



PRESIDENTE DELLA REGIONE LAZIO/COMMISSARIO DELEGATO
PER IL SUPERAMENTO DELL'EMERGENZA DETERMINATASI IN RELAZIONE AGLI
EVENTI ATMOSFERICI CHE HANNO COLPITO IL TERRITORIO NAZIONALE NEI MESI
DI NOVEMBRE E DICEMBRE
(O.P.C.M. n. 3734 del 16 Gennaio 2009 G.U. n. 19 del 24 gennaio 2009)

"PRIMI INTERVENTI DI PROTEZIONE CIVILE DIRETTI A FRONTEGGIARE I DANNI CONSEGUENTI AGLI EVENTI
ATMOSFERICI CHE HANNO COLPITO IL TERRITORIO NAZIONALE NEI MESI DI NOVEMBRE E DICEMBRE 2008 "

LAVORI DI RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITA' DEL FOSSO DI PRATOLUNGO COMPRESA LA M.S.
DELL'ALVEO E LA COSTITUZIONE DI OPPORTUNE OPERE DI ACCUMULO E LAMINAZIONE
DELLE PIENE - II LOTTO
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GENERALE

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

RESPONSABILE E COORDINATORE: Ing. Fabio Colletti - CO.RI.P. S.r.l.

PROGETTAZIONE OPERA DI REGOLAZIONE: Ing. Alberto Bezzi - Studio Ing. G. Pietrangeli S.r.l.

ANALISI E PROGETTAZIONI GEOTECNICHE: Ing. Quintilio Napoleoni, Ing. Gadiel Coen - E&G S.r.l.

CONSULENZA GEOLOGICA: Dott. Pio Bersani

CALCOLI IDROLOGICI ED IDRAULICI: Ing. Lucio Cavazza - CO.RI.P. S.r.l.

COORDINAMENTO SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: Ing. Marco Raponi

STUDI AMBIENTALI: Ing. Giorgio Incelli, Ing. Valentina Tomassoni - CO.RI.P. S.r.l.

RILIEVI E STUDI TOPOGRAFICI: Geom. Cesare Lauricella, Geom. Alessandro Iula - CO.RI.P. S.r.l.

INDAGINI GEOGNOSTICHE: Ing. Bruno Taddei - GEO S.a.s.

INDAGINI GEOELETTICHE: Ing. Gianfranco Morelli - GEOSTUDI ASTIER S.r.l.

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Gaetano Giardi

CODICE ELABORATO	RIFERIMENTO ELABORATO										SCALA
	DIRETTORIO					elaborato					
002.0	commessa			liv	unità	tipo	elaborato		save		File name:
	1	0	0	9	D	CEP	R	RR	01	00	

rev	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Visto committente	Descrizione
1	16-11-09	Ing. V. Tomassoni	Ing. G. Incelli	Ing. F. Colletti		
2						
3						

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
3. STUDI ED INDAGINI PRELIMINARI.....	7
3.1. Rilievi, indagini e sondaggi.....	7
3.2. Idrologia e idraulica	8
3.3. Geologia ed idrogeologia	9
3.4. Geotecnica.....	10
3.5. Sismica	11
3.6. Interesse archeologico	13
3.7. Uso del suolo.....	15
3.8. Acquisizione delle aree	15
4. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO.....	17
4.1. Descrizione dell'intervento	17
4.2. Caratteristiche dell'opera di regolazione.....	18
4.2.1. Descrizione dell'opera	18
4.2.2. Dimensionamento idraulico dell'opera di regolazione	22
4.2.2.1. Generale.....	22
4.2.2.2. Analisi dei livelli d'acqua a valle dell'opera.....	22
4.2.2.3. Scarico di superficie	23
4.2.2.4. Vasca di dissipazione	26
4.2.2.5. Manufatto di scarico	27
4.2.3. Verifiche di sicurezza.....	29
4.2.3.1. Verifiche di stabilità allo scorrimento	30
4.2.3.2. Verifiche di resistenza	31
4.2.4. Strumentazione di controllo	32
4.3. Materiali	33
4.3.1. Materiali impiegati	33

4.3.2.	Piano di gestione delle terre	33
4.4.	Idoneità reti dei servizi	36
4.5.	Censimento e risoluzione delle interferenze	37
4.6.	Modalità delle fasi di cantierizzazione	38
5.	SICUREZZA E AMBIENTE	40
5.1.	Sicurezza degli impianti	40
5.2.	Impatti ambientali e mitigazioni	40

1. PREMESSA

Nelle giornate comprese tra il 10 e 16 dicembre c.a., a seguito di eventi meteorici di intensità notevole, come noto tutto il bacino del Fiume Aniene è stato interessato da importanti innalzamenti dei livelli dei corsi d'acqua con conseguenti esondazioni diffuse su tutto il territorio.

In particolare il fosso di Pratolungo, affluente di destra dell'Aniene, è esondato nei pressi della sua foce andando ad allagare diversi stabilimenti artigianali, commerciali e industriali insistenti nei pressi della Via Tiburtina in Roma all'altezza del G.R.A., compromettendone la normale operatività.

Con il fine di porre urgentemente rimedio alla situazione di diffuso pericolo per la pubblica incolumità, considerata anche la necessità di salvaguardare l'ordinario corso dell'economia locale, la Presidenza del Consiglio dei Ministri, attraverso la propria Ordinanza n° 3734 del 16 gennaio 2009 “Primi interventi di Protezione Civile diretti a fronteggiare i danni conseguenti agli eventi atmosferici che hanno colpito il territorio nazionale nei mesi di novembre e dicembre 2008”, ha adottato misure straordinarie d'intervento per la salvaguardia del territorio.

Nel caso in questione il Provvedimento Governativo ha imposto l'adozione di tutti quegli interventi indifferibili ed urgenti volti alla attenuazione e/o eliminazione dei rischi idraulici R4 presenti in parte del territorio romano nelle aree colpite da inondazione nel dicembre 2008.

L'ARDIS è stata individuata come Soggetto Attuatore responsabile dei progetti e della realizzazione dei lavori idonei, inerenti le potenzialità di rischio idraulico del fosso di Pratolungo.

Nel recente passato sono stati eseguiti interventi finalizzati all'eliminazione del rischio di inondazione della Via Tiburtina per piene da rigurgito causate dalle piene da deflusso del ricettore, il Fiume Aniene. Anche l'area a monte della confluenza del fosso nel fiume, coincidente con un'ampia valle caratterizzata da pendenza longitudinale estremamente bassa, subiva vaste inondazioni da rigurgito, le quali la risalivano ben oltre il G.R.A. . Le opere realizzate consistono in:

- un argine insormontabile in sponda destra del Fiume Aniene in corrispondenza dell'immissione nello stesso del fosso di Pratolungo;
- una traversa mobile, dotata di tre paratoie metalliche di luce 2,50 m, da azionarsi all'occorrenza di piene da deflusso del Fiume Aniene che causano piene da rigurgito nel fosso di Pratolungo;
- un impianto idrovoro, il quale entra in funzione per immettere le portate fluenti nel fosso di Pratolungo nel Fiume Aniene quando quest'ultimo è in stato di piena.

Con le opere realizzate, e con il Piano di Protezione Civile predisposto e gestito dall'ARDIS, risulta eliminato solo il rischio di inondazione correlato alle piene del Fiume Aniene mentre permane quello legato alle piene da deflusso del fosso di Pratolungo.

A seguito della citata Ordinanza Governativa, l'ARDIS intende mettere in sicurezza idraulica, mediante una serie di interventi, l'intera area fortemente urbanizzata e soggetta a rischio R4 compresa tra la confluenza del fosso di Pratolungo e il Fiume Aniene e il G.R.A. .

La riconosciuta naturale *servitù di allagamento*, caratteristica della bassa valle del fosso di Pratolungo anche all'occorrenza di piene da deflusso del fosso stesso, porta a considerare fattibili anche provvedimenti che prevedono, al fine del condizionamento dei valori di picco degli idrogrammi di piena, soluzioni basate sulla laminazione delle stesse, da attuarsi con invaso - cassa di espansione opportunamente localizzato, correttamente dimensionato ed efficacemente gestito.

I progetti e i relativi lavori d'esecuzione promossi dall'ARDIS sono finalizzati al conseguimento delle seguenti condizioni idrauliche:

- 1) estensione dei tempi di corrivazione della piena del fosso di Pratolungo al fine di diluire il transito della portata di piena nel tempo e adeguamento della sezione d'alveo al transito di portate di deflusso superiori di quelle attuali;
- 2) potenziamento dell'impianto idrovoro esistente, al fine di permettere lo smaltimento delle maggiori portate convogliabili in alveo;
- 3) realizzazione di vasche di laminazione finalizzate a trattenere le acque eccedenti le portate ammissibili dall'alveo.

Attualmente gli interventi di cui ai punti 1) e 2) sono già in fase di realizzazione, rispettivamente con i progetti “Lavori di sistemazione e di ripristino dell’officiosità del fosso di Pratolungo mediante la realizzazione di difese spondali radenti (palizzate in legno), briglie e taglio alberature – 1° lotto” e “Opere idrauliche e raccolta acque meteoriche in località Pratolungo – Roma – Adeguamento dell’impianto idrovoro con nuovo impianto di rilancio.” Nel primo progetto si è previsto, per il tratto di fosso compreso tra la confluenza col Fiume Aniene ed il G.R.A., il taglio selettivo della vegetazione infestante e delle alberature, la rimozione di ostacoli al deflusso delle acque e la realizzazione di difese radenti in pali di castagno, briglie di fondo e scogliere in massi ciclopici. Nel secondo si provvede ad incrementare la portata massima di emungimento dell’impianto idrovoro esistente, portandola dagli attuali $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ a $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$; tale intervento di ampliamento è integrato da interventi di rimodulazione idraulica, tra i quali è particolarmente rilevante la costruzione delle vasche di laminazione, di cui al punto 3).

Il presente progetto è connesso proprio con il punto 3) e riguarda “Lavori di ripristino dell’officiosità del fosso di Pratolungo compresa la messa in sicurezza dell’alveo e la costituzione di opportune opere di accumulo e laminazione delle piene – 2° lotto”. Si prevede a tal proposito la realizzazione di una vasca di accumulo in linea che permetta, in caso di evento di piena, di laminare le piene e regolare il deflusso in modo tale da prevenire possibili gravi situazioni di rischio di esondazione nelle aree soggette a rischio R4 suddette. Per avere una chiara comprensione dell’estensione di tali aree si veda la Planimetria delle aree inondabili (elaborato n° 028.0).

Complessivamente la Regione Lazio, a seguito della menzionata Ordinanza n° 3734, ha stanziato per gli interventi di messa in sicurezza e difesa idraulica ubicati sul fosso di Pratolungo € 14.000.000,00, così suddivisi:

- € 1.884.685,52 per i progetti ed i relativi lavori di cui al punto 1);
- € 4.576.246,67 per i progetti ed i relativi lavori di cui al punto 2);
- € 7.539.067,81 per i progetti ed i relativi lavori di cui al punto 3).

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Al fine del corretto inquadramento territoriale dell'area interessata dal progetto sono stati utilizzati i supporti cartografici esistenti, cioè la Cartografia I.G.M. alle scale 1:100.000 e 1:25.000, la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 e la cartografia alla scala 1:2.000 del Comune di Roma, collaudata nell'anno 2000.

In particolare l'area d'intervento ricade nella Tavoletta della carta 1:25.000 dell'I.G.M.I.:

- 150 IV NE

e nelle sezioni della Carta Tecnica Regionale 1:10.000 Tav. n°:

- 374: 040, 080.

L'area d'intervento è stata anche studiata mediante recenti ortofoto (anno 2008).

Il sito ricade all'interno del Municipio Roma V “Tiburtina”, in provincia di Roma, ed è compreso in un'area più vasta delimitata da Via Nomentana a nord, Via di Marco Simone ad est, Via Tiburtina a sud e Via di Sant'Alessandro ad ovest.

Per l'inquadramento territoriale dell'area di progetto si rimanda alla Corografia (elaborato n° 018.0).

3. STUDI ED INDAGINI PRELIMINARI

3.1. Rilievi, indagini e sondaggi

Al fine di minimizzare in corso di esecuzione dell'opera la possibilità di imprevisti sono stati predisposti i seguenti rilievi:

- rilievo topografico di dettaglio in scala 1:500 (almeno 100 punti per *Ha*), al fine di fissare con precisione centimetrica l'esatta ubicazione delle isoipse dell'area di invaso e definire il perimetro delle aree inondabili a seconda dei diversi livelli di esercizio della vasca di accumulo; in base alla curva ipsografica dell'invaso ottenuta si è verificata la presenza di eventuali manufatti antropici vulnerabili, anche di recentissima realizzazione, di possibili vie di fuga dell'acqua temporaneamente invasata nella vasca e di interferenze, intese come reti di servizi (acquedotti, fognature, linee elettriche, metanodotti, etc.); il rilievo è stato restituito, per comodità di lettura in scala 1:2000, nella Planimetria di rilievo, delle indagini e delle interferenze (elaborati n° 025.0, 025.1, 025.2), avendo la cura di raccordare le nuove isoipse con quelle della cartografia in scala 1:2000 precedentemente disponibile;
- rilievo celerimetrico in scala 1:200 (almeno 350 punti per *Ha*) dell'area di imposta del rilevato, al fine di una conoscenza più approfondita dell'area di progetto e dell'ubicazione di tutti i sondaggi geognostici effettuati; il rilievo è stato georeferenziato rispetto al sistema di coordinate assoluto Gauss-Boaga ed inquadrato nella rete dei punti I.G.M. 95 (caposaldo di riferimento n° 150707, ubicato in Via di Tor Cervara); il rilievo è stato svolto con metodologia G.P.S. in modalità R.T.K. e restituito, per comodità di lettura in scala 1:500, nella Planimetria di rilievo (elaborato n° 036.0).

Sono stati inoltre realizzati i seguenti sondaggi e prove sperimentali, per la cui esatta ubicazione di rimanda alla tavola Planimetria di rilievo (elaborato n° 036.0):

- n° 5 sondaggi geognostici:
 - a) S1 e S4 sono sondaggi di 30 *m* allestiti con piezometri tipo Casagrande;
 - b) S2 e S5 sono sondaggi di 30 *m*;
 - c) S3 è un sondaggio di 40 *m* attrezzato e condizionato con tubazione in PVC (diametro minimo 80 *mm* e spessore 3 *mm*, assemblati mediante filettatura a vite ed eventuali

manicotti di giunzione, muniti di tappi di testa e fondo foro) per prospezioni di sismica in foro tipo *down hole* con misura delle onde sismiche compressionali (P) e trasversali (S);

- n° 5 prove dilatometriche Marchetti:
 - a) D1X, D2X, D4X, D5X sono prove dilatometriche Marchetti con prove di dissipazione DMTA;
 - b) D3X-S è una prova dilatometrica Marchetti con dilatometro sismico e prova di dissipazione DMTA.
- n° 2 prove di permeabilità Lefranc per ogni sondaggio effettuato (10 in totale);
- n° 4 prove penetrometriche dinamiche per ogni verticale di sondaggio (20 in totale) e per ogni prova è stato prelevato un campione da sottoporre ad analisi granulometrica completa;
- prelievo di campioni indisturbati fino ad un massimo di 30 durante la campagna d'indagine;
- n° 4 stese geoelettriche.

3.2. Idrologia e idraulica

Al fine di un corretto dimensionamento idraulico dell'opera è stato condotto un apposito studio, riportato nella Relazione idrologica e idraulica generale (elaborato n° 004.0), nel quale sono state calcolate le onde di piena relative al bacino idrografico del fosso di Pratolungo in corrispondenza della SEZIONE DI PROGETTO. I picchi di portata Q_c , suddivisi per tempo di ritorno T_r e a seconda del tempo di corrivazione t_c assunto per la stima delle stesse portate, sono trascritti nella seguente tabella:

		$T_r = 100 \text{ anni}$	$T_r = 200 \text{ anni}$	$T_r = 500 \text{ anni}$	$T_r = 1000 \text{ anni}$
$t_c = 4 \text{ ore}$	$Q_c =$	$155 \text{ m}^3/\text{s}$	$180 \text{ m}^3/\text{s}$	$225 \text{ m}^3/\text{s}$	$255 \text{ m}^3/\text{s}$
$t_c = 5 \text{ ore}$	$Q_c =$	$135 \text{ m}^3/\text{s}$	$160 \text{ m}^3/\text{s}$	$195 \text{ m}^3/\text{s}$	$225 \text{ m}^3/\text{s}$

Sono quindi state effettuate una serie di simulazioni per valutare gli effetti di regolazione e laminazione operate dalla vasca di accumulo in progetto ed è emerso che, alla luce delle

attuali condizioni di deflusso garantite a valle della stessa opera, la vasca è in grado di assicurare un livello di servizio e protezione per portate con T_r pari a 100 *anni*.

All'aumentare del tempo di ritorno, le portate massime rilasciate a valle tendono a crescere, sebbene notevolmente ridotte rispetto ai picchi originari, tanto da far intravedere un possibile innalzamento del livello di servizio dell'opera nel caso in cui si voglia in futuro nuovamente intervenire sul tratto finale del fosso per incrementarne ulteriormente la capacità idrica.

3.3. Geologia ed idrogeologia

Nel bacino del fosso di Pratolungo i termini più antichi affiorano al limite settentrionale del bacino e sono costituiti dai termini della serie carbonatica di piattaforma del Giurassico (Calcere massiccio) e del Cretacico (Maiolica).

Questi termini più antichi sono a diretto contatto con i termini pliocenici e pleistocenici, non essendo rappresentato in superficie nessun termine del Cenozoico.

I termini pliocenici sono rappresentati dalle argille e marne grigie marine, a cui si sovrappone stratigraficamente la formazione delle “Sabbie gialle” di ambiente salmastro dei piani Siciliano-Calabriano del Pleistocene inferiore, ben rappresentata nella parte superiore del bacino idrografico.

Dal Pleistocene medio-inferiore al Pleistocene superiore compaiono i termini vulcanici a composizione tufacea provenienti sia dal Vulcano Sabatino che dal Vulcano dei Colli Albani.

Dal Pleistocene medio fino all'Olocene sono presenti i sedimenti fluviali di fondovalle trasportati dal fosso di Pratolungo e dai suoi affluenti.

Sono state realizzate le sezioni geologiche in scala 1:1.000/1:250 in corrispondenza dell'opera in progetto e le litologie riconosciute sono contraddistinte da un andamento sub-orizzontale e dalla più recente alla più antica sono le seguenti:

- riporto limoso
- limi fluviali recenti ed attuali
- tufi e piroclastici
- tufi e piroclastiti parzialmente argillificati
- sabbia e ghiaia
- limi ocra consistenti
- limi ed argille grigie marine con livelli sabbiosi

Nella Carta Idrogeologica dell'area di invaso in scala 1:10.000 (riportata nell'elaborato n° 022.0), ripresa dal recentissimo lavoro dell'APAT (2008): “La cartografia idrogeologica alla scala 1:50.000 dell'area di Roma”, sono riportate le isopiezometriche nella parte media e bassa del bacino corrispondenti alle quote di 15, 20, 25, 30, 35 40 e 60 *m s.m.m.* . Come visto anche dai sondaggi geognostici effettuati la falda in corrispondenza dell'opera in progetto si trova ad una profondità di circa 2 *m* dal piano campagna, che ha una quota media di circa 23 *m s.m.m.*, e quindi ad una quota assoluta di circa 21 *m s.m.m.* . L'isopiezometrica di 25 *m s.m.m.* del citato lavoro di APAT (2008) è circa nella stessa posizione della isopiezometrica della stessa quota riportata nello studio di Ventriglia (1990), mentre nella parte alta del bacino, nell'intervallo di tempo di 18 anni intercorso tra i due studi, si è avuto un generale abbassamento della falda idrica dovuto a diversi fattori, tra i quali il più importante è senz'altro il pompaggio di acque sotterranee per l'abbassamento della falda idrica a quote sempre più basse nelle limitrofe aree di estrazione del travertino nei comuni di Tivoli e Guidonia.

3.4. Geotecnica

L'analisi dei risultati delle prove in sito e di laboratorio dei campioni prelevati durante la campagna di indagine ha permesso di individuare e caratterizzare i litotipi presenti nell'area di progetto.

Il terreno su cui insisteranno le opere risulta di natura prevalentemente coesiva.

Sia le prove dilatometriche che le prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati, indicano infatti l'appartenenza dei litotipi in esame alle classi granulometriche più fini.

La frazione preponderante è sicuramente quella limosa ma si osservano anche strati di argilla e lenti di sabbia.

Il livello di consistenza di tali strati coesivi è medio-elevato, si rinviene solo uno strato di argilla meno consistente a profondità di circa 12 - 14 *m* di profondità dal p.c.

Al di sotto di tale strato si rinviene comunque un'ulteriore strato coesivo molto consistente.

Ai fini della caratterizzazione e della stima dei parametri caratteristici geotecnici sono state individuate 7 unità:

- Unità 1: Riporto limoso;
- Unità 2: Limi mediamente consistenti;

- Unità 3a: Argille consistenti con livelli di sabbia addensata;
- Unità 3b: Argille poco consistenti;
- Unità 4a: Tufi e piroclastiti;
- Unità 4b: Tufi e piroclastiti parzialmente argillificati;
- Unità 5: Sabbia e ghiaia.

Con riferimento all'opera da realizzare, le unità geotecniche 4a e 4b si rinvencono in corrispondenza delle spalle dell'argine. Si tratta di formazioni tufacee (4a) che nella loro parte inferiore si presentano parzialmente argillificate (4b). Le caratteristiche meccaniche di tali unità sono discrete mentre il coefficiente di permeabilità è dell'ordine di $1 \div 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Sulla sponda sinistra, al di sotto dell'unità 4b si osserva invece uno strato di sabbia e ghiaia dalla elevata permeabilità ($kh = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$).

L'approfondimento del diaframma in CSM al di sotto delle sabbie e delle ghiaie e l'iniezione di miscele cementizie sulle spalle garantiscono comunque la tenuta idraulica dell'opera.

In corrispondenza dell'opera di regolazione si osserva invece un'alternanza di unità coesive limose-argillose.

Al di sotto dei primi 2 - 3 m di riporto limoso (unità 1) che viene asportato durante la fase di preparazione del piano di posa, si rinvencono infatti 8 - 10 m di limi mediamente consistenti (unità 2), 3 - 4 m di argilla consistente (unità 3a), 6 - 7 m di argilla poco consistente (unità 3b) e poi nuovamente argilla consistente con livelli di sabbia addensata (unità 3a).

Le caratteristiche geotecniche e idrauliche di tali unità sono discrete e tali da garantire con un buon margine di sicurezza la stabilità dell'opera di regolazione e la tenuta idraulica dell'argine.

Per maggiori dettagli circa l'interpretazione delle indagini in sito e di laboratorio e la conseguente caratterizzazione geotecnica si rimanda alla Relazione geotecnica (elaborato n° 032.0).

3.5. Sismica

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274/03 del 20 marzo 2003 e il D.G.R. del Lazio 766/2003 la zona sismica in cui ricade il Comune di Roma è la numero 3.

Con la nuova normativa regionale della Deliberazione n° 387 del 22 maggio 2009 della Giunta Regionale del Lazio (BURL del Lazio n° 24 del 27 giugno 2009), il Comune di Roma viene suddiviso in 2 sottozone la 3A e la 3B, classificando ognuno dei 21 Municipi (chiamati appositamente per questa classifica UAS: Unità Amministrative Sismiche) in queste due sottozone. La V UAS (corrispondente al V Municipio) in cui ricade la parte del bacino del fosso di Pratolungo nel Comune di Roma diventa quindi zona sismica 3A.

In particolare l'opera in progetto previsto nel basso corso del fosso di Pratolungo ricade, come visto, nel Comune di Roma, il cui limite amministrativo coincide con l'incrocio tra il fosso di Pratolungo e Via di Marco Simone.

Anche l'area di massimo invaso a monte dello opera in progetto ricade interamente nel Comune di Roma, arrivando infatti tale area, corrispondente ad una quota assoluta di invaso di 30,50 *m s.m.m.*, proprio all'altezza dell'incrocio del fosso di Pratolungo con Via di Marco Simone.

La restante parte di bacino idrografico a monte di Via di Marco Simone ricade invece nei comuni di Guidonia Montecelio, Tivoli, Fontenuova, S. Angelo Romano e Mentana, che sono tutti classificati in zona sismica 2 secondo i citati OPCM 3274/03 e D.G.R. del Lazio 766/03.

Per la caratterizzazione del terreno di fondazione secondo la nuova normativa prevista dal D.M. Infrastrutture 14/01/2008: “Norme Tecniche per le Costruzioni”, pubblicato sulla G.U. del 4 febbraio 2008, che prevede l'individuazione della zona sismica in base alla V_{s30} (velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 *m* di profondità), sono state effettuate nell'ottobre 2009 nel corso del presente lavoro diverse prove sismiche nel fondovalle del fosso di Pratolungo in corrispondenza dello rilevato arginale in progetto.

Le suddette prove sismiche hanno permesso di stimare un valore di V_{s30} pari a 227 *m/s* e, unitamente alle prove N_{SPT} nei fori di sondaggio e alle analisi geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati nei sondaggi, consentono di includere il suolo di fondazione in oggetto nella categoria C, descritta come segue nel D.M. del Ministero dell' Infrastrutture 14/01/2008: “Norme Tecniche per le Costruzioni”: C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 *m/s* ($15 < N_{SPT} < 50$; $70 < c_u < 250$ *kPa*).

3.6. Interesse archeologico

La lettura dei sondaggi geologici effettuati in corrispondenza della sezione di imposta del rilevato non ha rivelato una particolare stratigrafia archeologica, se non una generica presenza di materiale fittile attesto nei primi 2 m, in particolare nei sondaggi più centrali dell'allineamento dell'argine in progetto. L'unica presenza a carattere notevolmente diffuso, con frammenti di piccole dimensioni, misti a qualche spezzone di tufo (indicato col n° 5 in FIGURA 3.1), è stata rilevata nella parte più orientale del bacino, presso la sponda settentrionale del fosso all'altezza del casale di Pratolungo.

A ca. 600 m ad est del casale di Pratolungo, sul ciglio meridionale del pianoro lambito dalla carrareccia diretta al fosso, sono stati individuati diversi basoli (n° 3) che non trovano riscontro nelle cartografie archeologiche note della zona, sia come presenza antica che in riferimento ad un eventuale percorso stradale. Al di sotto del ciglio naturale del pianoro, ai piedi di un piccolo rilievo lasciato a macchia, sono visibili sul banco di tufo numerosi segni di aratura (n° 4) probabilmente di epoca recente.

Il fosso di Pratolungo appare attraversato nella valle da due ponti ad un'unica arcata: il primo (n° 1), segnalato anche nella Carta dell'Agro (n° 179) conserva nella parte bassa delle spallette l'originaria muratura in opera laterizia che sembra attribuibile ad epoca romana, ripresa successivamente, forse in epoca medievale, con una muratura in tufelli irregolari. L'arcata in mattoni in parte frammentari, è stata sicuramente rimaneggiata in più epoche. L'altro ponte (n° 2) si trova a ca. 1,6 km in linea d'aria più ad est, e conserva nella parte inferiore una muratura in blocchi di travertino ai quali si è addossata l'arcata in mattoni in parte frammentari di epoca più recente. Sul lato orientale le spallette della struttura sono state rinforzate con una muratura in blocchi sagomati in peperino che farebbe propendere per un intervento di epoca recente. Sul fondo del fossato sotto il ponte, si intravede una muratura in opera cementizia foderata da blocchi di travertino che presentano almeno una coppia di incassi quadrangolari; a questi resti si è sovrapposta una struttura parallelepipedica con forma di cuneo dal lato orientale che potrebbe essere interpretata come una sorta di chiusa per regolare il flusso dell'acqua. La struttura originale del ponte sembra potersi attribuire ad epoca romana con rifacimenti di epoca successiva.

Per informazioni riguardo eventuali aree o beni di interesse archeologico - culturale segnalati dal Piano Territoriale Paesistico Regionale si rimanda invece alla Relazione paesaggistica (elaborato n° 006.0) ed alla Planimetria di inquadramento urbanistico/territoriale P.T.P.R. e

P.R.G. (elaborato n° 023.0). In particolare, nell’area di invaso di progetto è stato individuato un bene singolo identitario dell’architettura rurale, il quale verrà salvaguardato mediante la realizzazione di un’apposita opera di difesa costituita da un argine di altezza massima pari a circa 6 m e lungo circa 350 m.

FIGURA 3.1

Planimetria dei ritrovamenti e delle opere di interesse archeologico



- 1 - ponte
- 2 - ponte
- 3 - basoli sparsi
- 4 - tracce di arature di epoca moderna?
- 5 - area di frammenti fittili diffusi

3.7. Uso del suolo

Dalle visure catastali l'area oggetto d'intervento risulta per la maggior parte di tipo seminativo (classi 2 e 4) e per la parte rimanente di tipo seminativo irriguo (classe 2). Da recenti sopralluoghi l'area risulta solo parzialmente coltivata, con ampie zone adibite a pascolo e altre, piuttosto ristrette, di tipo boschivo.

Per maggiori dettagli riguardo eventuali vincoli e prescrizioni segnalati dal Piano Territoriale Paesistico Regionale e dal Piano Regolatore Comunale di Roma si rimanda alla Relazione paesaggistica (elaborato n° 006.0) ed alla Planimetria di inquadramento urbanistico/territoriale P.T.P.R. e P.R.G. (elaborato n° 023.0).

3.8. Acquisizione delle aree

Al fine della individuazione delle aree necessarie per la realizzazione dell'opera sono state identificate le aree di ingombro del progetto e si è avuta l'accortezza di cautelarsi considerando 1,50 m di margine rispetto alle aree d'ingombro individuate.

Sono stati richiesti i fogli aggiornati del catasto terreni e, una volta acquisiti, sono stati uniti e georeferenziati; è stata loro sovrapposta l'area di progetto ed è stato così possibile definire il numero di fogli e di particelle interessati; sono state quindi richieste le visure in modo tale da conoscere le caratteristiche dei terreni, eventuali usi ed i nominativi dei proprietari.

Per la quantificazione degli importi dovuti per l'acquisizione delle aree si è fatto riferimento al D.P.R. dell'8 giugno 2001 n° 327 “Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazioni per pubblica utilità” e successive modificazioni.

L'indennizzo previsto è pari al valore agricolo medio delle colture praticate, secondo i valori pubblicati dalla Regione Lazio nel 2008, moltiplicato per 2, per tener conto di eventuali fittavoli presenti in zona, ed ulteriormente moltiplicato per 1,5 volte in caso di cessione volontaria del terreno.

Sono stati calcolati anche gli importi dovuti per le occupazioni temporanee delle aree di cantiere necessarie, ad esempio, per lo stoccaggio dei materiali, lo stazionamento dei mezzi meccanici, la realizzazione di viabilità provvisoria e il posizionamento di baracche. L'indennità da corrispondere al proprietario per ogni anno di occupazione, prevista dall'art. 50 del citato D.P.R. 327/2001, è pari ad un dodicesimo di quanto gli sarebbe dovuto nel caso

di esproprio dell'area e, per ogni mese o frazione di mese, si prevede un'indennità pari ad un dodicesimo di quella annua.

Per il calcolo dettagliato degli importi dovuti per l'acquisizione delle aree si rimanda al Piano particellare di esproprio descrittivo (elaborato n° 008.0); l'esatta ubicazione delle particelle da acquisire è evidenziata nella Planimetria catastale (elaborato n° 024.0) mentre le aree soggette ad occupazione temporanea sono individuate nella Planimetria delle aree di cantiere e delle fasi esecutive (elaborato n° 029.0).

4. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

4.1. Descrizione dell'intervento

Il progetto in esame riguarda una vasca di accumulo in linea che ha il compito di laminare le piene più gravose, trattenendone temporaneamente parte del volume, e di regolare il deflusso idrico a valle in modo tale da prevenire possibili eventi di inondazione a valle ed in particolare nella già citata area soggetta a rischio R4.

Il progetto prevede:

- 1) un argine di terra a sezione trapezoidale avente le seguenti caratteristiche:
 - 400 *m* di lunghezza;
 - coronamento a quota 33,00 *m s.m.m.* con strada di servizio per ispezione, controllo e manutenzione;
 - il paramento di monte ha pendenza 2 su 1 ed è protetto da materassi tipo Reno;
 - il nucleo di tenuta è decentrato e ruotato a ridosso del paramento di monte;
 - un diaframma plastico in CSM si intesta nel terreno fino ad una profondità di 6,00 *m* al di sotto della base del nucleo;
 - il paramento di valle ha pendenza 3 su 2, ha un andamento discontinuo dovuto alla presenza di una banca stabilizzante ed è ricoperto da uno strato di terreno vegetale trattato con idrosemina;
 - unghia di pietrame e connessa canaletta di scolo per drenaggio dell'acqua all'interno del rilevato ed allontanamento controllato delle acque di infiltrazione e zenitali;
- 2) un'opera di regolazione in calcestruzzo, che interrompe il precedente rilevato in corrispondenza del fosso attuale e presenta le seguenti caratteristiche:
 - 2 luci, ciascuna larga 2,00 *m* e alta 3,00 *m*, presidiate da paratoie piane e poste a quota alveo in corrispondenza del fosso attuale;
 - 2 panconi per la chiusura delle suddette luci in caso di mancato funzionamento delle paratoie piane;
 - uno sfioratore composto di 4 soglie libere poste a quota 28,50 *m s.m.m.*, di lunghezza 12,00 *m* ciascuna, per un totale di 48,00 *m* di lunghezza di sfioro;

- una vasca di dissipazione a valle dello sfioratore con macroscabrezza ottenuta con denti di calcestruzzo alti 0,90 m e disegnata in modo tale da riconvogliare le portate sfiorate nel fosso;
- protezione dall'erosione dell'alveo a valle dell'opera mediante la posa di materassi tipo Reno per lunghezze opportune;
- 2 muri d'ala, uno in sinistra e l'altro in destra idraulica, atti a raccordare efficacemente il manufatto di regolazione al rilevato arginale;
- un ponte di larghezza 4,00 m, costituito da travi in calcestruzzo prefabbricate e soletta in c.a. sovrastante, atto a collegare le due parti dell'argine per consentire le necessarie operazioni di ispezione, controllo e manutenzione.

In particolare di seguito si presenta una descrizione più dettagliata delle caratteristiche dell'opera di regolazione in progetto

4.2. Caratteristiche dell'opera di regolazione

4.2.1. Descrizione dell'opera

L'opera di regolazione in oggetto è parte integrante dell'argine in materiali sciolti previsto per il ripristino dell'officiosità idraulica del fosso di Pratolungo.

I seguenti elaborati allegati al presente incarto progettuale illustrano le caratteristiche dell'opera:

- n° 042.0 “Opera di regolazione – Planimetria, Pianta e Sezioni”;
- n° 046.0 “Opera di Regolazione – Pianta”;
- n° 047.0 “Opera di Regolazione - Sezioni trasversali”;
- n° 048.0 “Opera di Regolazione - Sezioni longitudinali”;
- n° 045.0 “Opere di protezione alveo fosso a monte e valle opera di regolazione”.

L'opera di regolazione, del tipo a gravità massiccia in calcestruzzo, ha uno sviluppo complessivo al coronamento di ca. 58 m ed un'altezza pari a 12 m, misurata a partire dalla soglia sfiorante fino al punto più basso della superficie di fondazione a monte.

L'opera si sviluppa lungo un asse rettilineo ed è suddivisa in 5 conci con due diversi tipi di strutture: una classica tracimabile, con soglia di sfioro a quota 28,50 *m s.m.m.*, seguita da una vasca di dissipazione (4 conci) e una struttura scatolare (centrale) nella quale sono alloggiate le paratoie per la regolamentazione delle portate.

La soglia tracimabile ha una sezione triangolare classica con paramento di monte verticale e paramento di valle con pendenza di 1 : 0,8 (verticale : orizzontale). Il triangolo fondamentale presenta, pertanto, un'apertura complessiva di 38°95'.

Lo scarico di superficie dell'opera di regolazione è costituito da due soglie sagomate con profilo tipo Creager ($H_D = 1,6 \text{ m}$) con quota di coronamento 28,50 *m s.m.m.* (quota massima di regolazione) ed una luce lorda di 25,00 *m* ciascuna.

A valle delle soglie di sfioro due vasche di dissipazione, poste a quota 21,00 *m s.m.m.*, larghe 25,00 *m* ciascuna e lunghe circa 9,20 *m*, hanno uno spessore variabile da 2,70 a 2,00 *m* ed sono munite di taglione di 5,50 *m* di profondità al piede di valle.

Il concio, dove sono alloggiate le paratoie, è situato al centro dell'opera di regolazione ed ha una larghezza e lunghezza totale rispettivamente pari a 7,60 *m* e 28,50 *m* con quota fondazione posta a 19,00 *m s.m.m.* .

Il concio è costituito da due camere separate, di sezione rettangolare pari a 2,00 *m* per 10,25 *m*, dove a circa metà della lunghezza della struttura sono installate n° 2 (due) paratoie piane del tipo a saracinesca su ruote, 2,00 x 3,00 *m*, disposte affiancate su ciascuna delle due luci dell'opera di regolazione, azionate oleodinamicamente, comandate e controllate elettricamente.

Un taglione finale è presente nella soletta per preservare gli eventuali scalzamenti dell'opera. Sono previsti inoltre i seguenti gruppi di panconi da mettere in opera per la manutenzione delle paratoie:

- n° 1 (uno) gruppo di panconi piani sovrapponibili del tipo a saracinesca a strisciamento, per la luce netta complessiva di 2,00 x 7,50 *m* (5 elementi), per le luci a monte delle paratoie;
- n° 1 (uno) gruppo di panconi piani sovrapponibili del tipo a saracinesca a strisciamento, per la luce netta complessiva di 2,00 x 4,00 *m* (3 elementi), per le luci a valle delle paratoie.

Entrambi i gruppi di panconi vengono installati alternativamente su una delle due luci a monte o a valle delle suddette paratoie, e sono movimentati per mezzo gru (non facente parte della fornitura).

Al di sotto dell’opera di regolazione è prevista la realizzazione di uno schermo di tenuta, costituito da una diaframma in calcestruzzo plastico con quota inferiore pari a 15 m.s.m.m.

Il volume complessivo dell’opera di regolazione è di circa 6.300 m³, compresi i getti necessari alla realizzazione della vasca di dissipazione situata al piede a valle dell’opera di regolazione e i getti necessari alla realizzazione del concio dove sono alloggiare le paratoie.

Infine, una sistemazione dell’alveo è stata prevista a monte e a valle dell’opera per una lunghezza complessiva di circa 210 m al fine di accompagnare il flusso e renderlo idraulicamente compatibile con l’opera. A maggior protezione dell’imbocco e al fine di evitare eventuali fenomeni erosivi a valle del piede di valle della vasca, si è prevista una protezione in materassi e gabbioni Reno per una lunghezza complessiva, tra monte e valle, di 25 m così come illustrato nell’elaborato n° 045.0 “Opere di protezione alveo fosso a monte e valle opera di regolazione” del presente incarto progettuale.

Nelle FIGURE 4.1, 4.2 e 4.3 sono rappresentate le caratteristiche dell’opera in oggetto.

FIGURA 4.1
Opera di regolazione – Pianta

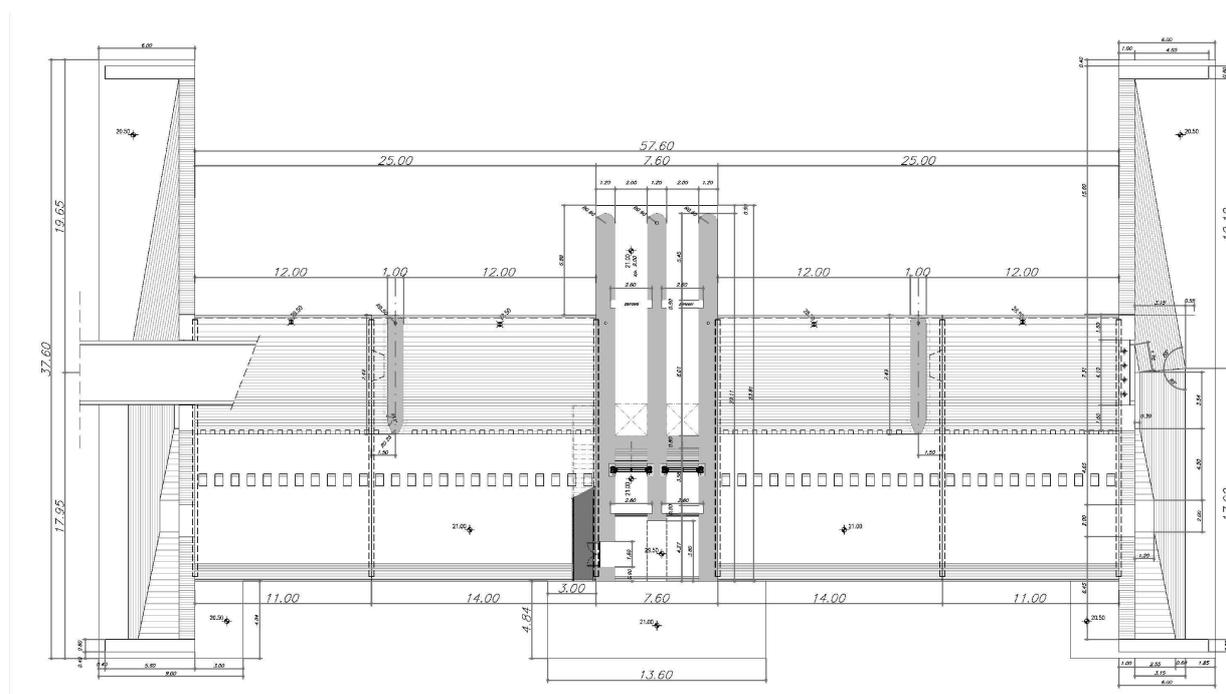


FIGURA 4.2

Opera di regolazione – Sezione trasversale (1 di 2)

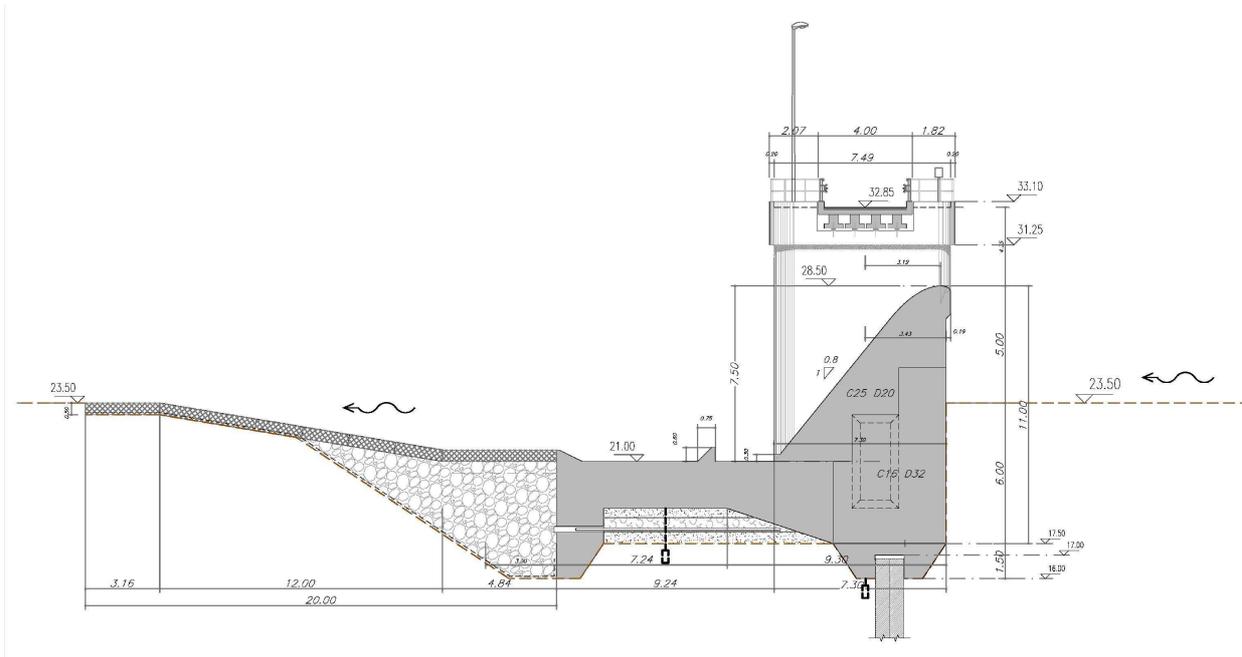
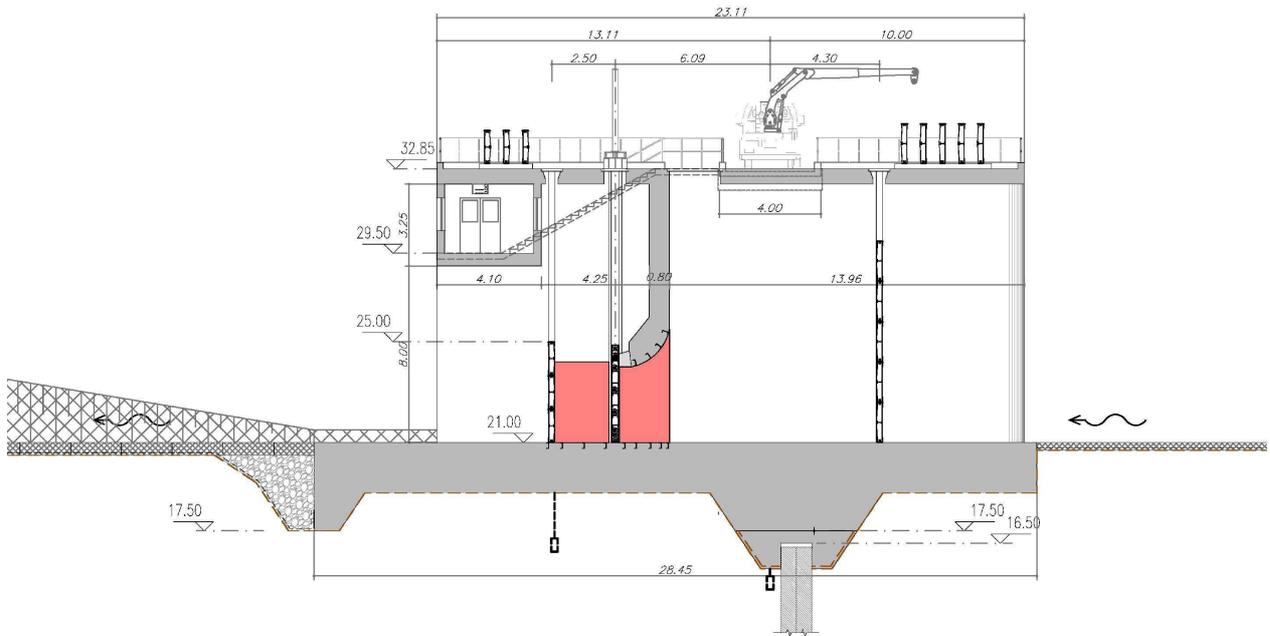


FIGURA 4.3

Opera di regolazione – Sezione trasversale (2 di 2)



4.2.2. Dimensionamento idraulico dell'opera di regolazione

4.2.2.1. Generale

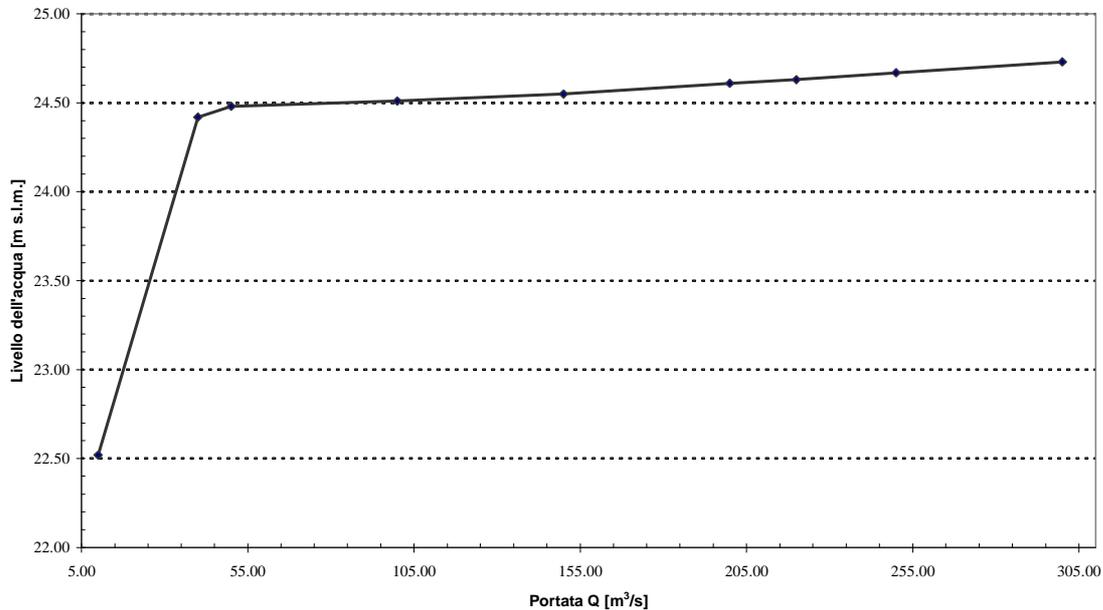
L'opera è finalizzata ad assicurare una regolazione dei deflussi naturali del fosso, secondo le seguenti prescrizioni:

- *Regime Ordinario* quando le portate affluenti sono minori di $10 \text{ m}^3/\text{s}$. In queste condizioni le paratoie delle due luci del manufatto di scarico sono **completamente aperte**. L'opera quindi non comporta nessuna alterazione al regime idraulico naturale del fosso.
- *Regime Normale*, quando le portate affluenti sono maggiori di $10 \text{ m}^3/\text{s}$ e i livelli idrici di monte inferiori alla quota di massima regolazione, coincidente con quella della soglia sfiorante. In queste condizioni **una luce verrà completamente chiusa e l'altra parzializzata** dalle relative paratoie al fine di limitare la portata effluente ad un massimo di $10 \text{ m}^3/\text{s}$. La vasca di accumulo quindi adempie alla sua funzione di laminazione delle piene entranti.
- *Regime Eccezionale*, quando il livello di monte supera la quota di sfioro pari a $28,50 \text{ m s.m.m.}$. In queste condizioni, le portate affluenti eccedenti lo scarico della luce di fondo vengono **scaricate attraverso tracimazione dalle soglie libere di sfioro**. La vasca di accumulo continua comunque ad esercitare un notevole effetto di laminazione delle portate entranti, anche se, in funzione dell'entità dell'evento di piena in atto, può non essere garantito il rilascio complessivo a valle di portate inferiori a $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.2.2.2. Analisi dei livelli d'acqua a valle dell'opera

Al variare delle portate defluenti, sono stati analizzati i livelli a valle dell'opera attraverso lo studio dei profili di rigurgito ottenuti modellando l'alveo a partire da monte dell'opera sino a circa 150 m a valle.

La scala di deflusso relativa ad una sezione subito a valle dell'opera di regolazione è quella mostrata nella FIGURA 4.4.

FIGURA 4.4**Valori di livello dell'acqua a valle dell'opera di regolazione****4.2.2.3. Scarico di superficie**

Il dimensionamento idraulico dello scarico di superficie è stato effettuato assumendo l'evento idrologico "estremo", indicato nel capitolo 7 paragrafo 7.2.2 dell'elaborato n° 004.0 "Relazione idrologica e idraulica generale", a cui corrisponde una portata di picco pari a circa $220 \text{ m}^3/\text{s}$.

La portata di efflusso della soglia trascinabile è stata ricavata mediante la relazione seguente (Sinniger, 1989):

$$Q = C_d \cdot L \cdot (2 \cdot g \cdot H^3)^{1/2}$$

con:

$$C_d = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot \left[1 + \frac{4 \cdot \chi}{9 + 5 \cdot \chi} \right] \quad \text{e}$$

$$L = L' - 2 \cdot (NK_p + K_a) \cdot H \quad (1)$$

dove:

C_d [-] : coefficiente di efflusso;

L [m] : larghezza efficace della soglia di sfioro;

H [m] : carico idraulico misurato a partire dal livello del ciglio di sfioro;

χ [-] : carico relativo;

H_D [m] : carico idraulico di dimensionamento;

L' [m] : larghezza totale della soglia;

N : numero di pile;

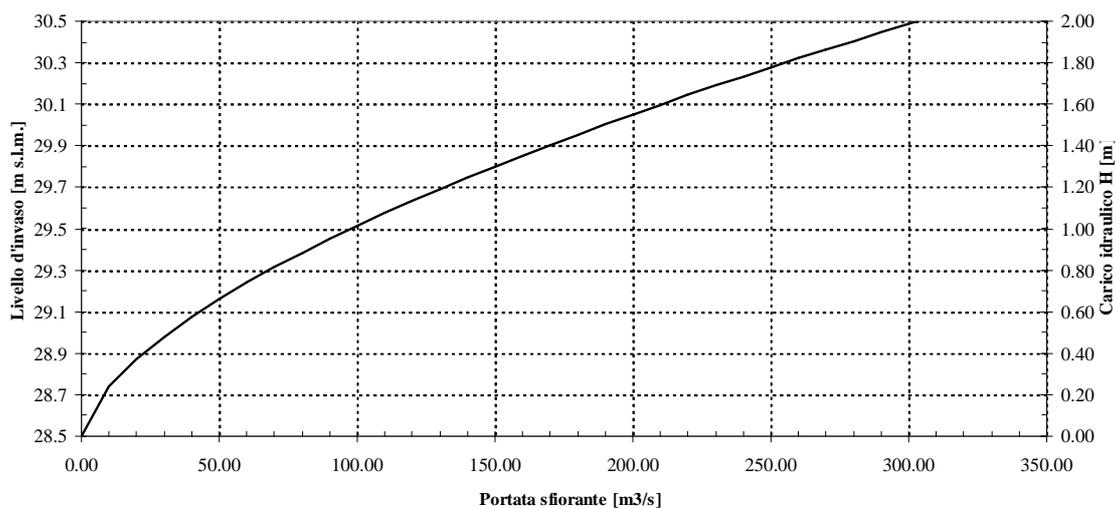
K_p , K_a [-] : coefficienti di contrazione della pila;

La larghezza efficace della soglia (L) è stata quindi assunta variabile con il carico a monte al fine di tenere conto della riduzione dovuta alle due pile di larghezza pari a 1 m.

La scala di deflusso per lo sfioratore è illustrata nella FIGURA 4.5:

FIGURA 4.5

Sfioratore – Scala di deflusso



In corrispondenza della portata $Q = 220 \text{ m}^3/\text{s}$, presa in considerazione per il dimensionamento idraulico e statico dell’opera, il livello d’invaso raggiunge quota $30,10 \text{ m s.m.m.}$ con un franco quindi di $2,90 \text{ m}$ rispetto alla quota massima del rilevato arginale ($33,00 \text{ m s.m.m.}$).

Considerando che l’altezza effettiva della lama d’acqua sulla soglia è $0,89 \cdot H$, il franco rispetto all’intradosso delle travi del ponte, risulta pari a circa $1,20 \text{ m}$.

La soglia è stata sagomata secondo un profilo standard tipo Creager dimensionato con un carico idraulico $H_D = 1,60 \text{ m}$ ($Q = 220 \text{ m}^3/\text{s}$).

$$y/H_D = 0,5 \cdot (x/H_D)^{1,85} \quad \text{per } x > 0$$

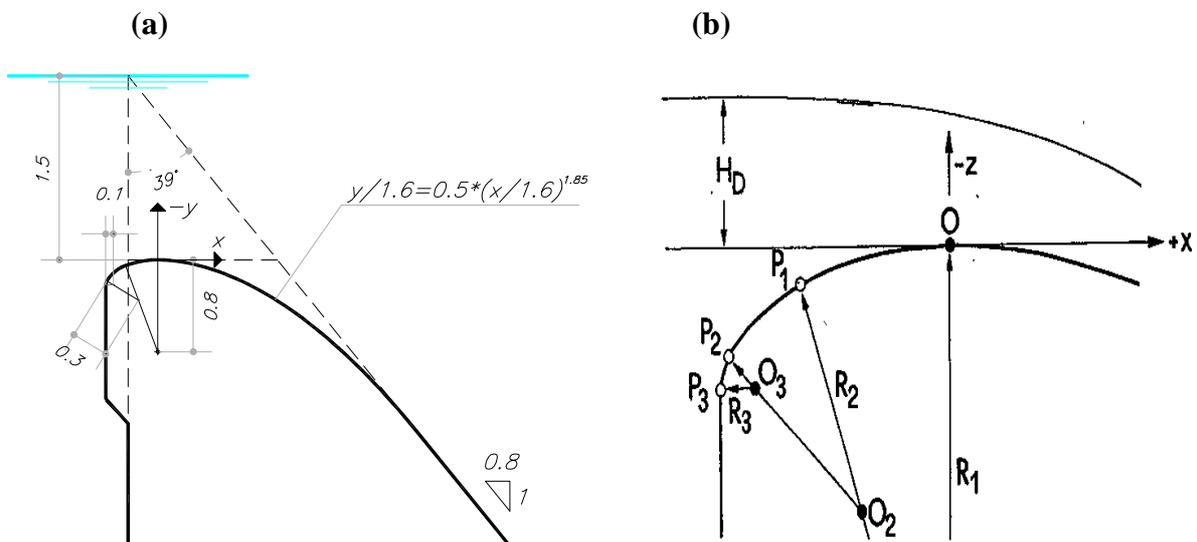
Per quanto riguarda la geometria di monte della soglia, essa è composta da tre raggi di curvatura (si veda la FIGURA 4.6), il cui valore dipende sempre dal carico di dimensionamento.

$$R_1 = 0,8 \text{ m}$$

$$R_2 = 0,3 \text{ m}$$

$$R_3 = 0,1 \text{ m}$$

FIGURA 4.6
Profilo della soglia sfiorante



L'inclinazione del paramento di valle, infine, è stato ricavato utilizzando la seguente equazione:

$$tg(\alpha) = \sqrt{\frac{c_2}{c_1 \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_w} - m}}$$

con:

$$c_1 = 1 - \left(\frac{H_D}{a + H_D}\right)^2 \cdot \left(2 - \frac{H_D}{a + H_D}\right) \quad \text{e} \quad c_2 = 1 - \left(\frac{H_D}{a + H_D}\right)^2 \cdot \left(3 - 2 \frac{H_D}{a + H_D}\right)$$

dove:

α : angolo di inclinazione del paramento di valle;

$\gamma_w [N/m^3]$: peso specifico dell'acqua;

$\gamma_c [N/m^3]$: peso specifico del calcestruzzo;

$a [m]$: altezza della traversa;

$m [-]$: indice del tipo di terreno;

ottenendo un valore di pendenza per il paramento di valle pari a 0,8 : 1 [orizzontale : verticale].

4.2.2.4. Vasca di dissipazione

La vasca di dissipazione è stata dimensionata secondo i criteri USBR (Peterka, 1978), adottando una vasca di tipo III in cui due file di denti unitamente al gradone di valle, forzano la formazione del risalto idraulico all'interno della vasca.

La portata di dimensionamento è stata assunta pari a $100 \text{ m}^3/\text{s}$, valore superiore alla portata di picco sfiorante per un evento eccezionale con $T_r = 1000$ ($Q = 90 \text{ m}^3/\text{s}$) come indicato nell'elaborato 004.0 “Relazione idrologica e idraulica generale”.

L'altezza dell'acqua al piede dello scivolo, è stata calcolata utilizzando la seguente espressione:

$$Q = C_v \cdot L \cdot h_1 \cdot \sqrt{2g \cdot (H - h_1)} \quad (2)$$

dove:

$C_v [-]$: coefficiente di velocità;

$h_1 [m]$: altezza d'acqua a valle dello scivolo;

$H [m]$: carico a monte.

Applicando la seguente equazione è stato invece possibile ricavare l'altezza h_2 coniugata ad h_1 :

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + 8 \cdot Fr_1^2} - 1 \right) \quad (3)$$

Dall'applicazione della (2) e della (3) si è così ottenuto:

- $h_1 = 0.2 \text{ m}$;
- $Fr_1 = 9.4$;
- $h_2 = 2.2 \text{ m}$.

Tenendo in considerazione i risultati di dimensionamento secondo la letteratura specializzata (Peterka, 1978), si sono assunti per la vasca di dissipazione, le seguenti misure geometriche:

- Lunghezza della vasca : $L_v = 9,2 \text{ m}$;
- Altezza della prima fila di denti dissipatori: $h_1 = 0,3 \text{ m}$;
- Distanza tra i denti della prima fila : $s_1 = 0,3 \text{ m}$
- Altezza della seconda fila di denti dissipatori: $h_3 = 0,6 \text{ m}$;
- Distanza tra i denti della seconda fila : $s_3 = 0,5 \text{ m}$
- Altezza del gradone di valle: $h_3 = 0,5 \text{ m}$.

4.2.2.5. *Manufatto di scarico*

Il manufatto di scarico è ubicato nel concio centrale dell'argine di progetto. Esso è costituito da due luci di dimensione $2 \times 3 \text{ m}$ [base x altezza] ciascuna, presidiate da due paratoie piane su ruote.

Per la determinazione della variazione dell'apertura della paratoia (d) in funzione del livello di monte, si è utilizzata la seguente relazione:

$$Q = \mu \cdot d \cdot l \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (3)$$

dove:

μ [-]: coefficiente di efflusso;

h [m]: carico;

d [m]: apertura della paratoia;

l [m]: larghezza della luce.

Il coefficiente di efflusso (μ) varia al variare dell'apertura della paratoia ed è stato assunto in accordo ai valori suggeriti in letteratura.

Nel grafico di FIGURA 4.7 e nella TABELLA I è illustrata la legge di regolazione dell'apertura della paratoia (d) al fine di limitare le portate scaricate a $10 \text{ m}^3/\text{s}$, nel campo di variazione dei livelli idrici di monte tra 23 e 28,50 m s.m.m. .

FIGURA 4.7

Manufatto di scarico – Legge di regolazione apertura paratoia

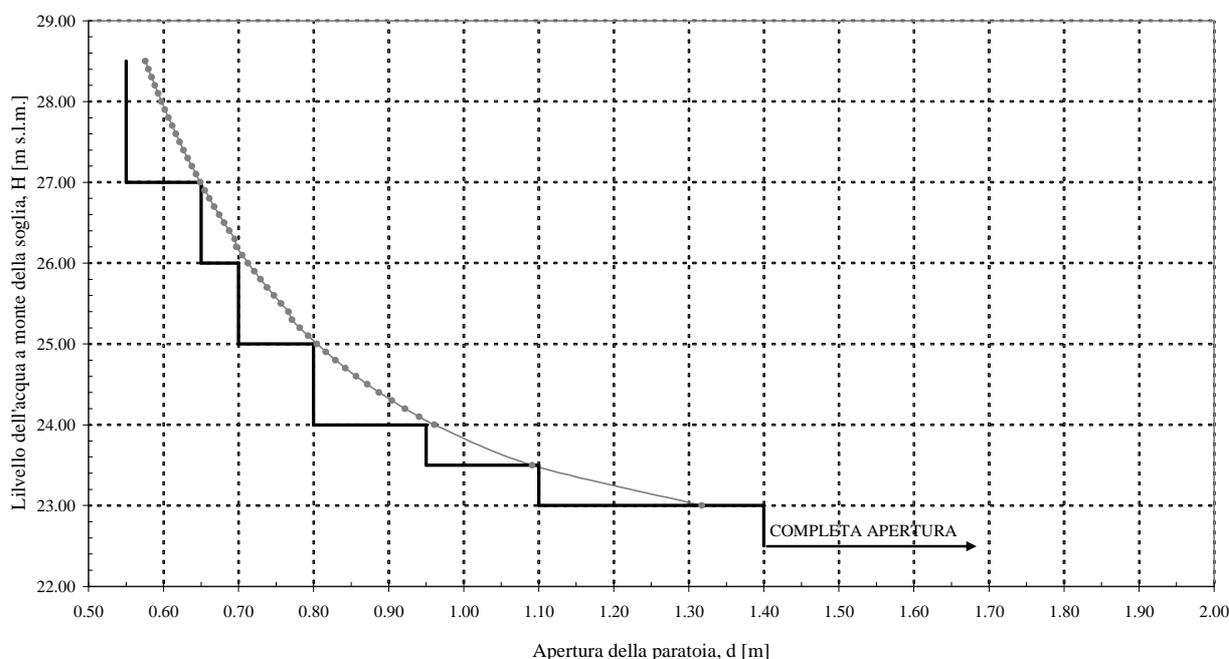


TABELLA I**Regolazione Paratoia - Portate scaricate**

Livelli idrici di monte	Grado di apertura paratoia	Portate scaricate
L.S. (m. s.l.m.)	d (m)	Q (m ³ /s)
21,0 < L.S. < 22,5	3,00	< 10
22,5 < L.S. < 23,0	1,40	<10
23,0 < L.S. < 23,5	1,10	8,7 > Q > 10,0
23,5 < L.S. < 24,0	0,95	8,9 > Q > 9,9
24,0 < L.S. < 25,0	0,80	8,5 > Q > 10,0
25,0 < L.S. < 26,0	0,70	8,8 > Q > 9,8
26,0 < L.S. < 27,0	0,65	9,2 > Q > 10,0
27,0 < L.S. < 28,5	0,55	8,5 > Q > 9,6

4.2.3. Verifiche di sicurezza

Le verifiche di stabilità sono state condotte sul concio tracimabile e sul concio centrale dove sono presenti le paratoie.

Nell’ambito delle verifiche di sicurezza sono state prese in considerazione tre combinazioni di carico riassunte nella tabella seguente:

Combinazione	Peso proprio	Invaso	Sottospinta	Azioni sismiche
A				
B				
C				

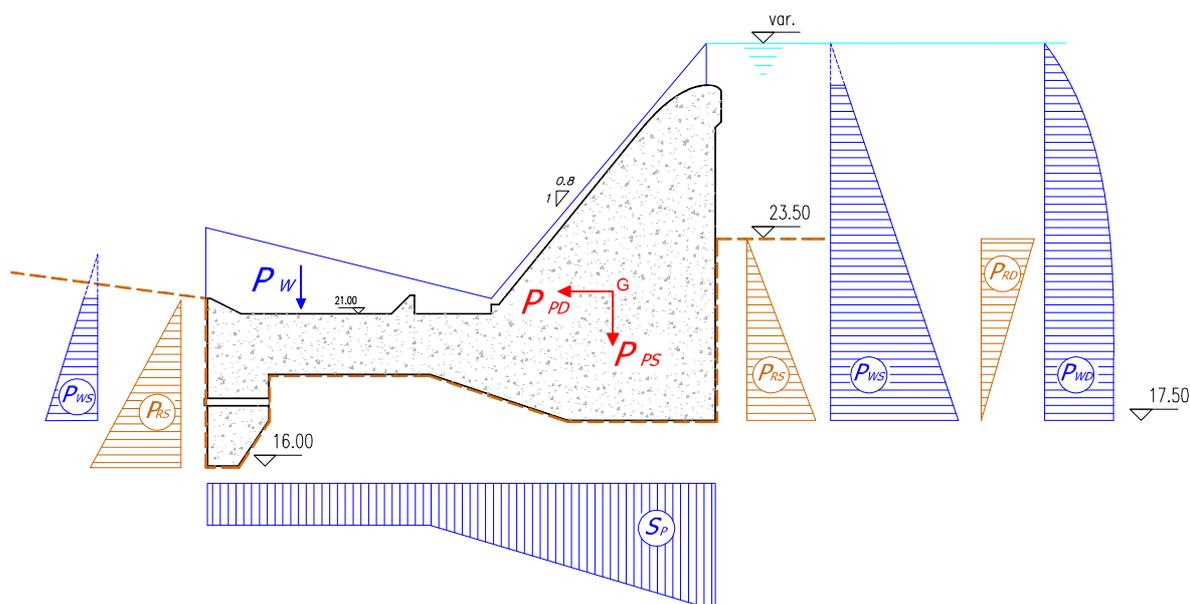
Le verifiche di sicurezza sono state eseguite riguardo alle azioni seguenti (rappresentate in linea orientativa nella FIGURA 4.8):

- 1) P_{PS} - azioni dovute al peso proprio in condizioni statiche;
- 2) P_{WS} - azioni dovute alle pressioni idrostatiche;
- 3) P_{RS} - azioni dovute alla spinta del rinterro;
- 4) S_P - azioni dovute alla spinta delle sottopressioni al di sotto della superficie di scorrimento;

- 5) P_W - azioni dovute al peso dell'acqua sopra la vasca di dissipazione;
- 6) P_{PD} - azioni sismiche inerziali orizzontali della massa strutturale;
- 7) P_{WD} - azioni sismiche dovute all'incremento dinamico della spinta dell'acqua;
- 8) P_{RD} - azioni sismiche dovute all'incremento della spinta del terreno.

FIGURA 4.8

Opera di regolazione - Schema delle forze applicate



Da rilevare che le verifiche di stabilità eseguite rispettano i requisiti delle “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle opere di sbarramento” indicate dal Ministero dei Lavori Pubblici (Decreto Ministeriale del 24 Marzo 1982), la quale prescrive che il rapporto tra la somma delle componenti parallele alla superficie di scorrimento, $F_{//}$, e la somma delle componenti perpendicolari a questa F_{\perp} , non superi il valore $\phi = 0,75$.

4.2.3.1. Verifiche di stabilità allo scorrimento

In base ai risultati delle verifiche allo scorrimento effettuate sull'opera di regolazione si osserva che il valore massimo del coefficiente ϕ , ottenuto nel caso della combinazione di carico “C” (invaso fino alla quota di sfioro e con azioni sismiche) nel concio trascinabile, è pari a 0,10.

Per la condizione di carico “B” (soglia tracimata con portata sfiorante per evento estremo senza azioni sismiche), sempre per il concio tracimabile, il coefficiente allo scorrimento assume un valore pari a $\phi = 0,07$.

Le verifiche effettuate sul concio centrale danno risultati ancora più cautelativi con un valore massimo di ϕ pari a 0,27 per la combinazione di carico “C” (invaso fino alla quota di sfioro e con azioni sismiche).

Si constata quindi che la sicurezza allo scorrimento dell’opera rimane ampiamente nei limiti previsti dalla normativa vigente.

4.2.3.2. Verifiche di resistenza

Le tensioni risultanti sono state calcolate in termini di tensioni totali tramite l’ausilio del programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000.

Le verifiche di resistenza sono state effettuate tenendo conto delle azioni mostrate nel paragrafo precedente.

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo le seguenti combinazioni di carico:

- serbatoio vuoto, con e senza sisma;
- serbatoio pieno, con e senza sisma.

La normativa impone che devono essere verificate i seguenti massimi stati tensionali:

- a. tensioni principali di compressione non superiori a:

$$\sigma_{comp(Rck,30)} = 6 + \frac{R_{ck,30} - 15}{4} = 6 + \frac{30 - 15}{4} = 9,75 \text{ N/mm}^2 = 9750 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{comp(Rck,20)} = 6 + \frac{R_{ck,20} - 15}{4} = 6 + \frac{20 - 15}{4} = 7,25 \text{ N/mm}^2 = 7250 \text{ kN/m}^2$$

- b. tensioni principali di trazione non superiori a:

$$\sigma_{traz} = 300 \text{ kN/m}^2$$

Nelle zone dove sono rispettate le seguenti limitazioni tensionali:

$$\sigma_{comp(Rck,20)} = -7250 \text{ kN/m}^2 < \sigma < 300 \text{ kN/m}^2 = \sigma_{traz}$$

non occorre prevedere specifica armatura resistente.

In ogni caso, per evitare fenomeni di ritiro legato al normale processo di stagionatura del calcestruzzo, è stato previsto un minimo quantitativo di armatura disposto su tutta la superficie dei conci ($\varnothing 16/30 \text{ cm}$).

Al contrario, nelle zone dove non sono rispettati i limiti tensionali precedentemente esposti viene prevista una specifica armatura derivante da calcolo.

4.2.4. Strumentazione di controllo

Per il controllo del comportamento dell'opera di regolazione in fase di esercizio dovrà essere installata la seguente strumentazione:

- collimatore ottico di allineamento (n° 1) e mire fisse (n° 1) e mobili (n° 2);
- celle piezometriche a corda vibrante (n° 10);
- misuratore di livello di tipo piezometrico (n° 1);
- misuratore di livello ad ultrasuoni (n° 1);
- aste idrometriche (n° 2);
- pendolo rovescio (n° 1);
- estensimetri sui giunti (n° 4);
- assestimetri (n° 4);
- termometro per aria (n° 1);
- termometro per acqua (n° 1);
- termometro per calcestruzzo (n° 2).

4.3. Materiali

4.3.1. Materiali impiegati

I materiali impiegati nel presente progetto possono essere così riassunti:

- materiale selezionato per la realizzazione dei contronuclei del rilevato arginale;
- materiale argilloso per la realizzazione del nucleo del rilevato arginale;
- materiale drenante per la realizzazione dell’unghia di drenaggio e per il riempimento dei materassi di tipo Reno e dei gabbioni di protezione in maglia d’acciaio;
- CSM per la realizzazione del diaframma di tenuta;
- terreno vegetale per il paramento di valle;
- misto per fondazione stradale, binder per lo strato di collegamento ed asfalto per lo strato di usura della strada di servizio;
- geotessile;
- panconi e paratoie in acciaio;
- calcestruzzo per la realizzazione del manufatto di regolazione;
- travi in calcestruzzo prefabbricate e soletta in c.a. per il ponte stradale sovrastante l’opera di regolazione.

Per il dettaglio delle caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali prescelti si rimanda al Capitolato speciale d’appalto (elaborato n° 013.0). In particolare, nel caso di elementi prefabbricati, le caratteristiche illustrate riguardanti le modalità di presentazione e di approvazione dei componenti da utilizzare sono riportate all’art. 74 di detto capitolato.

4.3.2. Piano di gestione delle terre

Contemporaneamente alla definizione delle fasi di cantierizzazione dell’opera è stato realizzato il piano di gestione delle terre: fase per fase è stato effettuato il bilancio delle terre in funzione del fabbisogno del materiale di determinate caratteristiche al momento necessario e di quello disponibile perché proveniente degli scavi già eseguiti nel cantiere.

Per limitare al minimo il ricorso a cave di materiale naturale, il trasporto e lo smaltimento in discarica del terreno scavato e per ottimizzare la gestione del cantiere, si è pensato ad una soluzione che potesse massimizzare il riutilizzo delle terre provenienti dagli scavi.

Dall'interpretazione della campagna di indagini eseguita è risultato che i materiali prodotti dagli scavi e dalle bonifiche risultano composti prevalentemente dalle frazioni granulometriche più sottili proprie delle argille e dei limi, con frazione limosa preponderante rispetto alla frazione argillosa e con discreta percentuale di sabbia.

Si tratta di termini litologici principalmente appartenenti ai gruppi A7-6, A6 e A4, il cui riutilizzo diretto nell'ambito delle attività di costruzione dei rilevati arginali risulta ammissibile.

Più in dettaglio, per quanto riguarda la risoluzione delle interferenze, vista anche la notevole profondità di posa di alcune di esse, è previsto che siano movimentati circa 25.587 *mc*, di cui 23.726 *mc* da utilizzarsi per il successivo rinterro e 1.456 *mc* da trasportare a discarica.

Per tutte le altre attività di scotico e scavo, connesse con i lavori principali di arginatura e di viabilità è previsto che vengano prodotti complessivamente ulteriori 62.074 *mc* di materiali di risulta.

Dei materiali di risulta prodotti si prevede un reimpiego per circa il 95 % per un totale di 58.970 *mc* di terreno da riutilizzare per la realizzazione delle opere di terra in progetto.

Nello specifico suddetta quantità sarà suddivisa e utilizzata per le seguenti operazioni:

- 1.445 *mc* del materiale, a giudizio della D.L., più scadente, verrà riutilizzato per il rivestimento delle scarpate delle viabilità e della scarpata di monte dell'argine principale;
- 57.525 *mc* per la realizzazione del corpo del rilevato arginale principale e per la realizzazione dell'argine a protezione dei manufatti storici.

Tuttavia i 57.525 *mc* di terreno di risulta destinati alla realizzazione degli argini non sono sufficienti al completamento dei rilevati. Si prevede pertanto di miscelarli con 25.800 *mc* di terreno proveniente da cave e appartenente alle classi A2-6, A2-7 e A2-5.

Al fine di un corretto riutilizzo di suddetto materiale, si prevede comunque di compattarlo opportunamente a strati durante le varie fasi di realizzazione degli argini.

Per la costruzione delle strade di collegamento sulla spalla destra e sulla spalla sinistra si prevede di prelevare da cave altri 1.850 mc di terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5 e A3. Pertanto il totale di terra richiesta a cave di prestito è 27.650 mc.

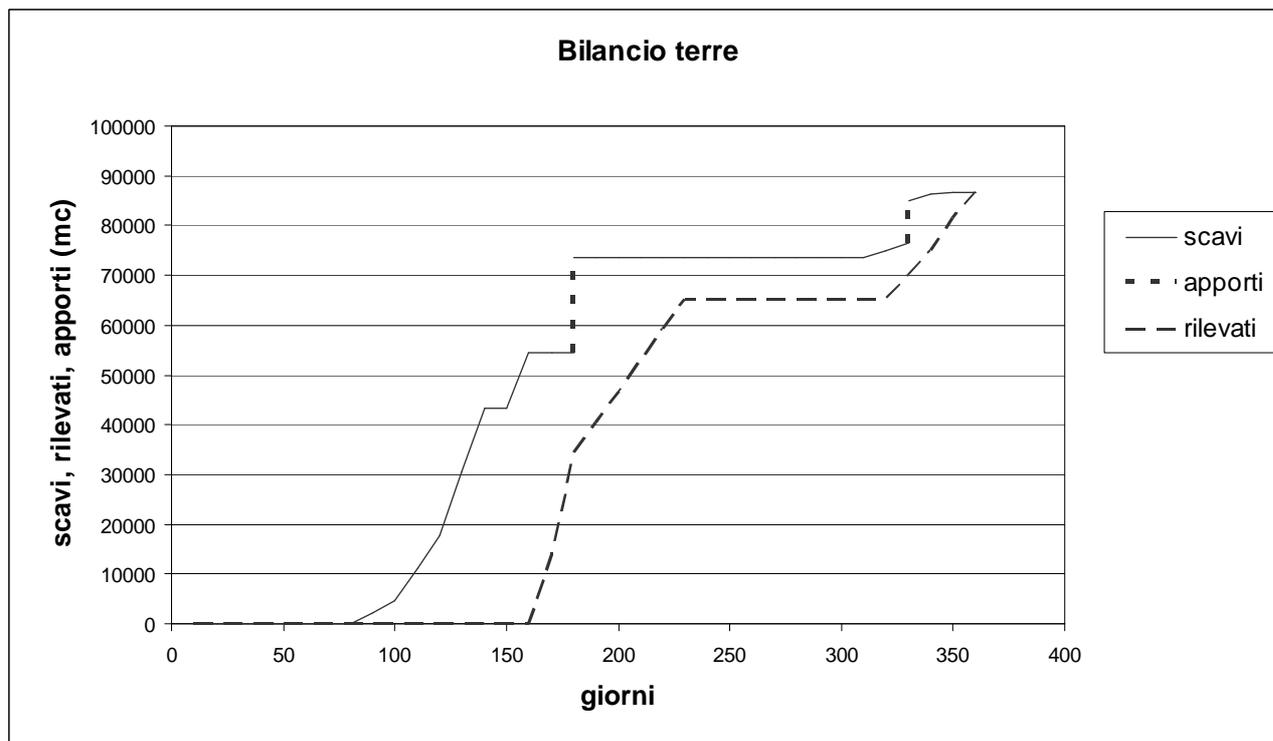
Tale quantità di terreno si prevede di prelevarlo in due fasi:

- 1) 19.000 mc prima della realizzazione del lato destro dell'argine principale;
- 2) 8.650 mc prima della realizzazione del lato sinistro dell'argine principale e delle strade di collegamento.

Infine il 5% di terreno scavato e non riutilizzato, ovvero 3.104 mc sarà trasportato in discarica.

Nel grafico seguente si riportano, in funzione dei giorni lavorativi previsti dal cronoprogramma dei lavori, il volume di scavo riutilizzato, il volume degli apporti di materiale da cava e quello necessario alla costruzione dei rilevati.

Come si nota dal grafico, per tutte le fasi di realizzazione delle opere di progetto, il volume progressivo di scavi riutilizzati sommati agli apporti è sempre superiore al volume di terra necessario per la realizzazione dei rilevati, fino ad una differenza delle suddette quantità pari a 0 al termine delle lavorazioni.



Questa procedura ha consentito di ottimizzare l'impiego del materiale, minimizzando il consumo di risorse e l'impatto ambientale dovuto al trasporto del materiale al di fuori del cantiere ed al suo eventuale smaltimento in discarica. Nella Relazione geologica e sismica (elaborato n° 003.0) sono state individuate le cave di prestito, prossime quanto più possibile al cantiere, al fine di soddisfare le necessità residue del cantiere; esse sono:

- le cave di travertino a Tivoli per il reperimento dei materiali drenanti;
- le cave di Monterotondo e Vallericca per il materiale argilloso costituente il nucleo a bassa permeabilità del rilevato;
- per il materiale destinato al corpo arginale, per la parte non proveniente dagli scavi di cantiere, ci si approvvigionerà dai materiali di risulta degli scavi delle stazioni Metro C; queste, infatti, saranno scavate a secco con mezzi meccanici in formazioni prevalentemente piroclastiche pozzolaniche a matrice medio-fine che, dopo opportuna compattazione, possono garantire le caratteristiche richieste; il materiale verrà prelevato direttamente dagli scavi o da aree di stoccaggio intermedie in relazione all'effettiva esecuzione dell'argine rispetto allo scavo delle stazioni ed alla disponibilità di materiale.

Il materiale non impiegabile in cantiere sarà invece impiegato per il ripristino ambientale delle cave di Tivoli, nell'ottica di una piena e ambientalmente valida gestione della risorsa “terre”.

4.4. Idoneità reti dei servizi

Le reti esterne dei servizi necessarie in fase di realizzazione dell'opera per il funzionamento del cantiere e l'esecuzione delle lavorazioni, come ad esempio quella idrica ed elettrica, sono ampiamente presenti in prossimità dell'area di cantiere stessa e quindi risultano facilmente accessibili.

Per quanto riguarda invece l'idoneità delle reti esterne dei servizi a soddisfare le esigenze connesse all'esercizio dell'opera, si osserva come l'unica rete cui l'opera ha la necessità di allacciarsi è quella elettrica: infatti in questo modo si permette il funzionamento dei meccanismi di azionamento delle paratoie e si assicura energia all'impianto elettrico e di

illuminazione previsto per ragioni di sicurezza e manutenzione. La rete elettrica già presente in sito risulta perfettamente idonea a soddisfare tali tipi di esigenze.

4.5. Censimento e risoluzione delle interferenze

Al fine di individuare tutte le possibili interferenze delle reti aeree e sotterranee sono state svolte indagini conoscitive presso i seguenti enti gestori:

- Comune di Roma (fognature, linee telefoniche);
- Acea S.p.a.(acquedotti, fognature, linee elettriche);
- Italgas (metanodotti).

I dati reperiti sono stati integrati col rilievo celerimetrico di dettaglio, coadiuvato in caso di presenza di tubazioni metalliche dall'utilizzo di *metal detector*, e l'analisi successiva ha mostrato le seguenti interferenze, per la cui esatta ubicazione si rimanda alla tavola Planimetria di rilievo, delle indagini e delle interferenze (elaborati n° 025.0/1/2):

- un collettore fognario di acque nere $\Phi 500$, che entra nell'area di progetto da est, dalla località Settecamini, costeggia in sinistra idraulica il fosso di Pratolungo ed esce ad ovest dall'area suddetta per collegarsi al depuratore adiacente a Via di Sant'Alessandro;
- un collettore fognario di acque nere $\Phi 500$ entra nell'area d'intervento da sud, dall'area industriale immediatamente a nord della Via Tiburtina, e si innesta nel precedente a circa 250 m dall'asse del rilevato di progetto;
- un collettore fognario di acque bianche $\Phi 1000$, proveniente sempre dall'area industriale immediatamente a nord della Via Tiburtina, costeggia a ovest il collettore $\Phi 500$ già citato e ha come recapito finale un fosso, il quale costeggia il fosso di Pratolungo in sinistra idraulica e vi confluisce poco a valle dell'asse del costruendo rilevato;
- un collettore fognario di acque miste tipo VII (ovoidale 80 cm x 120 cm) che entra nell'area d'invaso da nord, da località Casal Monastero, e attraversa il fosso di Pratolungo subito a valle di Via di Sant'Alessandro per immettersi nel depuratore già menzionato;
- un collettore fognario di acque bianche $\Phi 600$ che entra nell'area d'invaso da nord, da località Casal Monastero, costeggia la curva di livello di massimo invaso e si immette nel precedente collettore tipo VII a circa 60 m a est dall'asse dell'opera in progetto;

- 2 metanodotti, un DN350 – 5 bar e l’altro un DN600 – 24 bar, costeggiano in sinistra idraulica tutto il tratto del fosso di Pratolungo oggetto d’interesse, e provengono entrambi dalla Centrale Italgas ubicata a monte di Via di Marco Simone;
- un impianto di irrigazione di proprietà di un locale consorzio, con condotte DN200; esso comprende un impianto di sollevamento, posto in destra idraulica rispetto al fosso di Pratolungo e ricadente nell’area di progetto del costruendo rilevato, e una vasca di accumulo, posta a nord dell’area d’invaso in località Casal Monastero; le condotte dell’impianto risalgono il fosso di Pratolungo a partire dall’impianto di sollevamento e attraversandolo per 2 volte, prima di dividersi: una condotta risale a est fino alla citata vasca di accumulo, l’altra riattraversa il fosso e prosegue nei campi per altri 440 m circa;
- le linee elettriche di media tensione intersecano l’area di invaso i 4 punti:
 - a) a ovest, una linea proviene dalla zona in cui è situato l’impianto di depurazione precedentemente citato e si spinge fino all’impianto di sollevamento dell’impianto di irrigazione;
 - b) un’altra linea attraversa in diagonale l’area d’interesse da nord a sud, da Via della Torre di Pratolungo, in località Casal Monastero, all’area industriale sita a nord della Via Tiburtina, per poi proseguire in direzione della località Settecamini;
 - c) una terza taglia marginalmente l’area d’invaso a nord, sempre nei pressi di Via della Torre di Pratolungo;
 - d) l’ultima interessa marginalmente l’area di invaso ad est, nei pressi della Centrale Italgas sita in Via di Marco Simone.

Alla risoluzione tecnica delle interferenze è dedicato un apposito progetto (“Progetto risoluzione interferenze – 03”).

4.6. Modalità delle fasi di cantierizzazione

Si prevede la realizzazione dell’opera in un periodo di 12 mesi, come indicato nel Cronoprogramma (elaborato n° 016.0), nel quale sono riportate le fasi di cantierizzazione nel seguente ordine:

- cantierizzazione;

- risoluzione delle interferenze;
- deviazione provvisoria fossi;
- scavi di fondazione;
- realizzazione taglione (1 di 2);
- realizzazione opere di regolazione;
- sistemazione definitiva fossi;
- realizzazione taglione (2 di 2);
- realizzazione argini;
- realizzazione strade di collegamento;
- opere di finitura;
- chiusura del cantiere.

La rappresentazione grafica delle aree di cantiere impegnate nelle diverse fasi di realizzazione e dell'avanzamento progressivo dei lavori sono riportati nella Planimetria delle aree di cantiere e delle fasi esecutive (elaborato n° 029.0).

5. SICUREZZA E AMBIENTE

5.1. Sicurezza degli impianti

In fase di realizzazione la sicurezza degli impianti e delle attività è assicurata dal rispetto delle prescrizioni previste nel Piano di sicurezza e coordinamento (elaborato n° 015.0)

In fase di esercizio, la tecnologia impiegata (regolazione deflusso a mezzo di paratoie) risulta di indubbia affidabilità, giustificata dall'esperienza e dalla sua diffusione come scelta progettuale adottata in impianti analoghi di precedente realizzazione.

Al fine di garantire nel tempo la sicurezza pubblica incolumità ed il corretto mantenimento in piena efficienza dell'opera, sia dal punto di vista delle strutture sia da quello delle paratoie (meccanismo di azionamento, sistema elettrico di alimentazione e paratoie stesse), è stato redatto un apposito Piano di manutenzione dell'opera (elaborato n° 017.0)

5.2. Impatti ambientali e mitigazioni

Nello svolgimento degli studi e della progettazione dell'opera in esame sono stati individuati i possibili impatti sui seguenti comparti ambientali:

- suolo,
- rumore,
- atmosfera,
- ecosistema naturale,
- paesaggio.

Di seguito si riassumono i prevedibili impatti individuati e gli interventi intrapresi al fine di eliminarli, ridurli o, quando ciò non sia possibile, almeno mitigarne gli effetti.

Il comparto suolo è interessato soprattutto per il notevole quantitativo di materiale richiesto dalla costruzione del rilevato arginale e perciò è stato sviluppato un opportuno piano di gestione delle terre (si veda il paragrafo 4.3.2 della presente relazione). Al fine di prevenire l'inquinamento del suolo e della falda idrica, le attività concernenti la manipolazione di oli e/o sostanze inquinanti verranno eseguite su aree impermeabilizzate opportunamente allestite e

nel caso di sversamento accidentale si procederà a rimuovere il terreno inquinato e smaltirlo in conformità alle norme vigenti.

L'emissione di rumore durante la realizzazione dell'opera risulta al di sotto dei limiti di normativa rispetto ai ricettori più prossimi all'area di cantiere mentre, per quanto riguarda il comparto atmosferico, ci si è preoccupati del problema della dispersione di polveri prevedendo opportuni accorgimenti per la mitigazione, come ad esempio l'adozione di una ridotta velocità dei mezzi all'interno del cantiere. Inoltre i ricettori più prossimi all'area di progetto sono attualmente “protetti” dalla presenza di vegetazione di tipo spontaneo e non, la quale assicura un effetto schermante sia nei confronti del rumore che della dispersione delle polveri di cantiere.

La mitigazione degli effetti sull'ecosistema è stata ottenuta prescrivendo che gli previsti in alveo siano svolti in periodo autunnale e/o invernale.

Tutti i comparti ambientali sinora citati presentano impatti nella sola fase di realizzazione dell'opera; ne consegue che tali impatti, oltre ad essere di tipo reversibile, sono anche limitati nel tempo.

L'impatto sul paesaggio, sostanzialmente dovuto all'ingombro visivo dell'opera, è il solo di tipo permanente; per un rapido e consono inserimento nell'ambiente naturale preesistente si prevedono perciò opportuni interventi di risistemazione a verde e riqualificazione ambientale.