

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI-S.O. PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI:



U.O.: AREA OPERATIVA CENTRO SUD

PM Nodi di Roma e Falconara, Orte – Falconara e Bologna - Falconara

PROGETTO ESECUTIVO

LINEA FERROVIARIA: ADRIATICA INTERVENTO: VARIANTE DI FALCONARA

ID - IDROLOGIA E IDRAULICA
RELAZIONE IDROLOGICA

APPALTATORE	IL PROGETTISTA	SCALA
 RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l. IL DIRETTORE TECNICO Ing. Fabio Sgarella	 TECH PROJECT ingegneria integrata ®	-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I A 1 Y	0 0	E	Z Z	R I	I D 0 0 0 0	0 0 1	B

PROGETTAZIONE								AUTORIZZATO
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Ing. G. Tanzi Data: 16/10/2017
A	Emissione	S. Scafa	28/11/2016	F. Gaeta	29/11/2016	A. Nastasi	30/11/2016	
B	Rec. Istruttoria 09.2017	F. Camilli	12/10/2017	A. Nastasi	13/10/2017	G. Tanzi	16/10/2017	

CIG 5512584838

File: ia1y-00-e-zz-ri-id0000-001_b.docx

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI			
 RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO			
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 2 di 32

INDICE

1	PREMESSA.....	3
1.1	OBIETTIVI DELLO STUDIO	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	LEGGI, NORME E RACCOMANDAZIONI	4
2.2	DOCUMENTI DI PROGETTO E DATI DA SITI DI PUBBLICHE AMMINISTRAZIONI O ENTI PUBBLICI	4
3	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	5
3.1	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	5
3.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME ESINO.....	6
3.3	EVOLUZIONE STORICA DEL FIUME ESINO.....	8
3.4	STATO ATTUALE DELL'ASTA FLUVIALE DEL FIUME ESINO.....	11
4	ANALISI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA (P.G.R.A.).....	13
5	STUDIO IDROLOGICO	18
5.1	BACINI IDROGRAFICI E RETE DI DRENAGGIO ESISTENTE	18
5.2	STUDIO IDROLOGICO DEL FIUME ESINO	22
5.2.1	<i>Analisi ed elaborazione delle portate misurate.....</i>	22
5.2.2	<i>Metodo della Regionalizzazione</i>	25
5.2.3	<i>Calcolo della portata di piena del fiume Esino</i>	27
5.3	STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI SECONDARI	28
5.3.1	<i>Analisi ed elaborazione delle piogge intense</i>	28
5.3.2	<i>Calcolo dei Tempi di Corrivazione</i>	30
5.3.3	<i>Calcolo delle portate di progetto</i>	31

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 3 di 32

1 PREMESSA

Nell'ambito della progettazione esecutiva della:

"Nuova sede ferroviaria "Variante di Falconara", tra le stazioni di Montemarciano e Falconara Marittima, della Linea Bologna-Lecce, a doppio binario di lunghezza pari a 4,4 km circa e di una bretella di collegamento fra la linea Orte-Falconara e la Variante di Falconara diretta verso nord, a semplice binario di lunghezza pari a 1,5 km circa"

la presente relazione è finalizzata ad analizzare ed eventualmente ampliare gli studi idrologici dei bacini idrografici sottesi alle interferenze dell'asse ferroviario in progetto con il reticolo idrografico di superficie svolti nell'ambito del progetto definitivo.

In particolare vengono forniti i parametri idrologici necessari per il calcolo delle portate (a differenti tempi di ritorno) per tutti i bacini ricadenti nella zona in esame.

1.1 Obiettivi dello Studio

L'iter progettuale ha previsto la verifica preliminare dei parametri pluviometrici e delle relative modalità di applicazione adottate nel progetto definitivo.

Successivamente, sulla base delle verifiche e degli opportuni studi effettuati, sono state definite le portate utilizzate nel presente Progetto esecutivo delle quali si darà evidenza nei successivi capitoli.

Gli studi idrologici effettuati nell'ambito del progetto definitivo, in particolare, sono stati rivisti alla luce di quanto richiesto delle vigenti norme, direttive e strumenti di pianificazione di bacino (PGRA e PAI) e dal "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" di Rete Ferroviaria Italiana.

Vengono quindi presentati:

- i documenti presi a riferimento per condurre gli studi;
- la sintesi delle attività di indagine svolte nell'ambito del progetto definitivo;
- lo studio della pericolosità idraulica e delle misure finalizzate alla mitigazione del rischio idraulico previste dal P.G.R.A. UoM Marche (aggiornamento marzo 2016);
- uno stralcio degli studi idrologici effettuati nell'ambito del progetto definitivo e l'ampliamento degli stessi ove carenti;
- la definizione delle portate di progetto per i bacini principali (fiume Esino) e secondari;
- l'analisi dei vincoli di rischio idraulico secondo quanto previsto dalla Cartografia P.A.I. aggiornata al 21/11/2016.

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI			
 RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO			
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 4 di 32

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Leggi, Norme e Raccomandazioni

- DGR n°53 del 27/01/2014:
 - Linee Guida "A" - Sviluppo della verifica di compatibilità idraulica
 - Linee Guida "B" - Sviluppo per la verifica dell'invarianza idraulica
 - Linee Guida "C" - Accorgimenti Tecnico-Costruttivi per la mitigazione del rischio idraulico in aree inondabili
- Decreto del Commissario delegato al Maltempo n°3/CDM14 del 11/02/2015 "Convenzione con la Fondazione CIMA per la modellazione e definizione delle grandezze idrologiche utili alla progettazione per la messa in sicurezza strutturale e non strutturale del reticolo idrografico principale della regione Marche";
- Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'autorità di Bacino regionale della Regione Marche adottato dal Comitato istituzionale con delibere n°15/2001 e n°42/2003;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) UoM AdB Marche (aggiornamento marzo 2016);
- Manuale di Progettazione RFI.

2.2 Documenti di progetto e dati da siti di pubbliche amministrazioni o enti pubblici

- Progetto Definitivo
- SIRMIP ON-LINE (Regione Marche - Dipartimento per le politiche Integrate di Sicurezza e Protezione Civile): <http://84.38.48.145/sol>
- GEOPORTALE Nazionale: <http://www.pcn.minambiente.it/GN/>

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI				
 RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA		Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 5 di 32

3 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

L'intervento in oggetto consiste nella realizzazione di una variante della Linea ferroviaria Bologna-Ancona in corrispondenza del nodo di Falconara Marittima (zona impianto petrolifero API), l'intervento prevede anche la realizzazione di una bretella di connessione diretta (direzione nord) alla linea Orte-Falconara a singolo binario.

L'opera ha uno sviluppo complessivo di circa 5,6 Km, con origine al Km 191+160 della Linea Adriatica a sud della attuale stazione di Montemarciano (all'incirca all'altezza della Marina di Rocca Priora) e reimmissione sulla sede attuale circa 1,0 km a monte della stazione di Falconara per la quale è prevista una sostanziale riconfigurazione del piano di stazione con passaggio dagli attuali n. 8 binari ai n. 5 di progetto (2 della Orte – Falconara, 2 di corsa ed 1 di precedenza).

Il nuovo nodo ferroviario da realizzare interferisce con l'attuale rete di deflusso delle acque di pioggia ed è pertanto necessario realizzare delle opere di drenaggio in modo da non arrecare inconvenienti al deflusso delle acque.

La zona interessata dalle nuove opere è costituita da una pianura a cavallo della foce del fiume Esino che è in questo tratto arginato, rettilineo, con la foce in destra idraulica occupata dalla Raffineria Api.

In sinistra idraulica la rete di drenaggio esistente, formata dal fosso Nuovo dal fosso della Biscia dal fosso della Vena e dal vallato del Molino, non viene alterata dal nuovo tracciato che verrà realizzato su viadotto. Il viadotto è necessario per superare il fiume Esino ad una quota superiore alle attuali arginature in modo da non interferire con le portate di massima piena.

In destra idraulica il viadotto termina dopo aver superato il fosso della Liscia che ha le arginature alla stessa quota di quelle del fiume Esino (necessarie a contenere il rigurgito durante le piene) e prosegue a quota terreno intercettando il corso del fosso Rigatta e quello del fosso Castellaraccia.

Questi due fossi drenano le acque di un bacino scolante compreso tra il fosso della Liscia che costeggia il limite dell'Aeroporto di Ancona Falconara la via Marconi scaricando le acque di pioggia nel mare Adriatico dopo aver attraversato la Raffineria API.

3.1 Geologia e Geomorfologia

I terreni affioranti nell'area sono costituiti essenzialmente da depositi di sedimentazione marina e da deposizioni continentali di origine fluviale e fluvio-marina, lungo la costa. La parte occidentale del bacino del fiume Esino, fino all'abitato di Serra S. Quirico, è interessato da due dorsali montuose appenniniche, tra cui è interposta una zona collinare, anch'essa in direzione appenninica. In corrispondenza della valle fluviale le formazioni di bed-rock sono ricoperte da una estesa coltre di depositi alluvionali suddivisi in quattro ordini principali di terrazzi: l'estensione di tali depositi alluvionali testimonia come storicamente il fiume abbia manifestato la tendenza a cambiare il proprio corso.

Il fiume Esino presenta una caratteristica, comune ai fiumi marchigiani, con profilo trasversale asimmetrico: in sinistra idrografica sono presenti vasti depositi alluvionali posti su vari terrazzamenti, mentre in destra idrografica sono assenti le alluvioni terrazzate e rilevabili gli affioramenti pliocenici con rive ripide e localmente aree calanchive.

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 6 di 32

I terreni prevalenti sono quelli costituiti da sedimenti sciolti, di origine alluvionale, a granulometria sottile, con elementi della facies limo-sabbiosa, non coerenti sormontati da depositi colluviali argilloso-limo-sabbiosi piuttosto coesivi. I terrazzi del IV ordine costituiscono la maggiore estensione areale delle alluvioni terrazzate dell'Esino. A monte di Chiaravalle le alluvioni del IV ordine cominciano ad allargarsi a ventaglio, raggiungendo una larghezza massima di 6 km ed una profondità di 40 metri, in prossimità della foce. Le alluvioni insistono su di un basamento pliocenico che emerge verso N.O. Sono costituite da ghiaie e sabbie di media pezzatura con rare intercalazioni limo-sabbiose. Localmente sono presenti banchi argillosi di una certa continuità che separano le varie falde.

E' possibile distinguere tre fasce a caratteristiche geomorfologiche omogenee: l'alta valle, l'area collinare e l'area di fondovalle, raccordate tra loro da zone a deposizione terrazzata alluvionale.

L'alta valle, stretta e delimitata da versanti molto acclivi, è interessata dal tratto montano del bacino. Il fiume è incassato ed incide le formazioni carbonatiche della successione Umbro-Marchigiana. L'alveo ha una larghezza compresa tra i 5 e i 10 m e scorre fortemente incassato, con pendenza media del 3.7%, ad eccezione del tratto compreso tra Esanatoglia e Cerreto d'Esi in cui il fiume scorre con andamento meandriforme entro un'ampia conca alluvionale.

Nella media valle, il fiume è interessato dalle formazioni Mioceniche terrigene del Bisciaro, dello Schlier, dai depositi torbiditici, dalle argille a Colombacci. L'alveo presenta un andamento meandriforme con sponde ancora ben definite ed una larghezza variabile tra i 10 ed i 15 m. Le pendenze oscillano tra lo 0,72% e lo 0,35%.

Il fondovalle ha pendenze topografiche pressochè nulle; l'andamento del fiume Esino è abbastanza lineare con forme meandriformi a curvatura minima. Le larghezze dell'alveo superano i 30-40 m.

Le valli laterali di raccordo alle principali sono sempre dolci con scarsa acclività e con corsi d'acqua poco incisi. Le colline, date le caratteristiche geotecniche dei terreni che le costituiscono (argille, limi, sabbie), hanno un andamento morfologico omogeneo, dolce con pendenze topografiche medie di 8°-15°. I versanti stanno subendo il processo di modellamento tipico di tutte le superfici libere, causato sia da fenomeni gravitativi, sia da processi di trasporto.

3.2 Caratteristiche Idrogeologiche del Bacino Idrografico del Fiume Esino

L'Esino si forma dall'unione dei rami sorgentiferi provenienti dai monti Cafaggio (1116 m), Gemmo (1202 m) e Tre Pizzi (1254 m) nell'Appennino marchigiano della provincia di Macerata. Nel ramo superiore, a queste prime sorgenti se ne riuniscono altre, fra cui quella abbondantissima di Gorgovivo, ampiamente sfruttata per usi acquedottistici, situata in prossimità della Gola della Rossa. Uscito dalle strette valli appenniniche, il fiume tocca i centri di Cerreto d'Esi, Serra S.Quirico, Angeli di Rosola, Jesi e Chiaravalle, attraversa la provincia di Ancona in direzione generale S.O.-N.E. e si getta nell'Adriatico a Fiumesino di Falconara.

Il bacino idrografico superficiale del fiume Esino, ha un'estensione di 1203 km²; con uno sviluppo dell'asta fluviale di circa 75 km. La sua altitudine media è di 384 m s.l.m.

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 7 di 32

Nel solo tratto dei primi 23 km di distanza orizzontale, l'Esino discende con un dislivello superiore ai 400 metri con pendenza media superiore al 20‰, mentre nel tratto di 31 km, tra Borgo Tufico ed il ponte Pio di Jesi, la discesa è di ben 160 metri, quasi il 5‰ di pendenza media, poi, per una lunghezza di 16 km è ridotta a 56 metri con pendenza media di poco superiore al 3‰ e quindi nel tratto terminale, lungo circa 6 km poco più del 2‰.

L'asta del fiume Esino è stata suddivisa in 3 tratti:

- ✓ *Corso Superiore*: lungo circa 34 km, si sviluppa fino alla Gola della Rossa, nei pressi di Serra S. Quirico.
- ✓ *Corso Medio*: compreso fra la Gola della Rossa e l'abitato di Chiaravalle ha uno sviluppo di 36 km ed è classificato tra le opere idrauliche di III categoria con R.D. 1/12/1927 n°12783 per il tratto che va dal ponte della ferrovia Ancona-Roma al ponte Pio di Jesi e con R.D. 4/07/1929 n°2745 per la restante parte che arriva fino al ponte S. Vito di Serra S. Quirico.
- ✓ *Corso Inferiore*: lungo appena 6 km. è classificato fra le opere idrauliche di II categoria, con Legge 22/12/1910, nel tratto compreso fra il ponte della ferrovia Ancona-Roma in Chiaravalle ed il ponte della ferrovia Ancona-Bologna in località Fiumesino, ed è completamente arginato.

Dalle valutazioni del "Servizio Idrografico - Sezione Autonoma di Bologna", la portata massima è stata valutata in 1380 m³/sec, mentre la minima in 50 m³/sec.

Come considerazione di carattere generale si può dire che il regime idraulico del fiume Esino è del tipo torrentizio per la forte differenza tra la portata di piena e quella di magra, essendo la prima 46 volte maggiore della seconda. Inoltre, essendo l'intero corso del fiume caratterizzato dalla rapidità con cui le acque scendono nel suo letto a causa delle forti pendenze, ad eccezione dell'asta inferiore dove la pendenza è lieve, il suo alveo è prevalentemente ghiaioso e poco stabile, è in continuo movimento a seguito dell'azione di trascinamento esercitata dalle acque; il corso è spesso mutevole a seconda di come i depositi della portata solida, che si formano e si trasformano in ogni piena, agiscono sul filone delle piene e delle morbide.

La rete idrografica secondaria, sviluppatasi maggiormente in sinistra idrografica, è costituita da corsi d'acqua a regime torrentizio con portate scarse o nulle nei periodi estivi e rare intumescenze invernali o primaverili in coincidenza di piovosità rilevanti. Gli affluenti principali sono il Giano, il Sentino, l'Esinante, il Cesola e nella bassa valle, il Triponzio.

Il bacino dell'Esino è prevalentemente impermeabile. La parte superiore ha i caratteri propri dell'Appennino marchigiano, costituito da falde ripide, poco boschive, con le cime di natura calcarea, elevate fra 800 e 1200 m s.l.m, e fondovalle composto da terreni e ghiaie prevalentemente argillosi. Il rimanente bacino presenta una grande uniformità di costituzione pliocenica, con presenza di argille e marne argillose.

I caratteri geologici del bacino spiegano il regime del corso d'acqua, il quale è quello caratteristico dei fiumi a bacino impermeabile, presentando quindi copiose ed improvvise piene e persistenti magre. Si hanno perciò aumenti rapidissimi e sorprendenti di portata in occasione di forti precipitazioni che generalmente si verificano nel periodo che va da Ottobre a Maggio.

<p>APPALTATORE</p>  <p>RICCIARDELLO CONSTRUZIONI S.r.l.</p>	<p>DIREZIONE LAVORI</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA</p>	<p>Progetto IA1Y</p>	<p>Lotto 00</p>	<p>Codifica Documento RIID0000001</p>	<p>Rev. B</p>	<p>Foglio 8 di 32</p>

Il fiume Esino è caratterizzato da una ramificazione del reticolo fluviale a monte della catena monte Paganuccio-monte S.Vicino e, a differenza dei suoi affluenti Giano e Semino, che scorrono spesso incassati in massicci calcarei, nel tratto tra Esanatoglia e Cerreto d'Esi scorre in una conca alluvionale molto ampia.

Nel tratto a valle della Gola della Rossa, l'Esino presenta un corso ad ampia sinuosità, con larghezza crescente da monte verso valle ed il suo alveo comprende depositi alluvionali a granulometria mista. Lungo il suo corso, in questo tratto, sono quasi sempre presenti scarpate piuttosto alte nei depositi alluvionali, spesso incise da erosioni di sponda.

3.3 Evoluzione storica del fiume Esino

La conformazione attuale della bassa valle dell'Esino è il risultato di una evoluzione naturale e di interventi antropici che nel corso dei secoli hanno modificato l'assetto del fiume.

Nel basso Medioevo ad esempio, forse alla fine del Trecento, un'alluvione di consistenti proporzioni sposta il corso del fiume Esino di alcuni chilometri, modificando la geografia della bassa valle.

Nel 1521 per dirimere i contenziosi tra Ancona, Jesi e l'abbazia di Chiaravalle, tutte interessate allo sfruttamento delle acque del fiume, Leone X fissa i nuovi confini e stabilisce che il transito e lo sfruttamento del fiume sia libero. Per decreto del Consiglio degli Anziani di Ancona viene avviata la bonifica ed il recupero ad uso agricolo della selva, per cui vengono realizzati nuovi canali di scolo, nuovi vallati, nuovi molini: inizia il processo di urbanizzazione della bassa valle che si è protratto fino ai giorni nostri. Pur modificati nel corso dei secoli, sono giunti fino ai giorni nostri alcuni manufatti di ingegneria idraulica di questo periodo come il Molino Santinelli, anticamente detto del Fabbrone, con le relative opere di regolazione della portata in ingresso. E' invece del Seicento l'opera di convogliamento delle acque all'intersezione tra il Fosso della Liscia ed il Vallato del Molino di Ancona edificato in prossimità della foce nel Cinquecento e che ha continuato la propria attività fino al dopoguerra.

L'eliminazione della selva e la modifica della rete idrografica minore rendono il regime dell'Esino ancora più irregolare: il fiume continua a spostarsi verso nord-ovest erodendo la riva sinistra e depositando in riva destra, aumenta considerevolmente anche il trasporto solido degli affluenti.

Nel Cinquecento l'abbondanza delle acque rende, almeno in alcuni tratti, il fiume percorribile su barca tanto che, sostenuto dal Papa Gregorio XIII, prende campo il progetto di rendere navigabile tutto il corso dell'Esino. Il progetto verrà infine accantonato nel 1579 per l'opposizione dei frontisti cui sarebbe spettata quantomeno la manutenzione dell'alveo. E' certo che la rete idrografica minore e le canalizzazioni artificiali destassero non poche preoccupazioni alle autorità comunali richiedendo annualmente la rimozione dei depositi che ostacolavano il libero deflusso delle acque, la pulizia delle immondizie gettate nell'alveo, la regolazione del fondo alveo per impedire che l'innalzamento del fondo mettesse in pericolo i ponti e determinasse l'inquinamento delle fonti di acqua potabile. Nel Comune di Ancona la manutenzione e lo spurgo dei canali dei molini era affidata alla manovalanza precettata nelle campagne.

<p>APPALTATORE</p>  <p>RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.</p>	<p>DIREZIONE LAVORI</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA</p>	<p>Progetto IA1Y</p>	<p>Lotto 00</p>	<p>Codifica Documento RIID0000001</p>	<p>Rev. B</p>	<p>Foglio 9 di 32</p>

Nel 1612, dove sorgeva il Molino dei Monaci a valle dell'abitato di Chiaravalle, viene edificata la Manifattura Tabacchi ed il relativo vallato la cui presa è tuttora posta subito a valle del ponte della ferrovia di Chiaravalle.

Se alcune testimonianze riportano che nel Cinquecento i conti Ferretti avevano eretto delle palizzate lungo le sponde a protezione delle proprie terre, nel Seicento la pratica di regolare e sistemare il corso del fiume è consolidata. La coltivazione delle campagne ed in particolar modo la diffusione delle piantagioni di tabacco spingono le popolazioni alla difesa del suolo e alla regolazione delle acque mettendo in pratica le tecniche di quella che oggi ha preso il nome di ingegneria naturalistica.

Dei "cavalletti", rivestiti con materiale grossolano e ricoperti di terreno vegetale per favorire la piantumazione vengono posti lungo le rive per deviare il filone della corrente, palizzate e fascinate vengono utilizzate per la difesa spondale, argini in terra vengono eretti per contenere le piene, per il consolidamento delle sponde si ricorre alla piantumazione di specie autoctone come salici e betulle. Le cronache riportano come nel 1800 il marchese Honorati avesse realizzato sul fiume una palizzata di oltre quattrocento metri, creando non pochi problemi ai terreni dei Pianetti nella sponda opposta.

I tecnici dell'Appannaggio Leuchtenberg a Jesi intuiscono per primi la necessità di procedere in maniera organica alla difesa del suolo, regimando anche fossi e torrenti che tanti danni arrecavano alle campagne con le frequenti esondazioni. Ad opera dell'amministrazione dell'Appannaggio è anche la realizzazione del nuovo Vallato di Jesi più prossimo al fiume che non quello realizzato nel Trecento. Il nuovo tracciato, da realizzarsi più prossimo possibile alla città in funzione della sicurezza dell'abitato, viene scelto cercando "una linea che, fosse la men dispendiosa sia per l'escavazione, sia per l'espropriazione dei fondi privati". Dopo la vendita dei beni della Corona, il Vallato diviene infine proprietà della famiglia Pallavicini conservandone il nome anche dopo il passaggio al Demanio Pubblico.

Due nuove piene arrecano danni ai manufatti ed ai molini lungo il fiume nel 1814 e due anni più tardi, nel 1816. Nell'Ottocento sono ancora pochi i ponti sull'Esino: l'attraversamento è garantito in estate dai guadi, in inverno dalle chiatte. Nel 1821 l'Adunanza della città di Jesi delibera il ripristino e la ristrutturazione del ponte romano poco a monte della città per garantire il collegamento con i castelli. Nel 1817 la Casa Ducale Leuchtenberg fa erigere un ponte in legno in contrada della Barca che rimarrà in funzione per circa quaranta anni. Nel 1830 viene ricostruito in muratura il vecchio ponte in legno con sede stradale in ghiaia della litoranea crollato tre anni prima.

L'innalzamento del fondo nel corso dei decenni aveva comportato un'anomala sollecitazione delle strutture, minandone la stabilità. Tutti i ponti vengono spazzati via dall'alluvione del 1855. L'innalzamento del livello dell'Esino impedisce lo scarico delle acque degli affluenti che esondano: Chiaravalle e Fiumesino sono gli abitati più colpiti.

Nel 1844, vista l'eccedenza della portata, nel vallato che in riva destra alimenta i molini di Agugliano e Camerata, viene realizzato per la macinazione ceramica il Molino Americano. Con alterne vicende il Molino è rimasto in funzione fino alla Seconda Guerra Mondiale ed infine abbattuto negli anni Ottanta.

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 10 di 32

Nel 1900 viene rinnovata la presa del canale Pallavicino realizzando la traversa in calcestruzzo rivestito di tavoloni di rovere e dotandola di incile e sfioratore.

Agli inizi del Novecento da un'indagine sulle irrigazioni delle Marche a cura del Ministero dell'Agricoltura risultano in funzione numerosi canali sia a scopo irriguo che idroelettrico. A valle del ponte della ferrovia in località Serra S. Quirico e a monte delle sorgenti di Gorgovivo si stacca in riva destra un canale in muratura per la produzione di energia elettrica per il Comune di Ancona. Il canale della Società Marchigiana convoglia tutta l'acqua di magra dell'Esino lasciando in estate il fiume praticamente asciutto.

Più a valle in destra idrografica si trovano il vallato Torrette (in località Maiolati), il vallato Paolini (in località Castelbellino), il vallato di Pianello e di Passo Imperatore in località Monteroberto. In sinistra idrografica si trovano il Vallato Urbani poi Franciolini (in località Castelplanio) ed il vallato Pallavicino (in località Torrette) che in prossimità di Jesi si biforca nel torrente Granita e nel Vallatelo. Tra il Gorgolungo ed Pallavicino in località Valche si articola un fitto reticolo idraulico a servizio dell'industria manifatturiera jesina.

E' ancora visibile l'imbocco di quello a servizio delle Cartiere di Jesi che per ragioni igienico sanitarie è stato recentemente interrato. Ne rimangono lungo il Vallato, ormai inglobati nell'abitato, le paratoie ed i meccanismi per il loro sollevamento. Sul Granita è in funzione il canale di Roncaglia: dal 1909 ad uso della ditta Salvati e poi rilevato e soppresso per rinuncia dell'Enel è stato interrato per motivi igienico sanitari. Ne rimangono i ruderi della traversa e dell'edificio regolatore di portata. Nel territorio di Jesi si trovano invece in destra i vallati del Molino di Agugliano, di antica attivazione, e, dal 1902, della centrale di Ripabianca (le derivazioni sono entrambe poste in località Ripabianca ad Agugliano).

Nel 1940 il Molino di Agugliano viene adibito alla produzione di energia elettrica: l'antica presa viene abbandonata e le turbine vengono alimentate con le acque di scarico della centrale di Ripabianca. Infine sempre in sinistra si trova il vallato del Molino di Ancona (in località Chiaravalle) ed in destra quello della Manifattura Tabacchi con il suo ponte-canale sul Triponzio.

Da un successivo rapporto sui canali d'irrigazione del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici aggiornato al 1939 risulta dimesso il vallato di Cartiere Vecchie oggi in concessione ad un'industria locale. Nel 1932 è stata attivata la derivazione S.Elena 1° salto per alimentare la centrale di S.Elena e nel 1951 quella di Angeli per la centrale di Angeli di Rosola.

Con il dopoguerra termina la sua secolare attività il Molino di Ancona quando, a seguito dei lavori per l'ampliamento dell'aeroporto, furono deviate i corsi del fosso dello Zocco, della Liscia e di S. Sebastiano interrompendone l'alimentazione. Le acque dei fossi vennero quindi convogliate in un canale artificiale rivestito in calcestruzzo. La presa del vallato, realizzata con un arginello in terra a valle del viadotto dell'A14, è rimasta in funzione ancora per qualche decennio per scopi irrigui fino alla rinuncia da parte dei concessionari scoraggiati dagli onerosi lavori di mantenimento. Nel 1963, con la nazionalizzazione della produzione dell'energia elettrica, tutte le concessioni a tale scopo sono trasferite all'Enel.

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 11 di 32

Tra il 1976 e il 1978 vengono realizzati i viadotti della superstrada e negli anni successivi numerose briglie ad opera dell'Anas per garantirne la stabilità. Il materiale inerte per la realizzazione del rilevato viene prelevato in alveo determinandone l'abbassamento di quasi 3 metri.

La costruzione in alveo delle pile e la presenza delle rampe per la movimentazione dei mezzi di cantiere per la realizzazione nel '76 del viadotto della superstrada all'altezza della foce del fosso Pratacci, avevano alterato la dinamica fluviale determinando una doppia ansa sul fiume. Nel '97 viene realizzato un "drizzano" per riportare sull'antico tracciato il fiume.

Del '76 è anche la ricostruzione del ponte della Barchetta all'uscita di Monsano.

Nel 1981 la diga del vallato Pallavicino viene ricostruita dal Genio Civile.

Per mancanza di fondi la traversa viene realizzata senza bacino di dissipazione e 72 cm sotto il livello del canale che quindi rimane in secca. Si rimedia convogliando poco più a valle della traversa le acque di scarico della centrale Franciolini. I lavori del 1995 portano all'abbassamento del fondo del canale per permetterne nuovamente, in caso di necessità, l'alimentazione diretta dal fiume: l'imbocco è ora ostruito da un setto in terra.

Ultime testimonianze del sistema di canalizzazioni della valle sono ancora oggi in funzione il vallato Pallavicino tombato per un lungo tratto entro l'abitato di Jesi, di Pianello, di Passo Imperatore, che, rimasto a quota più elevata rispetto al fiume, è alimentato dalle acque di scarico di quello di Pianello, della Manifattura Tabacchi, di Cartiere Vecchie e quelli per l'alimentazione delle centrali ENEL di Franciolini, Agugliano, Ripabianca, S.Elena (alimentata dai canali S.Elena primo e secondo salto) e quello di Angeli di Rosola.

Le vicende storiche dell'Esino hanno avuto una forte ripercussione sulla dinamica evolutiva della foce fluviale. Le variazioni, di seguito riportate, hanno caratterizzato l'assetta del territorio costiero producendo ripercussioni sulle spiagge limitrofe.

Molto evidente risulta l'impatto determinato dalla costruzione a mare del terrapieno della Raffineria API.

Nelle figure che seguono sono riportate le condizioni al 1948, al 1953, ed una carta sintetica con le evoluzioni della foce.

3.4 Stato attuale dell'asta fluviale del fiume Esino

Il fiume Esino presenta una condizione di generale stabilità, anche se nel passato è stato interessato da notevoli fenomeni di abbassamento ed erosioni dell'alveo. La forte antropizzazione del corso fluviale e l'intenso sfruttamento delle sue risorse ne hanno sensibilmente condizionato le dinamiche evolutive. L'utilizzazione intensiva delle risorse del fiume ed i numerosi interventi in alveo rendono difficile l'interpretazione delle dinamiche idro-geomorfologiche e la misurazione dei parametri che le governano.

Si rende quindi necessaria la conoscenza diretta degli interventi effettuati sul fiume e dello sfruttamento delle risorse. Si può presumere che le originarie manifestazioni di instabilità si siano innescate in seguito al notevole sviluppo dell'attività di cavatura in alveo che ha ridotto sensibilmente le portate solide del fiume. Anche la presenza di sbarramenti in alveo ha contribuito all'alterazione del regime di trasporto solido determinando, nella prima fase di esercizio, il blocco dei sedimenti verso valle. Il restringimento dell'alveo ad opera di pile

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 12 di 32

dei ponti o di altri manufatti determina fenomeni di rigurgito e conseguente pericolo di esondazione provocato dall'innalzamento della quota idrometrica. Allo stesso modo, nel tratto subito a monte delle briglie o di pile dei ponti, l'accumulo di materiale ha deviato il corso a ridosso delle sponde, innescando fenomeni di erosione localizzata. Il tratto finale del fiume Esino, dalla foce fino al vecchio corso del Fosso della Liscia, (avente un'estensione di circa 1,5 km) si presenta completamente pianeggiante con una forte pressione antropica che si è spinta fin dentro le aree golenali a causa dell'urbanizzazione e dell'incremento delle infrastrutture nell'area di foce. Basti ricordare la presenza della S.S.76, della S.S.16, della linea ferroviaria Bologna-Ancona, dell'area API, delle stazione di rifornimento del metano, ecc.

La vegetazione delle aree golenali è costituita da canneti ed arbusti, non è presente vegetazione ad alto fusto. Il tratto in questione è arginato in destra e sinistra idrografica, gli argini in destra presentano quote di sommità maggiori di quelli in sinistra. A valle del ponte della ferrovia è stata realizzata nel 1986 una soglia di regolazione tuttora funzionante.

Gli affluenti principali sono a carattere torrentizio e durante la stagione umida raggiungono portate liquide e solide ragguardevoli. La conseguenza è l'instabilizzazione ed il pericolo di sovralluvionamento nell'area di confluenza con l'asta principale che é spesso sede di intensa urbanizzazione.

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI				
 RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA		Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 13 di 32

4 ANALISI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA (P.G.R.A.)

L'area interessata dalla realizzazione della nuova tratta ferroviaria è inserita all'interno della sub-area 1-E del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Appennino Settentrionale UoM AdB Marche. In questo documento le problematiche dell'area vengono affrontate suddividendo l'area in tre bacini:

- Fosso Rubiano
- Fiume Esino
- Litorale tra Esino e Musone.

Lo studio effettuato nel progetto in esame presuppone un'analisi dettagliata delle problematiche e degli interventi previsti dal suddetto Piano.

Di seguito uno stralcio dei punti salienti:

Fosso Rubiano

Il bacino del Fosso Rubiano, che complessivamente sottende una superficie di 38,95 km², include diversi bacini imbriferi minori tra cui il fosso delle Sorce (o della Vena). Nasce in località San Silvestro e sfocia in Adriatico, a Marina di Montemarciano. Il suo sviluppo misura circa 14 km e attraversa i territori comunali di Senigallia e Montemarciano. Si estende prevalentemente in direzione NW-SE, e nell'ultimo tratto piega decisamente in direzione NE, ponendosi perpendicolarmente alla linea di costa. Il naturale decorso del fosso è fortemente ostacolato da molteplici opere antropiche, in particolare dalle diverse infrastrutture viarie che si sviluppano in senso trasversale al corso medesimo in corrispondenza di punti nodali del tracciato: allo sbocco nella pianura litoranea (autostrada A14) e presso la foce a mare (Strada Adriatica, ferrovia). In quest'ultimo tratto in cui attraversa l'abitato di Marina di Montemarciano, il fosso risulta rettificato e canalizzato. Il bacino ha un'area a rischio perimetrata PAI individuata con il codice E-11-0001.

Le principali criticità del Torrente Rubiano sono presenti nell'ultimo tratto del corso d'acqua - compreso tra l'attraversamento dell'Autostrada A14 e lo sbocco al mare - e sono costituite dall'insufficienza della sezione d'alveo e dal restringimento degli attraversamenti stradali.

Fiume Esino

Il Fiume Esino ha origine dai versanti orientali della dorsale interna Umbro- Marchigiana (precisamente dal Monte Cafaggio, 1.116 m s.l.m.). L'assetto strutturale del bacino è quello tipico dell'Appennino marchigiano, con pieghe e faglie orientate NO-SE interrotte da faglie trasversali NE-SO. I maggiori affluenti del Fiume Esino, i Torrenti Giano e Sentino, scorrono per intero tra la dorsale interna Umbro-Marchigiana e la dorsale Marchigiana esterna incidendo le stesse successioni litologiche del corso principale, mentre il Torrente Esinante, tributario minore rispetto agli altri per estensione ed apporto idrico, taglia le formazioni mioceniche del bacino marchigiano esterno. Il tronco intermedio del Fiume Esino si presenta di modesta larghezza totale media, con displuviale non elevata e con pendici scolanti molto asimmetriche, essendo quelle in destra predominanti su quelle in sinistra. Il tronco terminale è quello tipico di un corso d'acqua di pianura, con pendici che divengono sempre più estese e meno acclivi. La meandritiformità dell'asta si manifesta soltanto nel tronco alto e medio-alto, per poi alternarsi a tratti anastomizzati nel tronco medio-basso e basso.

Le principali criticità del Fiume Esino sono riferibili al tratto arginato del corso d'acqua (II° categoria) ricadente nei territori comunali di Falconara M.ma e Chiaravalle, e sono costituite da:

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 14 di 32

- *il restringimento della sezione di deflusso dell'ultimo tratto del fiume (Comune di Falconara Marittima) nel tratto compreso tra il ponte ferroviario e il ponte della SS 16, a seguito degli interventi di ampliamento della Raffineria API (sponda destra) e dalla presenza di una strada comunale (sponda sinistra) che hanno modificato notevolmente la sezione dell'alveo nel tratto della foce;*
- *alcune "corde molli" presenti sugli argini del fiume, soprattutto in sponda sinistra, unitamente ad alcune disomogeneità della geometria del rilevato arginale;*
- *le rotture di alcuni tratti degli argini del fiume, connessi con le erosioni laterali del corso d'acqua (così come verificato nell'evento alluvionale dell'ottobre/novembre 2014);*

A monte, le condizioni di criticità idrauliche del tratto del Fiume Esino sono da riferire a:

- *insufficienza della sezione d'alveo;*
- *riduzione della zona di pertinenza fluviale ad opera degli impianti di lavorazione inerti presenti nel tratto compreso tra i comuni di Serra San Quirico e Chiaravalle;*
- *divagazione del fiume a causa dell'innalzamento del fondo dell'alveo prodotto dall'interruzione del trasporto solido del fiume ad opera delle traverse della società Enel Green Power (impianto di "Ripa bianca" a Jesi, impianto "Franciolini" a, che hanno praticamente elevato al piano della pianura circostante il fondo dell'alveo stesso.*

Altre criticità idrauliche sono presenti nel reticolo idrografico minore, affluente al fiume, con particolare riferimento al Fosso San Sebastiano, Fosso Cannetacci, Torrente Triponzio, Torrente Esinante, Torrente Sentino e Torrente Giano, dovute prevalentemente all'insufficienza delle sezioni fluviali e a fenomeni di rigurgito.

Litorale tra Esino e Musone

Il litorale fra le foci dei fiumi Esino e Musone, che complessivamente sottende una superficie di 49,65 km², include diversi bacini imbriferi minori che afferiscono immediatamente al mare Adriatico. Detta fascia litoranea si estende longitudinalmente in direzione NW-SE (appenninica), per il tratto a nord di Ancona, in direzione NE-SO per il tratto a sud di Ancona. Il tratto misura circa 5 km ed è compreso nel territorio dei Comuni di Falconara Marittima, Ancona, Sirolo e Numana. I principali corsi d'acqua che segnano il settore litorale sono, da nord a sud, Fosso Molino, Fosso delle Caserme, Fosso Castellaraccia, Fosso Rigatta, Fosso della Palombina, Fosso di Collemarino (o Manarini), Fosso delle Casette, Fosso della Lunga, Fosso Miano, Fosso di Numana, Fosso dei Molini. I suddetti fossi hanno una lunghezza di poche centinaia di metri, sono difficilmente individuabili sia in cartografia che in loco, trattandosi di corsi d'acqua nella maggior parte dei casi tombati che attraversano una zona densamente antropizzata. Cartograficamente è possibile individuare il fosso di Collemarino (o Manarini) e il fosso delle Casette, con origine in zona Barcaglione, appena a valle della superstrada e foci appena a monte del porticciolo di Torrette, a poche decine di metri l'una dall'altra. Il bacino ha un'area a rischio perimetrata PAI individuata con il codice E-13-0001 corrispondente al Fosso di Collemarino (o Manarini). I fossi Molino, delle Caserme, Castellaraccia, Rigatta rientrano nell'area perimetrata PAI della foce dell'Esino, ampliata a seguito degli eventi alluvionali del 2006. Il reticolo idrografico minore (Fossi di Castelferretti), in passato ha subito profonde modificazioni con il convogliamento della parte terminale dei fossi in un unico canale artificiale pensile che corre parallelamente all'aeroporto di Falconara. Il reciproco rapporto delle confluenze dei due fossi - San Sebastiano e Cannetacci - con il canale dell'aeroporto - Fosso della Liscia - costituisce una criticità in particolare dal "rigurgito" del Fosso della Liscia in corrispondenza della confluenza del Fosso San Sebastiano.

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 15 di 32

Gli attraversamenti compresi tra la linea ferroviaria e la variante della SS 76 hanno sezioni insufficienti a smaltire le portate di massima piena. Nel Fosso Rigatta le principali criticità sono connesse con gli attraversamenti stradali presenti nell'ultimo tratto e la parte tombata che attraversa la Raffineria Api di Falconara Marittima. Il tratto del Fosso Manarini presenta, soprattutto nel tratto di monte, delle criticità da riferire alla non adeguata sezione di deflusso. [...]

RISCHIO IDRAULICO E OBIETTIVI

Fosso Rubiano

Il rischio di esondazione del Rubiano interessa le zone delle frazioni di Gabella e di Marina del Comune di Montemarciano. Gli ultimi eventi si sono verificati nel febbraio/marzo 2014 e nel maggio dello stesso anno.

Obiettivo degli interventi è la mitigazione del rischio idraulico di parte delle frazioni di Gabella e di Marina del Comune di Montemarciano.

Fiume Esino

Il rischio più elevato di esondazione dell'Esino è concentrato nella zona di foce, nel territorio comunale di Falconara Marittima e connesso principalmente alla presenza del sito industriale della Raffineria della Società API ed alle frazioni di Fiumesino e Rocca Priora.

Anche l'aeroporto di Falconara Marittima e la frazione di Castelferretti presentano un elevato rischio associato alla pericolosità idraulica del reticolo idrografico minore, evidenziato dagli eventi alluvionali del Settembre 2006 e nel Marzo 2011. Nel tratto medio del corso d'acqua il rischio interessa parte del centro abitato del Comune di Chiaravalle, anche a causa del Torrente Triponzio (affluente in destra idrografica) e la Riserva Naturale Oasi Ripa Bianca nel Comune di Jesi, con fenomeni di divagazione del corso d'acqua a seguito del sovralluvionamento determinato dalla presenza della traversa dell'impianto idroelettrico della società Enel Green Power. Analoghe problematiche si evidenziano nei territori comunali di Castelbellino e Serra San Quirico per gli impianti idroelettrici, rispettivamente, di Franciolini e di Sant'Elena 1 e 2. Inoltre il rischio riguarda anche alcune porzioni di aree industriali/produttive dei Comuni di Rosora, Castelbellino, Mergo e Serra San Quirico. Il rischio per le zone di monte dell'Esino riguardano la frazione Camponococchio del Comune di Genga e le zone dell'abitato del Comune di Sassoferrato (Torrente Sentino) e le aree del Comune di Fabriano contigue al tratto intubato. Tra gli eventi alluvionali più significativi si evidenziano quelli del Marzo 2011 e dell'Ottobre-Novembre 2013.

L'obiettivo della mitigazione del rischio idraulico nell'intero tratto fluviale, con specifico riferimento al basso e medio corso del fiume, per quello che riguarda gli aspetti sociali, economici, ambientali e culturali è principalmente riferito ai Comuni di Falconara Marittima, Chiaravalle, Jesi, Castelbellino, Serra San Quirico, Genga e Sassoferrato.

Litorale tra Esino e Musone

Il rischio di esondazione del corso d'acqua interessa in misura prevalente, il territorio delle frazioni di Castelferretti e di Fiumesino nel Comune di Falconara Marittima, oltreché la frazione di Collemarino di Ancona. L'evento del settembre 2006 ha provocato l'allagamento di vaste aree delle due frazioni di Falconara e in misura minore di quella di Ancona.

Nell'ambito delle attività post emergenza sono stati realizzati degli interventi di mitigazione del rischio.

Obiettivo degli interventi è la mitigazione del rischio idraulico del territorio urbano, industriale e artigianale delle frazioni sia di Falconara Marittima (Castelferretti e Fiumesino) sia di Ancona (Collemarino) per quello che riguarda gli aspetti economici, ambientali e sociali.

APPALTATORE 		DIREZIONE LAVORI 				
RELAZIONE IDROLOGICA		Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 16 di 32

MISURE PREVISTE

Porzione	Measure Code	Measure Name	Priority	Progress of Implementation	Measure Type
Fosso Rubiano	TL-6476-1	Approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità idraulica (idrologia e idraulica) - Fosso Rubiano	High	On-Going Construction	M24
Fosso Rubiano	TL-6408-1	Rifacimento ponti - Fosso Nuovo (foce prossima al bacino del Fiume Esino)	Moderate	Not started	M33
Fiume Esino	TL-6348-1	Verifica-manutenzione-potenziamento tratti arginati classificati - Fiume Esino	Very high	Not started	M24, M33, M35
Fiume Esino	AN006A/10	Opere di sistemazione idraulica e di riduzione delle criticità lungo i fossi S.Sebastiano, Rigatta Cannettacci	High	Planning On- Going	M32, M33
Fiume Esino	TL-6351-1	Realizzazione area di laminazione sul Fosso Cannettacci	High	Planning On- Going	M32, M35, M51
Fiume Esino	TL-6477-1	Approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità idraulica (idrologia e idraulica) - Fiume Esino	High	On-Going- Construction	M24
Fiume Esino	TL-6032	Intervento di sistemazione aree a rischio esondazione	Critical	Completed	M35
Fiume Esino	TL-6115	Interventi di manutenzione reticolo idrografico	Critical	Completed	M33
Fiume Esino	TL-6130	Manutenzione straordinaria biennale in aree PAI a rischio R3 e R4 - Fiume Esino	Critical	On-Going Construction	M33, M35
Fiume Esino	TL-6347-1	Individuazione di aree per la realizzazione di casse di espansione	Critical	Not started	M24
Fiume Esino	TL-6350-1	Rifacimento ponti sul fiume Esino	Critical	Not started	M33
Fiume Esino	TL-6352-1	Realizzazione nuovo argine sul fiume Esino - Chiaravalle	Critical	Planning On-Going	M33
Fiume Esino	TL-6038	Sistemazioni idrauliche in varie località a rischio esondazione	Moderate	Planning On-Going	M35
Fiume Esino	TL-6436-1	Realizzazione e manutenzione di difese spondali in tratti localizzati - Fiume Esino	Moderate	Not started	M33,M35
Litorale tra Esino e Musone	TL-6360-1	Individuazione di un'area per la realizzazione di cassa di espansione Fosso Manarini	High	Not started	M24
Litorale tra Esino e Musone	TL-6478-1	Approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità idraulica (idrologia e idraulica) -Litorale tra Esino e Musone	High	On-Going- Construction	M24
Litorale tra Esino e Musone	TL-6318-26	Ripristino officiosità idraulica mediante manutenzione e adeguamento sezioni di deflusso/pulizia alveo/taglio selettivo vegetazione/verifica situazione opere trasversali /stabilizzazione sponde mediante inerbimento e piantumazione	Critical	Not started	M33,M35
Litorale tra Esino e Musone	TL-6437-1	Realizzazione e manutenzione di difese spondali in tratti localizzati - Litorale tra Esino e Musone	Moderate	Not Started	M33,M35

APPALTATORE



DIREZIONE LAVORI



RELAZIONE IDROLOGICA

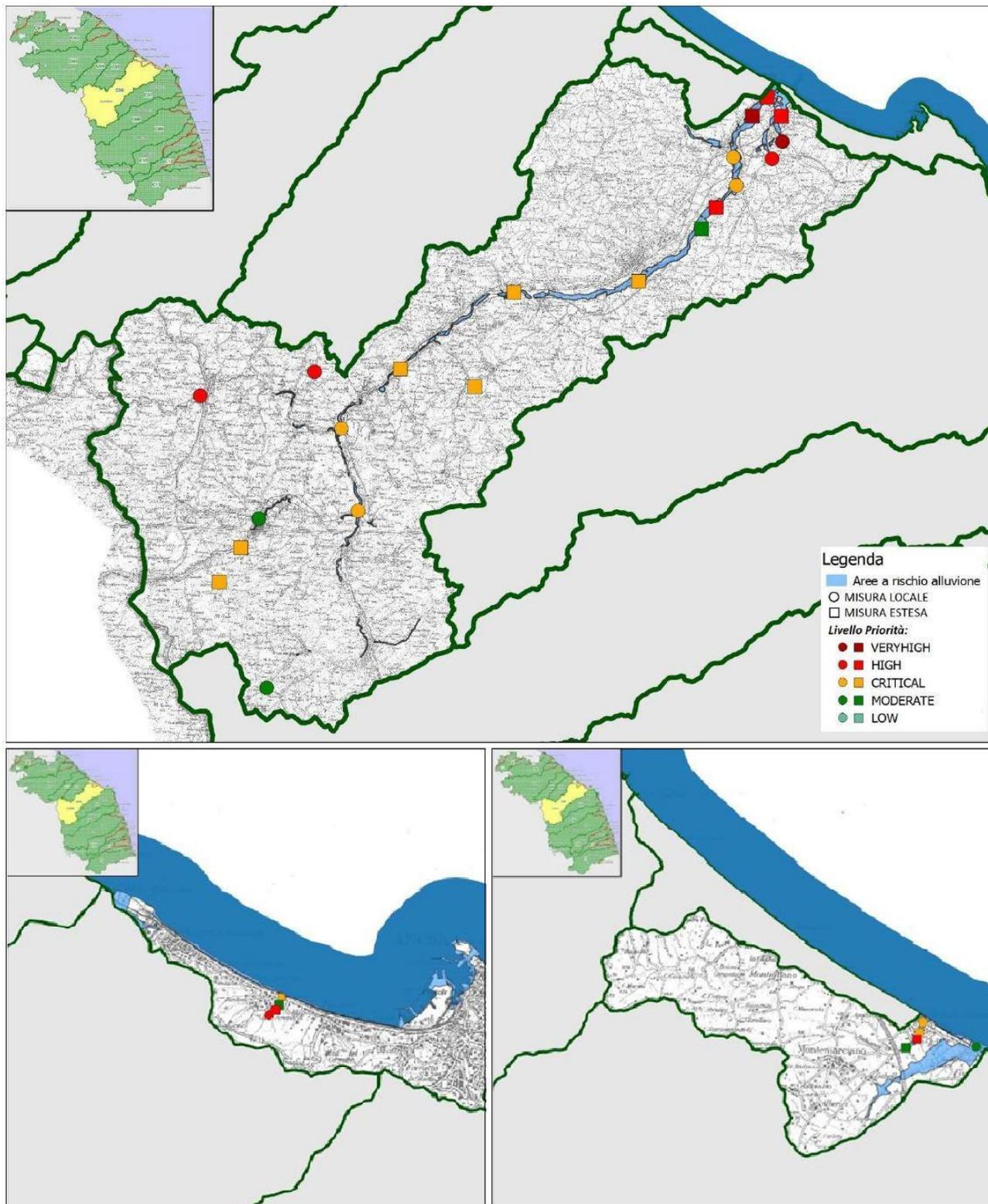
Progetto
IA1Y

Lotto
00

Codifica Documento
RIID0000001

Rev.
B

Foglio
17 di 32



Misure previste dal PGRA UoM Marche

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI			
					
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 18 di 32

5 STUDIO IDROLOGICO

L'iter progettuale ha previsto la verifica preliminare dei parametri pluviometrici e delle relative modalità di applicazione adottate nel progetto definitivo.

Per quanto riguarda lo studio idrologico, si è operato andando a confrontare i risultati ottenuti nel progetto definitivo con i dati scaturiti dallo studio effettuato dalla Fondazione CIMA a seguito della convenzione stipulata con il Commissario Delegato al Maltempo Maggio 2014 sulle medesime zone di interesse.

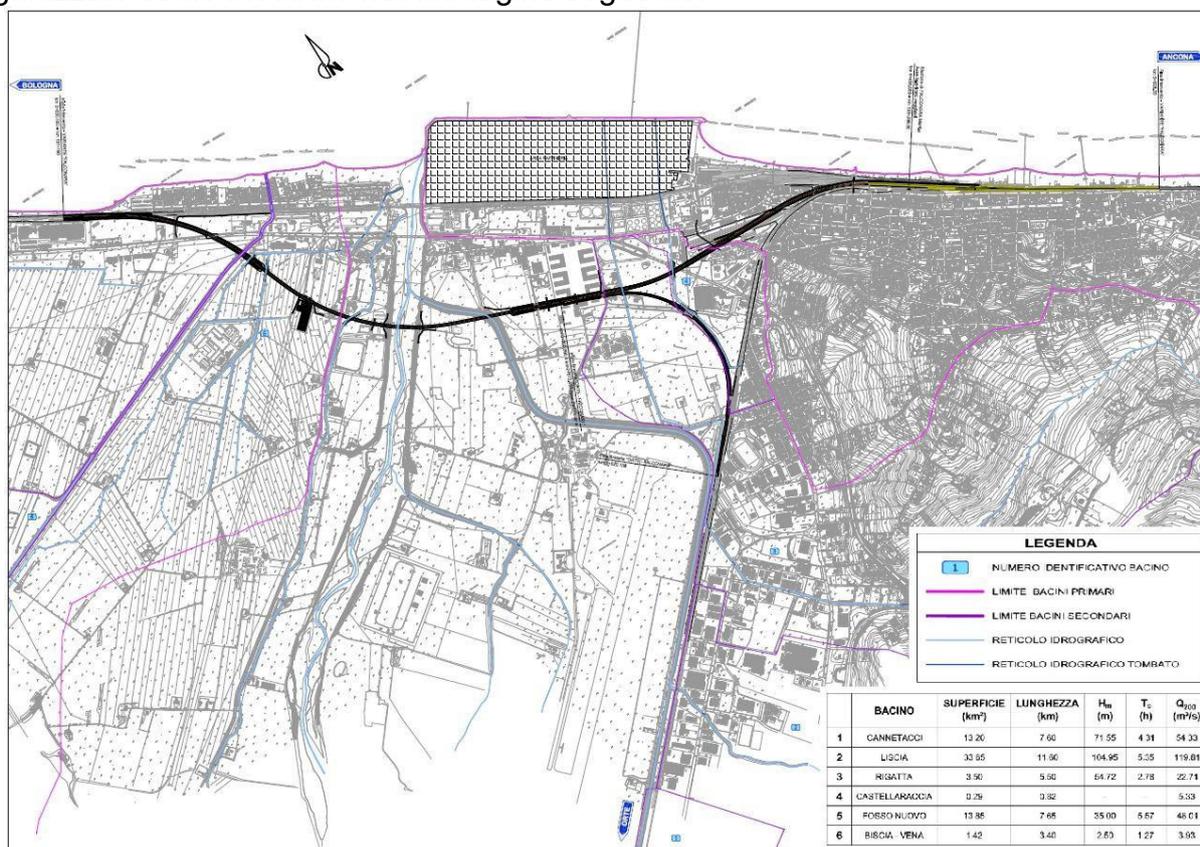
Data la scarsa numerosità dei campioni di dati rilevati e posti alla base di entrambi gli studi, e data la prossimità dei risultati cui pervengono, si è scelto di confermare lo studio effettuato nel progetto definitivo.

Si riporta quindi una sintesi dello studio idrologico effettuato nell'ambito del progetto definitivo e riverificato nell'ambito della presente fase progettuale.

Al fine di rispettare quanto richiesto nel Manuale di Progettazione delle Opere Civili di R.F.I., si è provveduto ad ampliare lo studio del Fiume Esino aggiungendo la valutazione dei parametri idrologici per il calcolo della portata di progetto relativa ad un tempo di ritorno di 300 anni.

5.1 Bacini idrografici e rete di drenaggio esistente

Nell'area interessata dal progetto del nuovo raccordo ferroviario, il reticolo idrografico è organizzato come mostrato nell'immagine seguente:



Corografia dei bacini e delimitazione fasce fluviali

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 19 di 32

La zona interessata dalla costruzione del nodo ferroviario in destra idraulica del fiume Esino è compresa tra le pendici lato ovest della collina di Falconara Alta, l'Aeroporto di Ancona, l'argine destro del fiume Esino ed è chiusa lato mare dal terrapieno e dagli impianti della Raffineria Api di Falconara Marittima.

Si tratta di una zona fortemente urbanizzata in cui la rete principale di drenaggio delle acque di pioggia, rappresentata dai fossi Cannetacci, Liscia, Rigatta, Castellareccia, ha subito nel recente passato numerose trasformazioni. La situazione attuale con la delimitazione dei bacini idrografici dei fossi è riportata nella Corografia dei bacini e delimitazione fasce fluviali (elaborato IA1Y-00-E-ZZ-C5-ID0000-001_B).

Il bacino idrografico più grande è quello della Liscia con 33.65 Km² di superficie a cui va aggiunto il bacino del fosso Cannetacci (13,16 Km²) che nella situazione attuale confluisce nel fosso della Liscia in prossimità dell'Aeroporto.

La costruzione dell'Aeroporto ha modificato completamente la rete di drenaggio naturale; il fosso Cannetacci ed il fosso della Liscia confluivano prima della costruzione dell'Aeroporto al fiume Esino, non potendo attraversare la pista aeroportuale sono stati deviati facendo confluire il Cannetacci nella Liscia e realizzando per quest'ultimo un percorso arginato lungo il confine della pista facendolo confluire nel fiume Esino circa 1,1 Km a valle della sua immissione naturale.

Nella ricostruzione del fosso della Liscia è stata ampliata anche la sezione del fosso Rigatta ma solo nel tratto di monte in cui costeggia l'aeroporto. Le acque di drenaggio delle piogge dell'aeroporto sono scaricate in parte nel fosso Rigatta con due tubazioni in calcestruzzo $\Phi 1000$ che passano sotto il letto della Liscia nella parte iniziale della pista verso il mare Adriatico. Un'altra parte delle acque di pioggia è invece convogliata nella zona compresa tra l'aeroporto ed il fiume Esino, una zona che non ha uno scarico diretto sul fiume per ragioni morfologiche quindi anche in questo caso è stato realizzato un attraversamento sotto il letto del fosso Liscia per finire in un piccolo fosso in zona Fiumesino.

In sinistra idrografica del fiume Esino il fosso Nuovo ha un bacino idrografico completamente pianeggiante (nella parte terminale) compreso tra la Statale della Val d'Esino e la frazione Gabella di Montemarciano, lo sfocio a mare è tra le abitazioni nella zona turistica di Roccapriora; il fosso è arginato, gli argini sono in terra con quote di sommità superiori al piano campagna. Lo smaltimento della portata di piena è condizionato dalla scarsa pendenza, dall'attraversamento della Statale e dallo sfocio a mare completamente insufficiente.

Il fosso della Vena e il fosso della Biscia sono piccoli canali una volta appartenenti alla rete di irrigazione, e sfociano in un collettore unico in sinistra della foce dell'Esino a valle del ponte F.S. esistente.

La rete di drenaggio, sia in sinistra che in destra idraulica, soffre delle condizioni morfologico-altimetriche delle aree scolanti: si tratta di zone pianeggianti che sversano in mare le acque di pioggia dovendo attraversare diverse barriere fisiche rappresentate dalla Statale 16, dalla linea ferroviaria attuale e, in destra, dagli impianti della Raffineria API, con pendenze dei collettori quasi nulle.

APPALTATORE



**RICCIARDELLO
COSTRUZIONI**
S.r.l.

DIREZIONE LAVORI



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

RELAZIONE IDROLOGICA

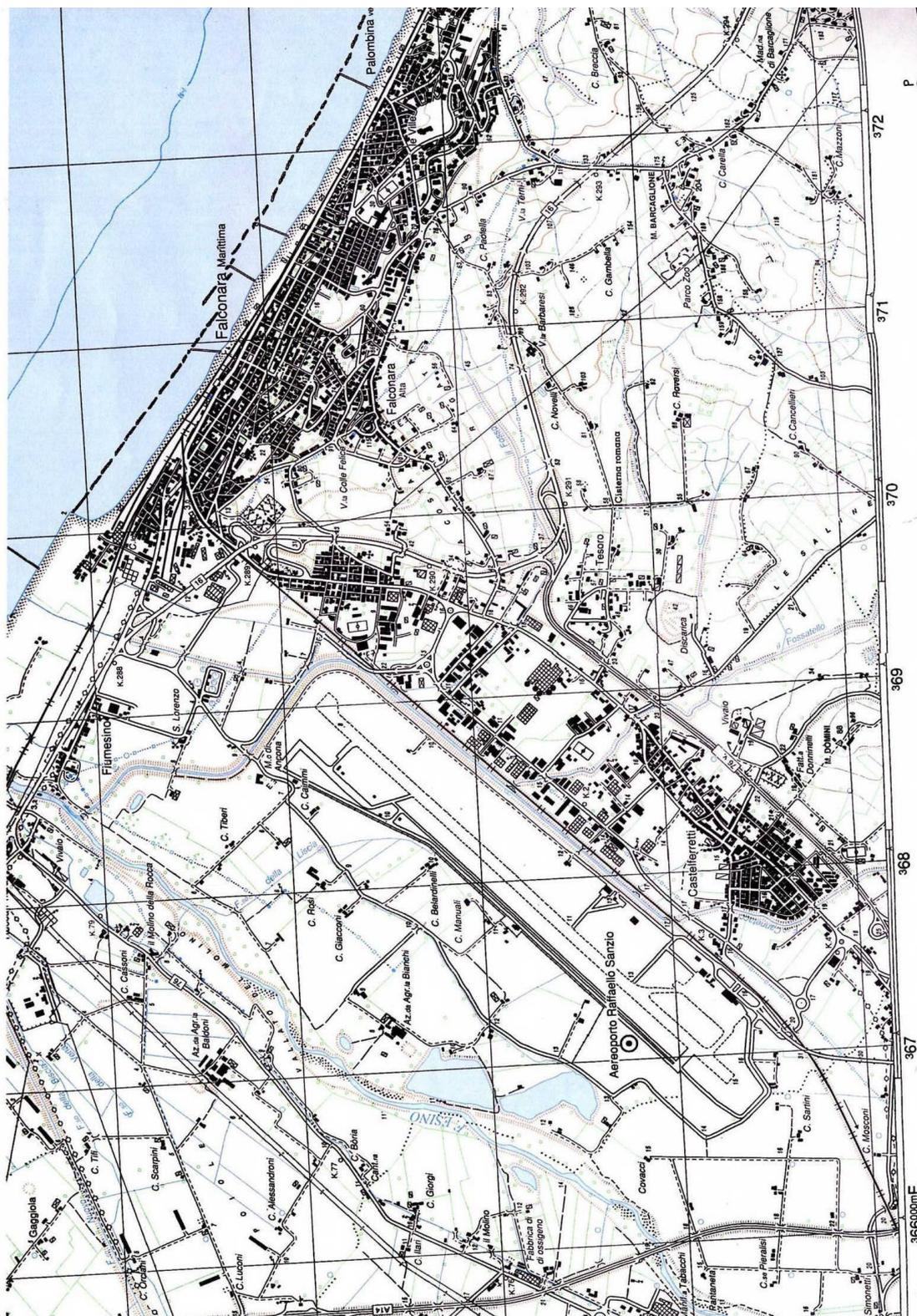
Progetto
IA1Y

Lotto
00

Codifica Documento
RIID0000001

Rev.
B

Foglio
21 di 32



Idrografia attuale

APPALTATORE  RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.	DIREZIONE LAVORI  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 22 di 32

Rispetto all'alveo del fiume Esino, i fossi che intercettano la linea in sinistra idraulica sono il Fosso Nuovo, il Fosso della Biscia e il Fosso della Vena, in destra sono invece presenti il Fosso della Liscia, il Fosso Rigatta e il Fosso della Castellaraccia.

5.2 Studio Idrologico del Fiume Esino

Scopo del presente paragrafo è la stima delle portate al colmo di piena di assegnato tempo di ritorno del fiume Esino alla foce.

Alla luce di quanto previsto dal Manuale di Progettazione delle Opere Civili di R.F.I., il bacino idrografico del fiume Esino, avendo un'estensione maggiore di 10 km², rientra nei bacini definiti Principali cui è associato un evento di progetto con tempo di ritorno di 300 anni.

Di seguito si riporta quindi lo studio idrologico effettuato nell'ambito del progetto definitivo ed ampliato al fine di definire l'evento di progetto con tempo di ritorno di 300 anni.

5.2.1 Analisi ed elaborazione delle portate misurate

Dalle analisi effettuate nel progetto definitivo risulta che gli unici valori misurati delle portate di piena sono disponibili nella sezione di Moie situate a 30 km dalla foce.

In questa sezione ha funzionato per un numero limitato di anni una stazione idrometrografica del Servizio Idrografico di Bologna per cui sono disponibili 14 valori di portate al colmo registrate dagli strumenti. Il numero dei dati è limitato per cui le elaborazioni statistiche risultano condizionate dalla dimensione del campione.

Per sopperire alla limitatezza dei dati registrati è stato necessario ricorrere alla stima delle portate al colmo con il metodo di "stima regionale".

Alla sezione di chiusura del ponte di Torrette di Moie, l'Esino ha un bacino idrografico di 791 km² con un'altitudine massima di 1702 m s.l.m. una altitudine media di 529 m s.l.m.; la sezione è situata a circa 30 Km dalla foce ed il bacino idrografico ha una permeabilità di circa il 47%.

La stazione idrometrografica dell'Esino a Moie ha lo zero idrometrico alla quota di 95,923 m s.l.m., i periodi di funzionamento sono tre : 1937-1942, 1955-1958, 1975-1979 con interruzioni durante il periodo bellico. Oltre ai dati direttamente disponibili sugli Annali Idrologici è stata effettuata una ricerca alla sede del Servizio di Bologna per reperire i valori delle portate al colmo che non sono pubblicate nell'ultimo periodo di funzionamento 1975-1979.

Dalle massime altezze registrate dall'idrometro, utilizzando la scala delle portate fornita dal Servizio Idrografico nell'ambito del progetto definitivo sono stati ottenuti cinque valori di portate al colmo che, insieme ai nove dei due periodi precedenti, sono stati elaborati con il metodo di Gumbel.

Di seguito si riportano le tabelle risultanti dallo studio idrologico effettuato nel progetto definitivo.

APPALTATORE


**RICCIARDELLO
CONSTRUZIONI**
S.r.l.

DIREZIONE LAVORI


ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

RELAZIONE IDROLOGICA

Progetto
IA1YLotto
00Codifica Documento
RIID0000001Rev.
BFoglio
23 di 32
ESINO a Moie: distribuzione di Gumbel

ANNO	PORTATE (m ³ /s)	PORTATE ORDINATE	N.O.	F.C.	n	P(u)	$\Delta = P(u) - FC $	Tr
1937	412,00	450,00	14	0,933	2,891	0,946	0,013	18,508
1938	248,00	442,02	13	0,867	2,792	0,941	0,074	16,824
1939	220,00	412,00	12	0,800	2,423	0,915	0,115	11,785
1940	450,00	317,30	11	0,733	1,257	0,752	0,019	4,039
1942	149,00	279,25	10	0,667	0,789	0,635	0,032	2,739
1955	193,00	248,00	9	0,600	0,404	0,513	0,087	2,054
1956	193,00	226,00	8	0,533	0,134	0,417	0,116	1,715
1957	175,00	220,00	7	0,467	0,060	0,390	0,077	1,639
1958	226,00	211,92	6	0,400	-0,040	0,353	0,047	1,546
1975	442,02	193,00	5	0,333	-0,273	0,269	0,064	1,368
1976	317,30	193,00	4	0,267	-0,273	0,269	0,002	1,368
1977	152,32	175,00	3	0,200	-0,494	0,194	0,006	1,241
1978	211,92	152,32	2	0,133	-0,773	0,115	0,019	1,129
1979	279,25	149,00	1	0,067	-0,814	0,105	0,038	1,117

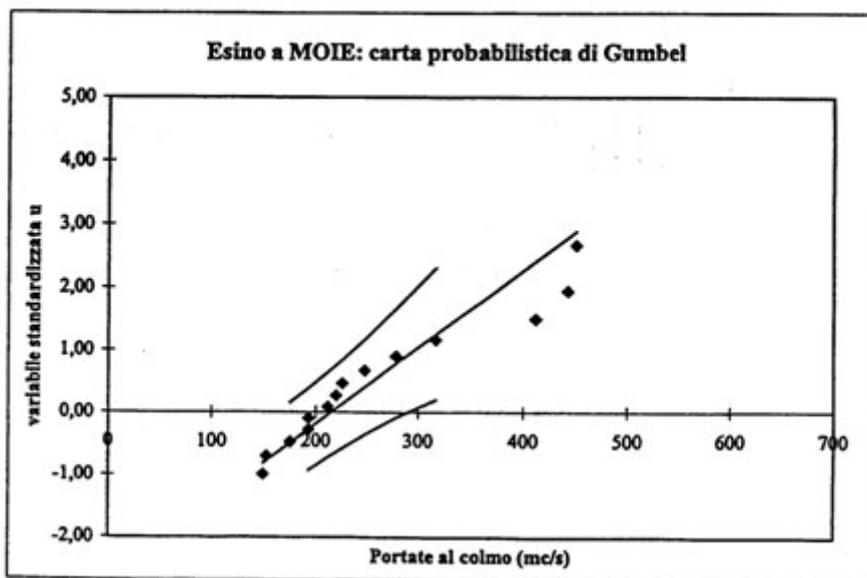
$$\mu(h) = 262,1$$

$$\sigma(h) = 104,24$$

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma(h)} = 0,01$$

$$U = \mu(h) - 0,45 \cdot \sigma(h) = 215,15$$

Tr	Q (mc/s)
10	397,987
20	456,471
50	532,174
100	588,902
200	645,423
500	719,992



Come già detto il campione di misure troppo limitato non dovrebbe, a rigore, essere estrapolato a tempi di ritorno elevati.

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI			
					
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 24 di 32

ESINO a Moie: distribuzione di Gumbel

ANNO	PORTATE (m ³ /s)	PORTATE ORDINATE	N.O.	F.C.	u	P(u)	$\Delta = P(u) - FQ $	Tr
1938	248,00	410,42	12	0,923	3,646	0,974	0,051	38,835
1939	220,00	317,30	11	0,846	2,051	0,879	0,033	8,287
1942	149,00	279,25	10	0,769	1,399	0,781	0,012	4,573
1955	193,00	248,00	10	0,769	0,864	0,656	0,113	2,908
1956	193,00	226,00	9	0,692	0,487	0,541	0,151	2,178
1957	175,00	220,00	9	0,692	0,384	0,506	0,186	2,025
1958	226,00	211,92	8	0,615	0,246	0,457	0,158	1,843
1975	410,42	193,00	7	0,538	-0,078	0,339	0,199	1,513
1976	317,30	193,00	6	0,462	-0,078	0,339	0,122	1,513
1977	152,32	175,00	5	0,385	-0,387	0,229	0,155	1,298
1978	211,92	152,32	4	0,308	-0,775	0,114	0,194	1,129
1979	279,25	149,00	3	0,231	-0,832	0,100	0,130	1,112

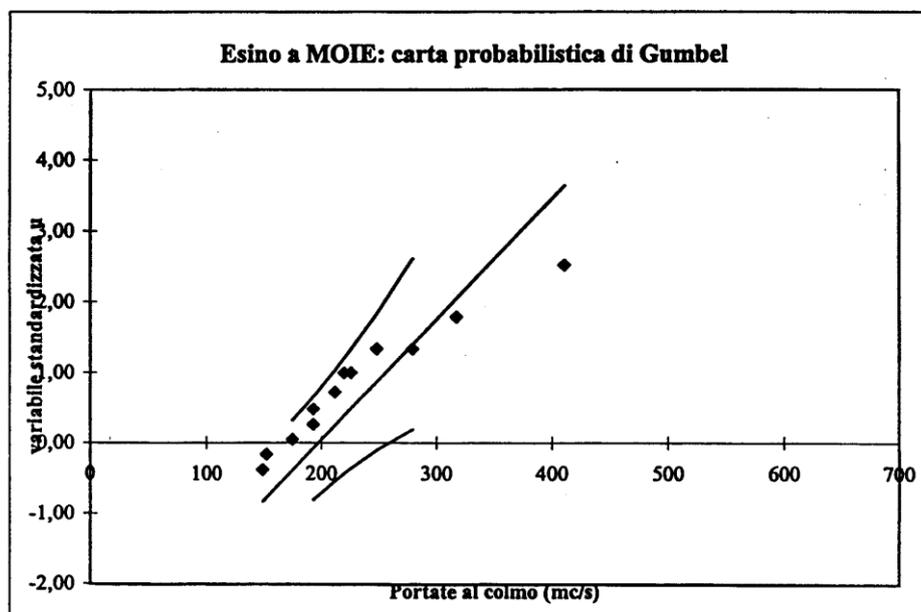
$$\mu(h) = 231,3$$

$$\sigma(h) = 74,90$$

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma(h)} = 0,02$$

$$U = \mu(h) - 0,45 \cdot \sigma(h) = 197,56$$

Tr	Q (mc/s)
10	328,931
20	370,952
50	425,343
100	466,102
200	506,712
500	560,289



Adottando tre procedure di stima differenti si è cercato di sopperire alla mancanza di misure di portata in modo da formare serie storiche adeguate. La mancanza delle misure di portate è un fatto ricorrente in tutta Italia ed è particolarmente accentuato nelle Marche.

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI			
					
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 25 di 32

5.2.2 Metodo della Regionalizzazione

La stima della portata massima annua di assegnato tempo di ritorno T risulta fortemente incerta se effettuata su base puntuale, ossia utilizzando i dati di una singola stazione, specie quando si spinge a tempi di ritorno molto più elevati della dimensione del campione utilizzato.

Una stima di tipo puntuale risulta inoltre impossibile in riferimento a quelle sezioni che siano prive di misurazioni.

Nella comunità scientifica si è pertanto ritenuto opportuno fare ricorso a tecniche di analisi regionale per conseguire una stima accurata di una portata caratterizzata da un elevato tempo di ritorno.

L'analisi regionale basata sul metodo della portata indice consiste nel definire, in riferimento ad una regione idrologicamente omogenea, la funzione di probabilità di non superamento $F(x')$ della variabile casuale $x'=x/Q_1$, ovvero dei valori massimi annui di portata al colmo x adimensionalizzati rispetto alla portata indice Q_1 . La funzione $F(x')$ e l'equivalente legge $x'(T)$ vengono spesso indicate, nel campo idrologico, con il termine di curva di crescita.

Oltre alla curva di crescita occorre poi definire una relazione che leghi la portata indice Q_1 alle caratteristiche geomorfoclimatiche del bacino.

Pertanto, definita la curva di crescita $x'(T)$ e la relazione statistica Q_1 caratteristiche geomorfoclimatiche, la stima della portata di assegnato tempo di ritorno T risulta esprimibile mediante il semplice prodotto $x(T)=x'(T) * Q_1$.

Per quanto attiene alla portata indice Q_1 questa viene generalmente rappresentata dalla media delle portate al colmo massime annue, in sezioni strumentate.

Per poter estendere il campo di applicazione dei risultati dell'analisi regionale anche a sezioni non strumentate, la portata indice viene comunemente legata ai parametri geomorfologici del bacino idrografico.

Il modello TCEV ipotizza che i valori estremi sia delle piogge sia delle portate di piena non provengono tutti dalla stessa popolazione ma da due diverse popolazioni legate a differenti fenomeni meteorologici. Questa ipotesi si basa sul fatto che numerose serie storiche dei massimi annuali delle piogge e delle portate al colmo presentano uno o più valori nettamente maggiori degli altri (outliers) e tali appunto da sembrare non provenienti dalla medesima popolazione dei rimanenti dati.

La funzione di probabilità cumulata di una casuale x è espressa con il modello TCEV nella forma:

$$F_x(x) = \exp[-\Omega_1 \exp(-x/\Theta_1) - \Omega_2 \exp(-x/\Theta_2)] \quad x \geq 0 \quad (1)$$

Cioè come il prodotto di due componenti, una base (pedice 1) relativa agli eventi normali e più frequenti e una straordinaria (pedice 2) relativa ad eventi più gravosi e rari.

A partire dall'uso della distribuzione TCEV la procedura di regionalizzazione si sviluppa (Fiorentino et al., 1985) su tre livelli successivi di indagine e si basa sull'osservazione che le serie storiche delle variabili idrologiche estreme hanno le seguenti caratteristiche:

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI				
 RICCIARDELLO CONSTRUZIONI S.r.l.		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA		Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 26 di 32

1. il coefficiente di asimmetria campionario

$$G = \sqrt{N} \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{3/2}}$$

in cui N e \bar{x} sono rispettivamente la dimensione del campione e la media campionari, non mostra una tendenza ad assumere valori differenti da una zona all'altra, all'interno di regioni molto ampie, pur variando sensibilmente da sito a sito;

2. il coefficiente di variazione campionario

$$C_v = \frac{N}{\sqrt{N-1}} \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}}{\sum_{i=1}^N x_i}$$

rapporto tra lo scarto quadratico medio e la media, mostra una configurazione spaziale a gruppi, oscillando con piccoli scarti intorno a valori medi differenti da un gruppo all'altro. La stima regionale dei parametri del modello TCEV si basa in sintesi sui seguenti passi:

- PRIMO LIVELLO: definizione della o delle zone all'interno delle quali è costante il coefficiente di asimmetria G. Con riferimento al modello TCEV questo significa che i parametri Ω e Θ sono costanti all'interno di tali zone.
- SECONDO LIVELLO: definizione di sottozone all'interno delle quali è costante il coefficiente di variazione CV. Con riferimento al modello TCEV questo significa che i parametri Ω e Θ e Θ_1 sono costanti all'interno di tali sottozone. La loro conoscenza definisce la "curva di crescita".
- TERZO LIVELLO: definizione di aree all'interno delle quali è possibile stabilire una legge che leghi la portata indice con le caratteristiche climatiche e geomorfologiche.

L'esigenza di far coincidere zone e sottozone pluviometriche ed idrometriche dipende soprattutto dal fatto che in molti casi si dispone di un numero così limitato di serie storiche di piene utilizzabili per identificare zone e sottozone idrometriche da risultare del tutto insufficienti per lo scopo. Di qui la necessità di ricorrere all'analogia con zone e sottozone pluviometriche che possono essere identificate con buona precisione, grazie al gran numero di serie storiche generalmente disponibili.

Per delimitare geograficamente zone e sottozone omogenee si può seguire un criterio empirico riportando i valori, suddivisi in classi, del parametro di interesse (G o CV) su una carta geografica e seguendo l'andamento che essi evidenziano.

La regionalizzazione delle piogge effettuata dagli Ing. M. Franchini e G. Galeati, per la regione Romagna - Marche, ha portato alla definizione di due zone pluviometriche omogenee denominate rispettivamente Zona Est e Zona Ovest.

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI			
 RICCIARDELLO CONSTRUZIONI S.r.l.		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO			
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 27 di 32

Gli autori hanno delimitato le zone omogenee, seppure con un'inevitabile dose di soggettività, in base all'osservazione che la distribuzione spaziale dei coefficienti di asimmetria e ancor più dei coefficienti di variazione risulta strettamente correlata all'informatica altimetrica.

Il criterio ultimo di verifica di omogeneità delle zone è stato fondato sia sul confronto delle distribuzioni teoriche dei coefficienti G e CV con le rispettive distribuzioni di frequenza osservata, sia e soprattutto sul confronto delle curve teoriche di crescita con le corrispondenti campionarie.

In una successiva memoria M. Franchini, G. Galeati, (1996) hanno proposto la regionalizzazione delle portate al colmo per la regione Romagna - Marche.

Per l'individuazione delle zone idrometriche omogenee gli Autori hanno utilizzato una metodologia che consente di trasferire alle portate l'informazione di omogeneità dedotta dall'indagine pluviometrica, basata su una serie di dati più ampia.

La ricerca della curva di crescita che è stata sviluppata nel rispetto dei due passi (primo e secondo livello) connessi alla struttura gerarchica del processo regionale di stima dei parametri del modello TCEV. Tali passi portano alla individuazione di una Zona Unica ed alla conseguente definizione di un'unica curva di crescita $x'(x'=x, \text{dove } x \text{ rappresenta la portata al colmo massima annua})$:

$$x' = 0.32977 + 0.61107 \ln T$$

Al terzo livello di regionalizzazione delle piene, considerando la regione Romagna-Marche come "Area Unica", gli Autori, tramite regressione multipla non lineare, hanno ottenuto la seguente relazione che lega la piena indice ad alcune grandezze geomorfoclimatiche:

$$Q_1 = x = 0,0021 S^{1,0816} p_{1g}^{2,4157} H_m^{-0,4694}$$

Pertanto dalla procedura di regionalizzazione delle portate utilizzando la curva di crescita valida per la zona in esame per tempi di ritorno T compresi tra 5 e 1000 anni si ottengono, assegnati i tempi di ritorno, i seguenti valori di crescita:

T	X'
10	1.7368
20	2.1604
50	2.7203
100	3.1439
200	3.5674
300	3.8152
500	4.1273

5.2.3 Calcolo della portata di piena del fiume Esino

Dai risultati ottenuti nel paragrafo precedente è possibile ottenere quindi le portate massime al colmo di piena per il fiume Esino per i diversi tempi di ritorno:

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI				
 RICCIARDELLO CONSTRUZIONI S.r.l.		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA		Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 28 di 32

Tr(anni)	Q(mc/s)
50	1481
100	1711
200	1945
300	2077
500	2250

Va ricordato inoltre che il metodo della regionalizzazione applicato ai bacini delle Marche nelle sezioni di valle contiene un errore di stima dovuto al fatto che le misure esistenti, utilizzate nell'analisi statistica, sono tutte concentrate nella parte montana della regione. Il metodo sovrastima le portate effettive e, di conseguenza, l'applicazione delle portate ricavate risulta a favore di sicurezza.

Il metodo utilizzato nel progetto definitivo ed i risultati ad esso connessi sono stati confermati nel Progetto Esecutivo dopo aver verificato che, le portate calcolate utilizzando gli opportuni parametri riduttivi forniti da letteratura per situazioni simili portano a dimensionamenti delle opere in progetto simili.

Si deduce, dunque, che il metodo utilizzato e confermato nel progetto in essere, sovrastima le portate effettive senza sovradimensionare le opere di progetto.

5.3 Studio Idrologico dei Bacini Secondari

5.3.1 Analisi ed elaborazione delle piogge intense

Per il calcolo delle portate di verifica dei fossi interferenti il nuovo tracciato ferroviario, nell'ambito del progetto definitivo sono state effettuate le elaborazioni delle piogge intense delle Stazioni Pluviometriche dell'ex Servizio Idrografico di Bologna più vicine alla zona in questione e si è scelto di utilizzare i dati relativi alla stazione Pluviometrica di Jesi in quanto:

- presentano una maggiore numerosità (i dati raccolti si riferiscono al periodo che va dal 1953 al 2004);
- la stazione è posta all'interno del bacino idrografico del Fiume Esino e al di fuori delle interferenze morfologiche dovute al monte Conero.

In particolare le elaborazioni sono state svolte applicando la legge probabilistica di Gumbel alla serie storica che va dal 1953 al 2004 e ricavando le curve di possibilità pluviometrica relative ai tempi di ritorno di 5, 10, 20, 50, 100, 200, 300 anni.

In considerazione della scarsa numerosità dei campioni di dati rilevati e della corretta elaborazione statistica per la stazione presa in esame si considerano adeguati i parametri ottenuti dallo studio idrologico del Progetto Definitivo.

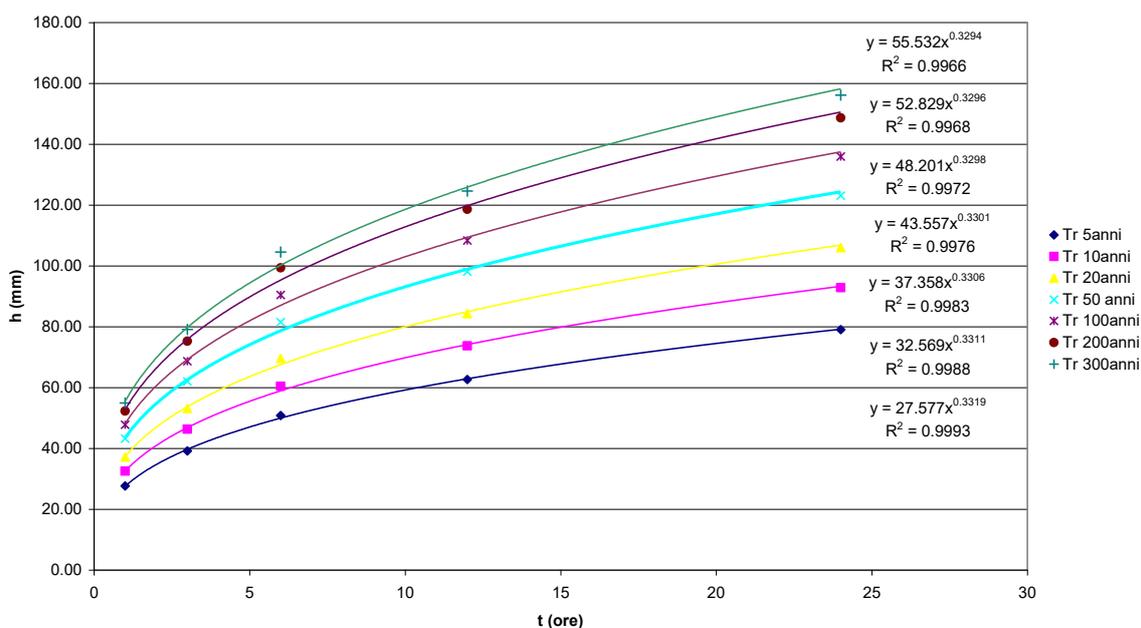
Di seguito si riportano le elaborazioni effettuate sui dati pluviometrici relativi alla suddetta stazione rimandando al progetto definitivo per ulteriori approfondimenti.

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI			
					
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 29 di 32

ELABORAZIONE STATISTICA DI GUMBEL PER LA STAZIONE DI JESI (1953-2004)

PRECIPITAZIONI BREVI e INTENSE DEDOTTE DAGLI ANNALI IDROLOGICI (1953-2004)					
RISULTATI ELABORAZIONE					
DURATA	$\tau=1$ ORA	$\tau=3$ ORE	$\tau=6$ ORE	$\tau=12$ ORE	$\tau=24$ ORE
Media e Scarto Quadratico Medio dei valori osservati					
MEDIA	21.46	30.15	38.67	48.61	61.60
SSQM	7.62	11.15	15.01	17.32	21.54
Media e Scarto Quadratico Medio della variabile ridotta					
YN	0.5489	0.5489	0.5489	0.5489	0.5489
SN	1.1738	1.1738	1.1738	1.1738	1.1738
Valore dei parametri di Gumbel					
MODA	17.90	24.94	31.65	40.51	51.52
ALPHA	6.4927	9.5027	12.7842	14.7516	18.3497
Valori Estremi per i Periodi di Ritorno considerati (mm)					
TR(ANNI)					
5	27.64	39.19	50.82	62.64	79.05
10	32.51	46.32	60.42	73.71	92.82
20	37.18	53.16	69.62	84.33	106.03
50	43.23	62.02	81.53	98.07	123.12
100	47.77	68.65	90.46	108.37	135.93
200	52.28	75.26	99.35	118.63	148.70
300	54.92	79.12	104.55	124.63	156.16

Equazioni di Possibilità Pluviometrica



APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI			
 RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO			
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 30 di 32

TR (ANNI)	a (mmore-n)	n
5	27.577	0.3319
10	32.569	0.3311
20	37.358	0.3306
50	43.557	0.3301
100	48.201	0.3298
200	52.829	0.3296
300	55.532	0.3294

5.3.2 Calcolo dei Tempi di Corrivazione

Per il calcolo dei tempi di corrivazione dei bacini interferenti con l'intervento in progetto, nell'ambito del progetto definitivo sono state utilizzate le seguenti formule:

- Bacini Maggiori (Giandotti 1933)

$$\tau_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{\bar{H} - Z}} \quad (\text{ore})$$

con S estensione del bacino in km^2 , L lunghezza dell'asta principale del corso in km, Z la quota della sezione di chiusura considerata in m s.m.m., \bar{H} l'altitudine media del bacino imbrifero sotteso in m s.m.m, calcolata con la formula:

$$\bar{H} = \frac{1}{S} \sum_1^k S_i z_i$$

dove S_i è l'area compresa tra due curve di livello consecutive e z_i è l'altitudine media tra le due isoipse.

- Bacini Minori (Fosso della Castellaraccia) - espressione valida per superfici scolanti di modesta estensione (1971 Civil Engineering Department Maryland):

$$\tau_c = 26.3 \frac{(L/K_s)^{0.6}}{j^{0.4} i^{0.3}} \quad (\text{sec})$$

con L lunghezza della superficie scolante in m, K_s il coefficiente di resistenza di *Gauckler-Strickler* in $\text{m}^{1/3}/\text{s}$, j l'intensità di precipitazione in m/ora, i pendenza media della superficie scolante.

- Bacini particolarmente piccoli (Viparelli 1961,1963)

$$\tau_c = \frac{L}{V} \quad (\text{sec})$$

con L [m] massima distanza tra lo spartiacque e la sezione di chiusura e V velocità media di deflusso nei canali (2-1 m/s).

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI				
 RICCIARDELLO COSTRUZIONI S.r.l.		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
RELAZIONE IDROLOGICA		Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 31 di 32

La seguente tabella riporta le grandezze caratteristiche e i tempi di corrivazione calcolati con la formula di Giandotti e relativi quindi ai bacini maggiori.

Bacino	L[Km]	S[km ²]	\bar{H} [m.s.l.m.]	τ_c [ore]
Cannetacci	7.6	13.2	71.53	4.31
Liscia	11.6	32.42	104.95	5.35
Rigatta	5.5	3.55	54.72	2.78
Nuovo	7.65	13.85	35	5.57

Per il bacino del Fosso della Castellaraccia invece è stata utilizzata la seconda formula e nella tabella sono riportati i valori utilizzati:

Bacino	L [m]	k_s [m ^{1/3} /s]	S [km ²]	ϕ	i [m/m]
Castellaraccia	820	35	0.2861	0.65	0.02381

Il tempo di corrivazione, dipendendo dall'intensità di pioggia, è calcolato in maniera iterativa. Nella tabella seguente si riportano i risultati:

T_r [anni]	a	n	i [m/ore]	τ_c [ore]
20	37.358	0.3306	0.0641	0.446
50	43.557	0.3301	0.0791	0.410
100	48.201	0.3298	0.0908	0.388
200	52.829	0.3296	0.1030	0.369

Per quanto riguarda invece i bacini del Fosso Biscia - Vena, il calcolo del tempo di corrivazione è stato effettuato tramite l'equazione di Viparelli considerando una velocità media di deflusso nei canali pari ad 1 m/s e aggiungendo il contributo delle aree scolanti (territori agricoli pianeggianti). Nella seguente tabella sono riassunti i risultati:

Bacino	L [Km]	S [km ²]	\bar{H} [m.s.l.m.]	v_m [m/s]	Contributo aree scolanti [minuti]	τ_c [ore]
Biscia-Vena	3.40	1.42	2.50	1.00	20	1.27

5.3.3 Calcolo delle portate di progetto

Analizzando le scelte e le considerazioni fatte nel Progetto Definitivo relativamente al calcolo delle portate si è scelto di confermare la distinzione effettuata e i risultati ottenuti. In particolare sono state adottate le seguenti formulazioni:

- Formulazione di Giandotti, per i bacini maggiori:

APPALTATORE		DIREZIONE LAVORI			
					
RELAZIONE IDROLOGICA	Progetto IA1Y	Lotto 00	Codifica Documento RIID0000001	Rev. B	Foglio 32 di 32

$$Q_{max} = \frac{\lambda S \bar{h}}{0.8 \tau_c} \quad [m^3/s]$$

in cui \bar{h} rappresenta l'altezza di pioggia ragguagliata all'area del bacino, S è la superficie del bacino espressa in km^2 e λ un coefficiente tabellato in funzione dell'estensione del bacino.

- Metodo Cinematico o Razionale per i bacini minori:

$$Q_{max} = 278 \frac{\varphi S h}{\tau_c} \quad [m^3/s]$$

in cui φ è il coefficiente di deflusso, S è la superficie del bacino espressa in km^2 , h è l'altezza di pioggia in m e τ_c è il tempo di corrivazione in ore.

Nella tabella seguente sono riportate le portate dei bacini calcolate con i metodi sopra riportati.

PORTATE DI MASSIMA PIENA [m^3/s]					
Bacini	$T_r= 20$ anni	$T_r= 50$ anni	$T_r= 100$ anni	$T_r= 200$ anni	$T_r= 300$ anni
Cannetacci	38.74	44.83	49.58	54.33	57.09
Liscia	84.87	98.87	109.35	119.81	125.90
Rigatta	16.98	19.28	20.99	22.71	23.70
Nuovo	34.01	39.61	43.81	48.01	50.44
Castellaraccia	3.31	4.09	4.70	5.33	5.70
Biscia-Vena	2.78	3.24	3.59	3.93	4.13

Da notare che per quanto riguarda il Fosso Rigatta, alla portata idrologica sono stati aggiunti i contributi dei due tombini di scarico $\phi 1000$ dell'aeroporto.

Si rimanda alla relazione idraulica del progetto per il dimensionamento delle opere idrauliche principali e secondarie.