Vol. I, Q. 76-R8. Beijing 2000.
- SEISMOLOGICAL INSTITUTE OF MONTENEGRO 1982. *Map of Seismic Zoning of Montenegro*.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano EPCG ed A2A S.p.A. che hanno permesso la pubblicazione di questo articolo.

ABSTRACT

MALJEVAC EMBANKMENT DAM AND PLJEVLJA LANDFILL REHABILITATION AND STABILIZATION

Keywords: embankment dam, landfill, rehabilitation, ashes, seism, downstream stabilizing bank

The paper deals with the reclamation and stabilization of the landfill containing the ashes and the slags resulting from the productive process of the Thermic Powerplant of Pljevlja, supplied with lignite, which is located in the ehotina River valley, in the northern part of Montenegro, and is operated by EPCG (State Company for electric energy).

Since the first years of operation in '80s, an embankment dam has been realized in Maljievac location to form a volume of containment for the landfill material in a small valley, topographically suitable, where the Paleški Stream flows.

During its more than 30 years activity, the complex of the works has been subjected to important measures to increase the capacity of the landfill, substantially modifying the original conditions.

In last decade the monitoring of the dam and of the landfill has shown situations of decay, in the functionality, of some parts of the work and important deformations of the dam body, requiring a general assessment of the conditions of the complex under the profile of the efficiency and, even more, of the safety of the territory and of the inhabitants.

A2A, having assumed in 2010 an important role of shareholder of EPCG, has developed, with Geotecna Progetti consultancy, an overall investigation to point out the deficiencies and, especially, the existing criticalities, in order to define, in a general context, the measures to undertake, their urgency level and priority order, and to evaluate their costs.

In the paper, beside the illustration of the existing works, the results of the investigations and of the studies which have been executed are presented, together with the interventions under progress.

In particular they mainly consist of the preliminary downstream extension of the existing draining gallery and of the subsequent realization of a rockfill stabilizing bank on the downstream face of the dam.