



# *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*

*Dipartimento per le infrastrutture, i sistemi informativi e statistici*

*Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche*

## **CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA (RUBIERA)**

***Rubiera, Campogalliano e Modena***

***N. arch. 1477***

### *Progetto definitivo*

➤ “MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia, comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente.”

➤ “MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A).”

Gestore e proponente

*Agenzia Interregionale per il fiume Po - AIPo*

## **1. Premesse**

L'Agenzia Interregionale per il fiume Po, gestore dello sbarramento e della cassa di espansione in oggetto, ha presentato alla Regione Emilia Romagna – Servizio VIPSA domanda di attivazione del procedimento unico di VIA ai sensi della L.R. 4/2018, relativamente al progetto definitivo di adeguamento dello sbarramento e della cassa di espansione sul fiume Secchia, denominato sbarramento Rubiera (n.a. 1477).

L'attuale opera di sbarramento principale è in calcestruzzo ed è completamente tracimabile con ciglio sfiorante a quota 46,25 m s.l.m.; è alta 12 m ai sensi della L. 584/94, (con riferimento alla quota del punto più depresso del paramento di valle di 34,25 m s.l.m.); il volume invasabile alla quota massima di regolazione è di circa 9,5 Mm<sup>3</sup> complessivi di cui 2 Mm<sup>3</sup> nella vasca in linea e 7,5 Mm<sup>3</sup> nella vasca in derivazione. L'altezza dello sbarramento post operam risulta pari a 15,45 m con riferimento allo sbarramento in calcestruzzo e 14,50 m in corrispondenza dei rilevati di spalla; il volume di invaso disponibile a seguito della realizzazione del lotto 1 resta sostanzialmente invariato, mentre a seguito della realizzazione dei lotti 2 e 3 il volume di invaso (alla quota massima di regolazione) sarà pari a 12 Mm<sup>3</sup>.

Si premette altresì che AIPo, con nota prot. n. 1707 del 25/01/2019, ha presentato a questa Amministrazione il Progetto di fattibilità tecnica economica dell'intervento e l'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano, in raccordo con la Div. di coordinamento di DGDighe, ha espresso parere sul Progetto, ai sensi dell'art.1 del DPR 1363/1959, con nota prot. n. 11678 del 13/05/2019, rilevando aspetti da approfondire.

In merito al successivo Progetto definitivo, la Regione Emilia Romagna – Servizio Valutazione Impatto e Promozione Sostenibile Ambientale, con nota prot. n. 0556767 del 21/08/2020 ha richiesto a questa Direzione generale la preliminare verifica di completezza degli elaborati progettuali presentati ai sensi dell'art. 15, commi 4 e 5 della L.R. 04/2018.

Con nota prot. n. 18602 del 07/09/2020, DGDighe ha comunicato gli esiti della verifica di completezza degli elaborati, segnalando la mancanza dei seguenti elaborati:

- specifico documento che illustri con adeguati elaborati grafici le ipotesi progettuali alternative, come richiesto nella Relazione istruttoria allegata al citato parere sul Progetto di fattibilità tecnica economica;
- Relazione idraulica R.03 e Relazione degli impianti e sulle modalità di regolazione R.10 (indicati nell'elenco elaborati ma non presenti presumibilmente per errore materiale);
- Revisione studi di onde di piena per manovra degli scarichi e per ipotetico collasso dello sbarramento per come modificato in progetto (Circ. P.C.M. 13 dicembre 1995 n. DSTN/2/22806), dichiarati effettuati ed allegati alla Relazione idraulica (da quanto indicato in Relazione generale, allegati della Relazione idraulica R.03 – v. p.to precedente);
- elaborati grafici con lo schema dell'impianto elettromeccanico delle apparecchiature di comando e di controllo degli organi di scarico con indicazione delle ridondanze di componenti e di sistema considerate necessarie per garantire la continuità della funzionalità dell'impianto medesimo (Circ. Min. LL.PP. 4 dicembre 1987, n. 352).

La Regione Emilia Romagna – Servizio VIPSA, con nota 613509 del 23/09/2020, ha dato comunicazione dell'esito della verifica di completezza presentando l'elenco delle richieste di integrazioni documentali e con successiva nota prot. n. 706664 del 02/11/2020, acquisiti gli elaborati mancanti, ha quindi avviato il procedimento unico di VIA per il progetto in oggetto con pubblicazione dell'avviso al pubblico in data 11 novembre 2020 sul sito web delle valutazioni ambientali della Regione.

Con successiva nota prot. n. 792650 del 30/11/2020 ha convocato la conferenza di servizi istruttoria per il giorno 17/12/2020 al fine di coordinare e semplificare i lavori delle amministrazioni interessate per l'eventuale richiesta d'integrazioni fissando il termine di 60 gg. dalla pubblicazione dell'avviso.

In data 05/01/2021 si è tenuta una riunione istruttoria con il Gestore dello sbarramento e i progettisti per esaminare alcuni aspetti oggetto dell'istruttoria tecnica di competenza.

Il progetto definitivo è stato suddiviso in tre lotti funzionali, generati sulla base delle attuali disponibilità economiche, ciascuno comprendente più interventi, come da numerazione di progetto in lettere.

In conformità al Protocollo di intesa tra DGDighe ed AIPo sottoscritto in date 12-16/11/2015 ai sensi della Circ. PCM. n.7311/1999, l'approvazione tecnica del progetto da parte della DGDighe ai sensi dell'art. 1 del D.L. 507/94 convertito con L. 584/94, riguarda esclusivamente lo sbarramento di ritenuta e i rilevati arginali strettamente funzionali all'esercizio dello sbarramento (rilevati di spalla). In particolare secondo le indicazioni di cui alla nota DGDighe prot. n. 21871 del 02/10/2017, le competenze di questa Amministrazione sono limitate allo sbarramento e ai rilevati di spalla *“fino al punto in cui i citati rilevati di spalla cambiano direzione planimetrica”*. Questa Amministrazione ha pertanto esaminato le opere relative al Lotto 1, interventi A (*Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso*) e D (*Adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti*).

## **2. Integrazioni necessarie ai fini degli atti di competenza del MIT – DGDighe**

L'istruttoria tecnica del progetto definitivo è stata avviata dalla Div.4 di coordinamento della DGDighe, in raccordo con l'U.T.D. di Milano e sulla base dei pareri specialistici della Div.7 - Idraulica e geologia applicata e della Div.6 - Strutture e geotecnica.

Si indicano di seguito le integrazioni necessarie ai fini della richiesta di parere al Consiglio Superiore dei LL.PP. ai sensi dell'art. 5 del D.P.R. 1363/1959 e dell'approvazione tecnica di competenza ai sensi dell'art.1, co.5 e 7bis, del D.L. 507/1994 convertito con L. 584/1994.

La verifica di ottemperanza alle osservazioni emesse in sede di parere sul progetto di fattibilità tecnica ed economica ai sensi dell'art.1 del DPR 1363/1959 ha avuto esito sostanzialmente favorevole, ad eccezione di alcuni degli aspetti da approfondire già in parte indicati ai p.ti 3, 5, 6, 7, 8, 9 della nota n. 11678 del 13/05/2019, che per semplicità espositiva saranno direttamente inclusi nelle successive rinnovate richieste.

Le richieste di integrazioni sono di seguito numerate progressivamente con le relative motivazioni e suddivise per argomento (aspetti generali del progetto, aspetti geologico-tecnici, aspetti idraulici, aspetti geotecnici e strutturali). Nel seguito si indicano con NTD le norme tecniche in materia di sbarramenti di ritenuta di cui al D.M. 26 Giugno 2014 – “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)” e con NTC le norme tecniche sulle costruzioni di cui al D.M. 27 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.

### **Aspetti generali**

1. Ai sensi dell'art. 23 del D. Lgs. 50/2016, il progetto definitivo individua *“compiutamente i lavori da realizzare ... contiene, altresì, tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni ...”*; i contenuti specifici del progetto definitivo sono, poi, indicati ai seguenti articoli del citato D. Lgs. e dall' art. 2 del Reg. di cui al D.P.R. 1363/1959. In generale, gli elaborati di progetto devono essere integrati, per quel che riguarda le relazioni di calcolo e verifica e gli elaborati grafici strutturali, come meglio esposto nelle richieste relative agli aspetti geotecnici e strutturali, in modo da definire compiutamente le lavorazioni previste, rinviando al successivo livello di progettazione solo gli aspetti di dettaglio.

### **Aspetti geologici**

2. Secondo la sezione longitudinale lungo l'asse della traversa rappresentativa dell'assetto litostratigrafico locale, lo sbarramento poggia su depositi limo-argillosi, a permeabilità da bassa a molto bassa, con la presenza di lenti plurimetriche ghiaioso-sabbiose, ai lati del manufatto, sia in destra idrografica che in sinistra subito sotto l'arginatura. A tale riguardo si ritiene che debbano essere effettuate specifiche considerazioni e/o approfondimenti in merito alle caratteristiche di permeabilità / tenuta idraulica delle suddette lenti ghiaioso-sabbiose ai lati del manufatto, sia in destra idrografica che in sinistra, in rapporto soprattutto alla profondità dei diaframmi (v. p.to 5).
3. La rappresentazione dell'assetto litostratigrafico in senso trasversale allo sbarramento mediante un'unica sezione litostratigrafica, risulta insufficiente. Si ritiene, quindi, che debbano essere elaborate almeno altre due sezioni litostratigrafiche trasversali di dettaglio, in prossimità delle due spalle dello sbarramento, e ulteriori sezioni trasversali al nuovo manufatto regolatore (sezioni trasversali rispetto all'alveo) e allo sbarramento (sezioni longitudinali rispetto all'alveo).

4. Sulla base delle sezioni litostratigrafiche e geotecniche già disponibili e da elaborare, deve essere verificata l'adeguatezza della profondità prevista in progetto dei taglioni e diaframmi (al piede del paramento di monte compreso il manufatto regolatore e sotto i muri laterali di spalla) rispetto ai depositi ghiaioso-sabbioso giacenti sotto i limi-argillosi, chiarendo con le connesse verifiche se i diaframmi hanno la funzione di allungare i percorsi di filtrazione o quella di intestarsi in strati più impermeabili.
5. Per gli input sismici di progetto si è fatto riferimento alle azioni da normativa (derivante dalla mappa MPS04) effettuando uno studio di risposta sismica locale. In realtà, benché i comuni in cui è ubicata l'opera siano tutti classificati in zona 3, la PGA per il periodo di riferimento pari a 475 anni è, anche se di poco, superiore a 0,15g (0,161g su suolo roccioso), rendendo necessario, ai sensi del p.to C.7.7.1 delle NTD e, come già richiesto in sede di esame del progetto preliminare, lo studio sismotettonico di dettaglio in grado di definire i parametri di pericolosità, in termini di PGA e di accelerazioni spettrali, per tempi di ritorno relativi agli SL di interesse per le verifiche, da confrontare con quelli da norma.
6. Lo studio sismotettonico di progetto deve essere integrato e deve fare riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee guida per la redazione e le istruttorie degli studi sismotettonici relativi alle grandi dighe (2017)<sup>1</sup>. Lo studio di progetto, che affronta esaustivamente gli aspetti della pericolosità da fagliazione superficiale, deve essere quindi mirato anche alla rivalutazione della pericolosità da scuotimento e quindi all'approfondimento delle conoscenze alla scala locale al fine di individuare quelle strutture sismogenetiche più prossime allo sbarramento, che possano dare luogo ad una azione sismica superiore a quella prevista da norma, in quanto il modello di riferimento di pericolosità e la relativa zonazione (ZS9) sono stati elaborati ad una scala nazionale risalente al 2004 (e quindi antecedente alla sequenza sismica che ha interessato la Pianura padana emiliana nel 2012), che non copre esaustivamente il dettaglio locale per le dighe. Nel caso si faccia ricorso, per rielaborare lo studio sismotettonico, al modello di zonazione alla pericolosità di norma (ZS9), senza il ricorso e confronto con zonazioni alternative, si dovrà motivare adeguatamente tale scelta. Per la definizione della pericolosità sismica basata su un approccio probabilistico è oggi prassi comune utilizzare diversi modelli di sorgenti alternativi tra loro, che vengono poi combinati in una struttura ad albero logico. Lo scopo è quello di ottenere una stima più affidabile che consideri le molte incertezze legate alla definizione delle sorgenti sismogenetiche. Nell'approccio probabilistico è essenziale la stima dei tassi di sismicità da associare ad ogni sorgente (sia essa definita come area, faglia o cella di una griglia). Questa informazione deve derivare dal catalogo dei terremoti più aggiornato (CPT15), valutandone la completezza su base storica e su base statistica. Inoltre, per verificare che il calcolo probabilistico tenga effettivamente in conto delle strutture sismogenetiche più prossime al sito, andranno confrontati i risultati spettrali ottenuti per tempi di ritorno elevati (es. Tr 1950 anni), con i risultati ottenuti attraverso un approccio deterministico, considerando per esempio le strutture individuali da database DISS più vicine al sito (o quanto emerso dallo studio sismotettonico), e valutando gli spettri di risposta deterministici facendo riferimento all'84% della legge di attenuazione considerata. Al riguardo si evidenzia che nel caso di approccio deterministico, poiché lo scopo è quello di stimare lo scenario massimo di scuotimento, diventa fondamentale definire con accuratezza tutte le possibili sorgenti e soprattutto la magnitudo massima attesa per ognuna di esse, poiché questo è il parametro fondamentale in questo tipo di approccio. Importanza fondamentale nello studio di pericolosità sismica assume la scelta delle leggi di attenuazione. Devono, quindi, essere utilizzate leggi di attenuazione più aggiornate rispetto a quelle utilizzate nell'attuale modello di pericolosità di riferimento MPS04, ovvero quelle di Ambraseys et al. (1996) e Sabetta e Pugliese (1996). Devono essere utilizzate 3-4 leggi di attenuazioni diverse,

---

<sup>1</sup> Studio redatto nell'ambito dell'Accordo ai sensi dell'art. 15 della l. 241/1990 tra la Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture Idriche ed Elettriche del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

preferibilmente tra quelle selezionate dal Centro Pericolosità Sismica dell'INGV, combinate poi con diversi pesi in una struttura ad albero logico.

### **Aspetti idrologici e idraulici**

7. Ai sensi dell'art.5 del DPR1363/1959 è necessaria, come rappresentato fin dall'esame del progetto preliminare, l'acquisizione del parere del competente Servizio idrografico regionale (ARPAER) sulle portate e sugli idrogrammi di piena di assegnato tempo di ritorno e in particolare sulla portata a colmo e sull'idrogramma millenario di progetto, trattandosi di intervento di sostanziale innovazione della cassa esistente e trattandosi di sbarramento per la laminazione delle piene. Ove il parere di ARPAER dovesse indicare valori di portate / volumi di piena superiori, per i corrispondenti tempi di ritorno, a quelli assunti in progetto i relativi calcoli idraulici e la modellazione dovranno essere oggetto di revisione.
8. La quota di massimo invaso è stata assunta, allo stato, pari a 50,00 m s.l.m. ed è stata calcolata con riferimento alla portata di piena millenaria, considerando che il deflusso avvenga con le paratoie dello scarico di fondo aperte al 50% senza tenere conto della laminazione dati i volumi in gioco. Ai fini della sicurezza dello sbarramento e in conformità alle NTD la quota di massimo invaso, il franco e il franco netto (pur incrementato tra progetto preliminare e definitivo) devono essere invece determinati considerando che l'intera portata millenaria venga scaricata interamente dallo scarico di superficie a partire da un livello iniziale pari a quello massimo di regolazione fisico (soglia sfiorante) e quindi portando eventualmente in conto il solo volume di laminazione tra la quota massima di regolazione e quella di massimo invaso, che risulterebbe quindi pari a 50,34 m s.l.m.. Alla conseguente quota di massimo invaso dovrà essere garantito, non solo per lo sbarramento murario, ma anche per le parti di spalla di materiali sciolti il franco netto minimo indicato al p.to C.1 delle NTD; risulta pertanto necessario apportare alcune modifiche alle opere per il rispetto del citato franco da parte dei rilevati di spalla, raccomandandosi, ove possibile, una uniformità di livello di sicurezza idraulica anche per i restanti rilevati arginali perimetrali. Nel calcolo del franco netto dovranno considerarsi i cedimenti legati alle azioni sismiche e i residui cedimenti del terreno di fondazione per i carichi indotti dalle opere, in ottemperanza al p.to C.1 delle vigenti NTD.
9. Ai sensi delle disposizioni di cui al p.to C.1 delle NTD deve essere calcolato anche il tempo di ritorno dell'evento di piena che annulla il franco.
10. Si rileva che essendo già stato realizzato il modello fisico in scala dello sbarramento, è necessario adeguare alle risultanze della sperimentazione la Relazione idraulica [R.3] e definire le scale di deflusso delle luci di fondo e degli scarichi di superficie, in funzione dei livelli idrici a monte e a valle dello sbarramento, per i possibili livelli di valle a partire da condizioni indisturbate. Si richiede inoltre di effettuare, nell'ambito del modello, la verifica del funzionamento idraulico dello sbarramento con aperture parziali e differenziate delle paratoie degli scarichi. Deve essere altresì verificata la stabilità del fondo permeabile del nuovo manufatto regolatore e le conseguenze di tale assetto sui fenomeni di filtrazione (v. anche aspetti geotecnici).
11. Si rileva che la gestione delle piene è affidata ad un sistema basato su un complesso sistema di movimentazione (in automatico in fase di apertura) di 6 paratoie nello sbarramento principale e 8 nel manufatto di sfioro (ancorché semplificato rispetto al progetto preliminare nel quale erano previste 8 paratoie sullo sbarramento principale). Preso atto di tale impostazione (in parte semplificata rispetto al progetto di fattibilità tecnica ed economica), per quanto riguarda le verifiche di funzionalità delle paratoie e, in generale, tutti gli aspetti impiantistici, è necessario che gli impianti siano sovradimensionati e ridondanti per evitare problemi che si possono manifestare in fase di gestione delle piene per le paratoie piane installate sui paramenti di monte dei manufatti; ai fini di tali

dimensionamenti impiantistici devono essere valutate eventuali ulteriori condizioni di carico che, seppur meno probabili, possano risultare maggiormente gravose in modo da garantire la funzionalità degli impianti in qualsiasi condizione e nell'ipotesi di futura possibile modifica degli scenari di funzionamento dell'opera. Devono essere altresì specificati in progetto tutti gli elementi che garantiscano la facile manutenibilità delle paratoie e dei connessi impianti di movimentazione e prevista l'acquisizione delle certificazioni previste dalle norme di settore per gli impianti, comprese quelle in applicazione della "Direttiva Macchine" (Direttiva 2006/42/CE).

12. L'impianto oleodinamico di movimentazione delle paratoie comprende 2 gruppi di pompaggio, uno di riserva all'altro e il gruppo elettrogeno come fonte di energia in mancanza di rete elettrica. Come indicato al p.to C.1 delle NTD e già richiesto in sede di esame del progetto preliminare, deve essere tuttavia prevista anche la possibilità di movimentazione manuale delle paratoie e il progetto deve includere lo "schema dell'impianto elettromeccanico delle apparecchiature di comando e di controllo degli organi di scarico con indicazione delle ridondanze dei componenti e di sistema considerate necessarie per garantire la continuità della funzionalità dell'impianto" (Circ. Min. LL.PP. 4 dicembre 1987, n. 352). Particolari accorgimenti impiantistici devono essere previsti per prevenire malfunzionamenti degli automatismi.
13. Deve essere definita in progetto, al di là degli aspetti di sicurezza del cantiere, la gestione delle piene nel corso dei lavori comprese le principali opere provvisorie e in particolare, in conformità al p.to C.1 delle NTD, *"In fase di costruzione, le opere di deviazione provvisoria del corso d'acqua devono essere dimensionate per una portata di piena corrispondente ad un periodo di ritorno correlato con le esigenze di protezione civile, connesse con la sicurezza idraulica dei territori di valle e dell'area di cantiere, e con il previsto tempo di costruzione."*
14. Come già richiesto in sede di esame del progetto preliminare, si ritiene necessario rivalutare, a monte dell'invaso, la realizzazione di un sistema a protezione dell'opera di sbarramento dal materiale flottante trasportato. Nella Relazione Generale [R.01] è indicato che la geometria delle luci di fondo della traversa è stata ampliata per ridurre la possibilità d'occlusione a causa dell'accumulo di materiale trasportato dal corso d'acqua durante le piene. Tuttavia non appare sufficientemente motivata l'esclusione di realizzare un'opera a monte all'imbocco della cassa né sono fornite specifiche informazioni circa l'efficacia a tale scopo, di una briglia a pettine che sarebbe presente 5 km a monte del manufatto.
15. In sede di esame del progetto preliminare era stata raccomandata la definizione sin dal progetto definitivo di una Proposta di Piano di Laminazione (Dir. PCM 27/2/2004) compatibile con le nuove opere, nonché un "Protocollo Operativo" che disciplini la gestione dell'invaso durante l'evento di piena con la regolazione idraulica affidata al sistema di paratoie installate sul manufatto di regolazione e sul manufatto di sfioro. Le modalità di gestione dell'invaso delle casse in corso di piena sono definite in progetto, mentre la proposta di Piano di laminazione compatibile con le nuove opere, è stata rimandata alla fase di Progettazione esecutiva. Prendendo atto per quanto di competenza di tale intendimento, che appare opportuno sia condiviso dalla struttura della Regione Emilia Romagna deputata all'attuazione della citata Direttiva, si rappresenta che il futuro Piano di laminazione dovrà evidentemente basarsi sulle possibilità di regolazione offerte dalle opere in progetto.

### **Aspetti geotecnici e strutturali**

per i tutti i manufatti costituenti lo sbarramento:

16. Per tutti i manufatti di competenza (manufatto di regolazione, sbarramento principale e parti laterali di materiali sciolti), nuovi ed esistenti, le verifiche devono essere svolte in accordo alle normative tecniche

(NTC e NTD), tenendo anche conto delle diverse indicazioni fornite dalla DGDighe con istruzioni tecniche e di quanto, in diversi pareri, è stato osservato dal C.S.LL.PP. In particolare, il punto C.6 delle NTD specifica che “ogni componente del serbatoio, critico ai fini della sicurezza, deve essere preso in considerazione nei riguardi di ciascun stato limite”, potendosi omettere, per le dighe non strategiche quale quella in esame, le verifiche per SLO. Le successive indicazioni della DGDighe hanno al riguardo specificato (capitolo II) che possono essere omesse verifiche per alcuni stati limite (SLO ed SLV) laddove le prestazioni per detti stati limite siano garantiti con i livelli di azione sismica maggiori (e, quindi, allo SLD e allo SLC). In definitiva le verifiche sismiche, siano di carattere geotecnico che strutturale, devono essere svolte, almeno, per lo SLD e lo SLC, non ritenendosi sufficiente la sola verifica allo SLV2. Conseguentemente le relazioni di calcolo e verifica geotecnica e strutturale devono essere aggiornate o integrate in tal senso. Al riguardo si osserva che, applicando il metodo pseudostatico, il valore del coefficiente sismico dipende dal periodo fondamentale di vibrazione della struttura, ricavandolo dallo spettro elastico per il determinato SL di studio.

per il nuovo manufatto regolatore:

17. Per tutte le verifiche del nuovo manufatto di regolazione, sia in condizioni statiche che sismiche<sup>3</sup>, le condizioni di carico assunte, in particolare per quanto riguarda la spinta dell'acqua, devono essere opportunamente riconsiderate, contemplando quelle che producono le condizioni maggiormente gravose che, sicuramente, sono rappresentate da presenza di acqua a monte e assenza all'interno del manufatto di sfioro. Tale condizione non può essere esclusa a priori e deve essere comunque considerata in quanto certamente occorrente durante i riempimenti atti ad effettuare gli invasi sperimentali, propedeutici al collaudo dell'opera, ovvero in caso di anomalie nel sistema di movimentazione delle paratoie, non potendosi inoltre escludere, in futuro, un utilizzo diverso dell'opera rispetto a quello di sola laminazione delle piene. Il considerare dette condizioni di carico (e, in particolare, quella con acqua solo a monte) potrà comportare l'esigenza di ampliare le sezioni degli elementi sfioranti ovvero provvedere a predisporre idonea armatura (soluzione già adottata, ad esempio, per un analogo intervento sulla cassa di laminazione del fiume Olona).
18. Anche la stessa condizione di piena millenaria deve essere considerata ai fini delle verifiche in quanto, pur ammettendo che, con i livelli idrici considerati a monte e a valle, potrebbe essere poco significativa per alcune verifiche, può, invece, essere determinante per altre (carico limite, sollevamento).
19. Le ulteriori condizioni di carico indicate ai punti precedenti implicano la necessità di rivedere le verifiche geotecniche effettuate, con maggiore gravosità, almeno per il nuovo manufatto regolatore, delle verifiche per ribaltamento (nonché per quelle a sollevamento, tenendo conto della condizione con piena millenaria). Le verifiche per scorrimento devono tener conto del fatto che le travi di contrasto poste nella platea dell'opera, di fatto, impediscono lo scorrimento degli elementi laterali che si fronteggiano, viste le condizioni di carico simmetriche rispetto agli elementi sfioranti laterali; questi, però, trasmettono un importante carico alle stesse travi che devono pertanto essere verificate anche in funzione dello stesso.
20. Le verifiche di carattere strutturale del nuovo manufatto regolatore, in funzione delle ulteriori combinazione di carico da utilizzare, devono interessare ogni parte di essa, compresi la fondazione, il

---

<sup>2</sup> Si vedano le “Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18)” della DGDighe – prot. n. 16790 del 03.07.2019.

<sup>3</sup> Con il parere 52/2017 il C.S.LL.PP. ha ritenuto che le verifiche sismiche relative agli sbarramenti per laminazione delle piene debbano essere svolte ad invaso pieno.

dente di monte (negli elaborati grafici indicato come taglione) e le travi di contrasto. Le schematizzazioni di calcolo devono essere coerenti e rappresentare compiutamente la struttura.

21. Devono essere chiarite posizione e caratteristiche del taglione alla base del paramento di monte del nuovo manufatto regolatore. Tale elemento, in relazione [R.08] (pag. 11), è indicato in c.a. di lunghezza pari a 8 m con quota di base a 27,25 m s.l.m., mentre gli elaborati grafici riportano solo un dente a monte (comunque indicato come taglione) di lunghezza pari a 3 m; di tale elemento dovrà essere verificata l'adeguatezza, tenendo conto della stratigrafia del sito. In ogni caso, tenuto conto della scelta progettuale di assegnare alla platea del manufatto di regolazione una funzione drenante, dovrà essere condotto uno specifico studio di filtrazione che, in funzione della stratigrafia e permeabilità dei terreni interessati nonché della profondità del citato taglione / diaframma, definisca le condizioni idrauliche all'interno del manufatto di regolazione. Tale studio deve essere sviluppato sia nel transitorio, in occasione di eventi di piena, sia a regime, durante il periodo degli invasi sperimentali.
22. Si rileva che la nuova struttura di regolazione è progettata senza giunti di costruzione, ad eccezione di quello a contatto con la traversa esistente; questo, peraltro, necessita di un oggetto da realizzare proprio sulla stessa traversa del quale non è fornito alcun dettaglio (in tavola A.7 si riporta semplicemente che il collegamento avverrà tramite "spinottatura"). Non avendo previsto giunti, si ha un monolite (la struttura non pare giuntata nemmeno in corrispondenza della parte frontale di monte) di lunghezza pari ad oltre 75 m e larghezza pari a 54 m che potrebbe presentare diversi problemi. È, quindi, necessario che l'aspetto venga attentamente rivalutato.
23. Trattandosi di progettazione definitiva devono essere predisposti idonei elaborati grafici che indichino in maniera appropriata le dimensioni (carpenterie) e le armature di tutti i vari elementi in calcestruzzo armato costituente il nuovo manufatto regolatore, ivi comprese le fondazioni dei vari elementi e le pile del nuovo ponte di coronamento. Gli stessi elaborati grafici dovranno illustrare, anche se solo sinteticamente, i dettagli costruttivi essenziali per la tipologia di opera, sui quali dovrà essere posta particolare attenzione.
24. Per quanto riguarda le verifiche strutturali delle paratoie, possono essere condivisi gli schemi semplificati utilizzati per il calcolo, che appaiono sufficientemente cautelativi, ma devono essere riviste le condizioni di carico adottate. Anche in questo caso, non potendo escludere un utilizzo a paratoie completamente chiuse, la condizione con livello idrico solo a monte deve comunque essere considerata (unitamente ad altre, eventuali, condizioni) per le verifiche di resistenza e di deformabilità e per le verifiche di apertura e chiusura per solo peso proprio.

per lo sbarramento esistente:

25. Per quanto riguarda la parte dello sbarramento originario che resta in opera sono state effettuate solo verifiche di capacità portante; le verifiche in condizioni sismiche (al solo SLV) sono state effettuate a serbatoio vuoto, mentre in condizioni statiche è stata considerata la massima regolazione (SLU combinazione fondamentale ed SLE) e la piena duecentenale (combinazione eccezionale). Non è chiara l'applicazione e l'entità delle sottospinte considerate nelle verifiche, essendo riportato che *"sono state considerate le sottospinte idrostatiche corrispondenti a quota dell'acqua a fondo alveo, senza variazioni legate alle diverse condizioni di piena a monte e a valle"*. Quanto detto per il nuovo manufatto di sfioro può essere ritenuto valido anche per lo sbarramento esistente per il quale dovranno essere svolte idonee verifiche con condizioni di carico maggiormente gravose (secondo le NTD), che prevedano, anche in accordo ai recenti pronunciamenti del C.S.LL.PP., la presenza di carico idrico solo a monte dello sbarramento. Le verifiche statiche dovranno essere integrate da verifiche sismiche da effettuare secondo quanto riportato in precedenza, tenendo, peraltro, opportunamente conto delle azioni



dovute alle sottopressioni. Per le specifiche in merito si può far riferimento al documento redatto dalla DGDighe e riportato nelle precedenti notazioni.

per il muro di spalla (muro arginale):

26. Anche per quanto riguarda il nuovo muro di spalla vale quanto indicato ai punti precedenti. Dal punto di vista strutturale, l'opera deve essere progettata e verificata per intero (ivi comprese, quindi, le sue fondazioni con relativo diaframma) secondo le metodologie ed i criteri di verifica propri dei muri di sostegno e secondo le condizioni di carico ed i livelli di sicurezza propri delle dighe. Ovviamente devono essere effettuate anche tutte le verifiche di carattere geotecnico che non sono state affrontate nella documentazione trasmessa<sup>4</sup>.
27. Le tavole grafiche devono essere conformi al livello di progettazione in atto e, quindi, contenere le carpenterie, le armature e i più significativi dettagli costruttivi. Particolare attenzione dovrà essere posta alla fase esecutiva e alle interferenze con le strutture esistenti e, se necessario, andranno anche svolte verifiche in tale fase, tenendo conto delle diverse condizioni di carico che, secondo la metodologia realizzativa prevista, possono presentarsi.

per le pile e l'impalcato di coronamento:

28. Per il dimensionamento delle pile è stato utilizzato uno schema di carico semplificato rispetto a quello previsto dalla normativa relazionato all'effettivo utilizzo (accesso consentito solo a mezzi autorizzati); tale schema di carico può ritenersi adeguato laddove, in fase di esercizio, siano poste in essere tutte le cautele atte a limitare il traffico secondo le assunzioni di progetto. Devono pertanto essere previsti in progetto dispositivi inibitori di diverso utilizzo. Per quanto riguarda gli altri carichi, si deve fare espresso riferimento a ciò che è previsto dalle NTC2018 in merito ai ponti, considerando, peraltro, anche l'azione dell'acqua sulle pile.
29. Schematizzazioni di calcolo, quale quella a mensola adottata per le pile, possono essere ritenute accettabili laddove comportino livelli di sicurezza non inferiori rispetto a quelli derivanti da calcoli maggiormente raffinati e, in tal senso, un confronto tra le risultanze del modello a mensola e dei modelli tridimensionali ad elementi finiti, che pure sono stati realizzati per lo studio del manufatto di regolazione nel suo complesso, è necessario.
30. Anche per le pile in questo caso, trattandosi di progettazione definitiva sono necessari elaborati grafici in cui vengano riportati, in maniera chiara, le carpenterie e le armature. Vista la particolarità della parte d'opera devono essere illustrati i principali dettagli costruttivi e, in particolare, quelli relativi alle zone di attacco delle pile con lo sbarramento esistente e con il nuovo manufatto sfioratore.
31. Per quanto riguarda l'impalcato, realizzato con due diverse tipologie di travi prefabbricate, non sono presenti in progetto calcoli di dimensionamento e/o di verifica delle travi di impalcato. Pur potendosi rinviare i calcoli di dettaglio alla fase della progettazione esecutiva, devono essere svolti almeno calcoli di predimensionamento per valutare l'idoneità delle travi scelte, anche ai fini di una corretta definizione dei pesi considerati e dei franchi. Per gli stessi motivi è necessario il dimensionamento e la verifica della soletta che, in relazione [R.01], è indicata come "fortemente armata".

---

<sup>4</sup> Il capitolo 8 della Relazione [R.08] riporta verifiche geotecniche dei "muri di sostegno dei rilevati arginali" non specificando esattamente a quali muri si riferisce. In ogni caso pare che le verifiche effettuate non siano riferite al muro arginale in questione che, per forma della sezione ed altezza (peraltro variabile), non corrisponde a quello indicato al capitolo 8 della Relazione [R.08].

32. Sulla parte frontale dell'impalcato è prevista la realizzazione di un "edificio servizi", definito in maniera compiuta solo dal punto di vista architettonico (tav. A.9) ma non è specificata la sua tipologia strutturale. Devono quindi essere definiti gli aspetti relativi all'"edificio servizi", per il quale deve essere predisposto idoneo calcolo strutturale. Si raccomanda comunque una valutazione comparata di diverse ipotesi di ubicazione (valutando di separare le funzioni della cabina di manovra dalla vera e propria casa di guardia per ragioni di sicurezza intrinseca).

per la parte di sbarramento di materiali sciolti (sezione tipo F) – argini:

33. Le analisi sismiche sono state effettuate con metodo pseudostatico con coefficiente  $k_h$  (pari a  $\beta_s \times a_{max}/g$ ) valutato a partire dall'accelerazione massima, pari a 0,365g (ottenuta da:  $a_{max}=a_g \times S_s \times S_t = 0,283g \times 1,289 \times 1,0$ ) che è relativa allo SLC (cfr. [R.07], pag. 12). Il coefficiente  $\beta_s$  è stato assunto pari a 0,38, come previsto dal punto 7.11.4 delle NTC2018 per verifiche allo SLV (le norme forniscono indicazioni solo per lo SLD e SLV), come si riscontra a pag. 16 della medesima relazione [R.07] nella quale, però, viene specificato, contrariamente a quanto detto in precedenza, che per  $a_{max}$  si è considerata "l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito in condizioni SLV"<sup>5</sup>. Nelle tabelle di sintesi dei risultati ottenuti dalle analisi di stabilità globale viene, inoltre, riportato che le verifiche sismiche sono svolte con riferimento allo SLV per opera di classe IV (in realtà è di classe III) con VN pari a 100 anni. È quindi necessario un chiarimento in merito alle azioni sismiche che sono state realmente considerate nelle verifiche. A tale riguardo si precisa comunque che le NTD 2014, in condizioni sismiche, non disciplinano per le dighe di materiali sciolti analisi di stabilità di tipo pseudostatico, ma prescrivono l'esecuzione di analisi, a diverso livello di complessità, che consentano di stimare gli spostamenti permanenti indotti dall'azione sismica. Con tali premesse si ritiene necessario che i progettisti debbano procedere preliminarmente all'esecuzione di dette analisi atte alla stima degli spostamenti del rilevato in condizioni sismiche (es. metodo di Newmark). Qualora da queste dovessero risultare spostamenti ritenuti ammissibili, potranno poi condursi analisi di stabilità, anche con metodi semplificati (metodo pseudostatico), con coefficienti sismici orizzontali determinati in funzione dello stato limite da considerare (SLC) e del periodo proprio della struttura e con l'introduzione di eventuali coefficienti riduttivi  $\beta$ .
34. Il punto 7.11.3.5.2 delle NTC2018 illustra come ricavare i coefficienti sismici orizzontali e verticali ( $k_h$  e  $k_v$ ). La norma specifica, però, che il valore  $a_{max}$  può essere assunto pari a  $a_g \times S_s \times S_t$  "in assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale". Nel caso specifico valutazioni specifiche di risposta sismica locale sono state svolte, almeno con riferimento allo sbarramento principale (e, quindi, alle parti di materiali sciolti) e allo sfioratore tra la cassa in linea e quella laterale. In particolare le valutazioni svolte per lo sbarramento per lo SLV avevano indicato valori di accelerazione massima pari a 0,49g, anche se con valutazione sulla media degli spettri. È, pertanto, necessario un maggiore approfondimento al riguardo segnalando, peraltro, che gli argini di spalla devono presentare lo stesso livello di sicurezza dello sbarramento principale e, quindi, ai sensi delle NTD2014, devono essere verificati anche allo SLC secondo tutte le indicazioni viste in precedenza. Per motivi di omogeneità si raccomanda comunque che i medesimi criteri di verifica venissero applicati per tutti gli altri argini perimetrali.
35. A tergo degli attuali muri di spalla dello sbarramento saranno realizzati nuovi muri di sostegno (muri di spalla). Tra questi ed i preesistenti è previsto che resti in opera una parte di rilevato arginale originario che ha sommità a quota 49,25 m s.l.m. e che, quindi, può essere sormontato in caso di evento di piena ad elevato tempo di ritorno; a tal fine è prevista una protezione con massi squadrati. La soluzione di

---

<sup>5</sup> In realtà il coefficiente  $k_h$ , riportato pari a 0,1387, è ottenuto da 0,365 (accelerazione relativa allo SLC) per 0,38 (valore di  $\beta_s$  da normativa).

mantenere una parte di corpo diga di materiali sciolti tracimabile non può ritenersi condivisibile in quanto non in linea con le NTD2014 e deve essere modificata evitando che possa essere sormontato un rilevato arginale costituente a tutti gli effetti “corpo diga”, benché protetto.

36. Si ritiene necessario che venga espressamente esaminata, per i singoli manufatti e in funzione della stratigrafia del suolo, la suscettibilità o meno dei terreni, in particolare sabbiosi, alla liquefazione, provvedendo, se del caso, all'esecuzione delle relative verifiche.
37. Devono essere approfonditi gli aspetti relativi alla caratterizzazione del materiale da utilizzare per i ringrossi dei rilevati; a tale riguardo si riscontrano alcune incongruenze in merito ai parametri geotecnici di progetto indicati in relazione [R.05] (cfr. par. 7.) e in relazione [R.07] (cfr. par. 6.1).

per le opere non di competenza:

38. Per le altre arginature e gli altri manufatti (compreso quello di regolazione del deflusso tra cassa in linea e cassa laterale), pur esulando dalla diretta competenza di DGDighe, si raccomanda di tenere conto per quanto possibile delle osservazioni formulate per le opere di competenza, eseguendo per ogni elemento (compreso il diaframma che nella sezione tipo H ha anche funzione di opera di sostegno) le ulteriori verifiche e i dimensionamenti geotecnici e strutturali e conseguendo, preferibilmente, omogenei livelli di sicurezza.

#### **Aspetti relativi al monitoraggio delle opere**

39. Il sistema di monitoraggio è composto da strumenti per la misura topografica e assestimentica di spostamenti (sul manufatto regolatore di nuova costruzione e sui rilevati di spalla) e da piezometri Casagrande (negli argini a 25 m dalle spalle del manufatto di regolazione); sono inoltre previsti sensori di livello a ultrasuoni, sensori di movimento di tutte le paratoie e impianto TVCC dotato di n°2 telecamere. Si richiede di inserire ulteriori strumenti di monitoraggio del manufatto di sbarramento esistente e di quello regolazione (in particolare per la misura delle sottopressioni). Si raccomanda altresì di valutare l'estensione di una rete di controllo anche per il complesso delle arginature.

Roma, 11 gennaio 2021

Nota tecnica redatta dai funzionari della div.4 di coordinamento e delle divv. 6 e 7 specialistiche (ing. A. Russo, ing. G. Tamponi, ing. G. Marmo, geol. L. Cataldo) in raccordo con l'UTD di Milano

Il dirigente Div.4  
ing. Vincenzo Chieppa