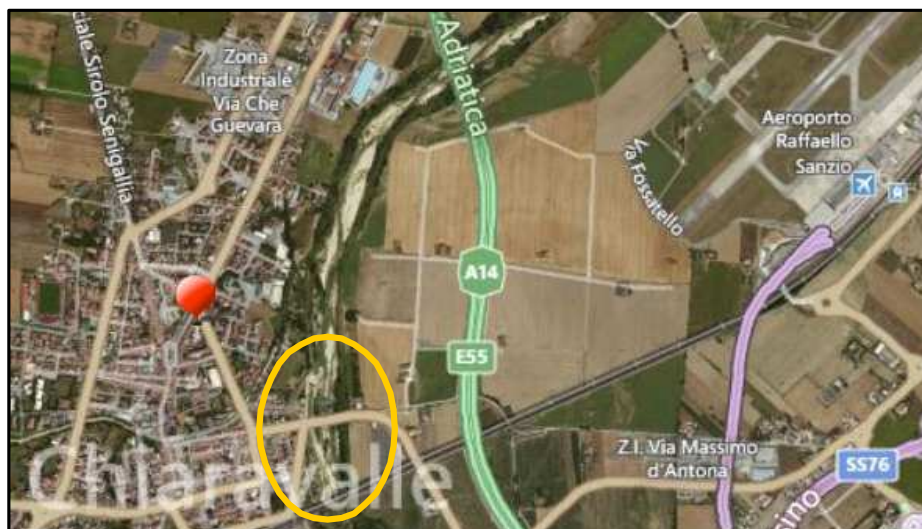


Comune di Chiaravalle
Provincia di Ancona



PROGETTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO
IDRAULICO DI AREA DEMANIALE SITA
IN ZONA EX MATTATOIO



- 1. RELAZIONE DI VERIFICA IDROLOGICA**
- 2. RELAZIONE DI VERIFICA IDRAULICA**
- 3. ESAME DEI RISULTATI**

[ART. 7 COMMA 6 LETTERA E) ED ART. 20 DELLE N.T.A. DEL P.A.I.]
[LEGGE REGIONALE 12.11.2012 - N. 31]
[PROCEDURE PIANO PER L'ASSETTO IDRAULICO]
[D.M. 14.01.2008 S.M.I.]

RICHIEDENTE:
ENERGIE2000 S.r.l.

Concessione demaniale
(n. 7 del 18 aprile 2008)

TECNICI PROGETTISTA

Dr. Fabio ROSSI
Geologo Specialista
ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

Dr. Stefano PIERUCCI
Geologo Specialista
ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

Chiaravalle, maggio 2013



Geologi specialisti - Dr. Stefano PIERUCCI e Dr. Fabio ROSSI

SEDE LEGALE:

Via Fratelli Cervi n. 73 62010 Montecosaro (MC)
Tel./fax 0733.564474

CONTATTI

www.studiolander.it
info@studiolander.it

Partita IVA: 01660690437

INDICE

I. INTRODUZIONE	4
II. UBICAZIONE	4

PARTE PRIMA: INQUADRAMENTO E CRONISTORIA

1. AREA D'INDAGINE: INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CLIMATICO	5
2. GEOMORFOLOGIA, IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA	5
2.1 - Geomorfologia	5
2.2 – Idrologia ed Idrogeologia	5
4. CRONISTORIA E STATO DEI LUOGHI	7

PARTE SECONDA: VERIFICHE IDROLOGICHE

1. PREMESSA	8
1.1 Parametri morfometrici del bacino di progetto	8
2. Procedura	9
3. Elementi generali di riferimento	10
4. Metodologia diretta	11
5. Metodologia indiretta	11
5.1 analisi probabilistica	11
5.2 analisi empirico-analitica	14
<i>5.2.1 tempo di corrivazione</i>	<i>14</i>
<i>5.2.2 portata di massima piena al colmo</i>	<i>15</i>
<i>5.2.3 formulario</i>	<i>15</i>
5.3 riepilogo risultati	17

PARTE TERZA: VERIFICHE IDRAULICHE

6. Premessa	19
6.1 Moto uniforme	19
6.2 Moto vario	19
6.3 Rischio esondazione	20
<i>6.3.1 Modello idraulico e simulazione</i>	<i>20</i>
<i>6.3.2 Verifica sezioni fluviali: stato attuale</i>	<i>21</i>
<i>6.3.3 Verifica sezioni fluviali: stato mitigato</i>	<i>24</i>

PARTE TERZA: ESAME DEI RISULTATI

7. Informazioni progettuali.....	27
8. Esame dei risultati.....	29
8.1 Analisi finale e misure mitigazione degli impatti.....	30

ALLEGATI

- **ALLEGATO 1: PLANIMETRIA PROGETTUALE CON UBICAZIONE SEZIONI DI VERIFICA E PUNTI DI VISTA**
- **ALLEGATO 2: COROGRAFIA**
- **ALLEGATO 3: STRALCIO P.A.I.**
- **ALLEGATO 4: BACINO IDROGRAFICO DI PROGETTO**
- **ALLEGATO 4A: BACINO IDROGRAFICO DI PROGETTO: ISOIETE**
- **ALLEGATO 5: METODO PROBABILISTICO - VERIFICA DI MASSIMA PIENA AL COLMO**
- **ALLEGATO 6: METODI EMPIRICO/ANALITICI - VERIFICA DI MASSIMA PIENA AL COLMO**
- **ALLEGATO 7: SEZIONE IDRAULICHE DI PROGETTO NELLA SIMULAZIONE HEC-RAS/PIENA3D: STATO ATTUALE**
- **ALLEGATO 7A: SEZIONE IDRAULICHE DI PROGETTO NELLA SIMULAZIONE HEC-RAS/PIENA3D: STATO MITIGATO**
- **ALLEGATO 8: COMPUTAZIONI ANALITICHE DELLE SEZIONI DI PROGETTO: STATO ATTUALE/MODIFICATO**
- **ALLEGATO 9: CARTA DELLE PERICOLOSITÀ IDRAULICA: STATO ATTUALE**
- **ALLEGATO 10: PLANIMETRIA INTERVENTI DI MITIGAZIONE E SISTEMAZIONE**
- **ALLEGATO 11: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

I. INTRODUZIONE

*Su incarico della ENERGIA 2000 Srl, nella presente relazione tecnica sono esposti i risultati relativi le **“Verifiche idrologiche ed idrauliche”** per il progetto di mitigazione del rischio idraulico di area ubicata in località Ex Mattatoio, a valle della linea ferroviaria Ancona-Roma, nel Comune di Chiaravalle (AN).*

Nel particolare, il presente studio è stato eseguito in conformità e secondo le procedure previste da:

- *Legge regionale 12 novembre 2012, n. 31*
- *Art. 20 delle N.T.A. del P.A.I.*
- *Art. 7, comma 6 lettera e) delle N.T.A. del P.A.I.*
- *Piano per l’assetto idraulico regionale*
- *D.M. 14 gennaio 2008 s.m.i. (Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni per programmi e progetti edilizi in zone sismiche).*

II. UBICAZIONE E PROGETTO

L’area sede del progetto di verifica (di circa 0,20 Km²) è localizzata in sinistra e destra idrografica del fiume Esino, nell’abitato di Chiaravalle (AN) in località ex-mattatoio, a valle della linea ferroviaria Ancona-Roma.

Nello specifico, l’area sottesa alla verifica (Cfr. *Allegato 1: Planimetria di progetto*), si estende in forma quadrangolare per una lunghezza di circa 600 ml da SO verso NE e per una larghezza di circa 350 ml da ovest ad est.

La società ENERGIA 2000 Srl, ditta proponente lo studio e l’intervento di mitigazione del rischio idraulico, opera nell’area suddetta con regolare concessione demaniale del Dipartimento Governo del Territorio - Settore Tututela e Valorizzazione dell’Ambiente (n. 7 del 18.04.2008), come attività di produzione di energia idroelettrica tramite derivazione a canale.

La richiesta di avvio del procedimento ai sensi dell’art. 20 delle N.T.A. del P.A.I. e Legge regionale 12 novembre 2012, n. 31 è sorta dalla necessità di ridurre il continuo rischio di esondazione e sovra-alluvionamento da parte delle acque del fiume Esino sia dell’area di canale d’adduzione che d’impianto della ENERGIA 2000 Srl.

PARTE PRIMA: INQUADRAMENTO E CRONISTORIA

1 - AREA D'INDAGINE: INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CLIMATICO.

L'area di progetto è geograficamente localizzata alla intersezione delle ortofotocarta in scala 1:10.000 delle Regione Marche sezioni CTR nn. 281160, 282130, 292040 e 293010, alla periferia centro orientale dell'abitato di Chiaravalle, lungo il corso del Fiume Esino, a valle della linea ferroviaria Ancona-Roma (Cfr. Allegato 2: Corografia).

▪ Dal punto climatologico l'area può essere inserita, secondo la classificazione adottata dal Mori (1957) che suddivide la Regione Marche in 3 tipi climatici in rapporto all'altitudine ed alla distanza dalla costa, nel tipo "Adriatico Centro-Meridionale", caratterizzato da un clima mite con inverni non molto freddi ma rigidi, dove si registrano temperature prossime allo zero nei mesi invernali ed estati mediamente calde ed asciutte, durante le quali, specie nei mesi di luglio ed agosto, le temperature possono oltrepassano i 30° C. L'escursione annuale media è di circa 20° C.

▪ Dal punto di vista pluviometrico, l'area in esame si caratterizza per picchi in corrispondenza delle stagioni intermedie, in accordo con quanto accade nelle altre regioni centrali (Pinna 1978, Moisiello e Piccinini, 1982, Enea-OGS, 1987, L'ambiente fisico delle Marche VV.AA., 1993). Le precipitazioni risultano fortemente condizionate dall'altitudine; i massimi di piovosità si registrano nelle aree interne in corrispondenza dei rilievi montuosi, con massimi nella tarda stagione autunnale (novembre-dicembre) con valori anche superiori a 200 mm mensili (Fonte avellana e Monte D'Ago) e minimi in piena stagione estiva (agosto) in prossimità delle zone costiere (Porto Sant'Elpidio ed Ancona con valori inferiori a 30 mm mensili).

Stante le considerazioni esposte, finanche in riferimento alle tavole di PTA della Regione Marche, nell'area in esame i valori di piovosità sono stimati nell'ordine di 50-70 mm mensili.

2. GEOMORFOLOGIA, IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

2.1 - GEOMORFOLOGIA. La macrozona di progetto è ubicata a est rispetto l'abitato di Chiaravalle, cavallo del corso del Fiume Esino.

Da un punto di vista geomorfologico, la zona è situata su di un terrazzo alluvionale del 4° ordine, con l'area di impianto in sinistra idrografica del Fiume Esino, laddove la quota topografica media s.l.m. si attesta attorno a 20 m s.l.m.

Per l'ambito in argomento il P.A.I. regionale (Cfr. Allegato 3: stralcio PAI - Tavv. 21B, 22C, 30A e 31D) segnala l'intera zona come sottesa a rischio idraulico. Nello specifico è registrata e classificata la forma per esondazione E-12-0004 a tipologia di rischio R4 (molto elevato).

L'area in studio ricade totalmente (o parzialmente) all'interno di questo ambito.

2.1 - IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA. L'idrogeologia della macrozona territoriale è condizionata dal fiume Esino che scorre con un andamento pressoché rettilineo, SO-NE a destra dell'area di progetto.

La composizione litologica e tessiturale dei litotipi riscontrati risente pertanto sia delle oscillazioni del livello idraulico del corso d'acqua indicato sia della genesi dei depositi (dovuti a sedimentazione fluviale casuale con giustapposizione di termini litologici differenti), presupposti che assecondano l'instaurarsi di falde acquifere a diversa tipologia, natura e portata: confinate, freatiche, sospese.

Misure del livello idrico effettuate durante numerose terebrazioni profonde sia nell'area di proprietà sia in aree limitrofe per procedimenti di caratterizzazione ambientale ai sensi del D.Lgs. 152/2006 hanno consentito di caratterizzare in modo puntuale sia i sedimenti sia la falda idrica.

Il *plafond* idraulico freatico decresce, come ovvio, allontanandosi dal corso d'acqua (F. Esino), passando da quota -0,0 metri a quote di -5,0 metri nelle sezioni più lontane rispetto al p.c..

La ricarica dell'acquifero si realizza nell'ambito della potente unità ghiaiosa sabbiosa basale permeabile (spessore superiore a 10÷15 m), facilmente alimentata sia da acque vadose d'infiltrazione sia da alimentazione diretta del fiume Esino. Il livello statico della falda è altresì soggetto ad escursioni stagionali di ordine superiore a 1 metro.

Le considerazioni innanzi esposte avallano le ipotesi di partenza, vale a dire di acquiferi multiformi e multistrato, intestati all'interno dei sedimenti sabbioso ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi, dove l'altezza piezometrica può trovarsi in condizioni idrostatiche e localmente di pressione, regolata dal regime pluviometrico stagionale, da processi di filtrazione e da ricarica anomala.

Il locale "acquiclide" è rappresentato dalle argille pleistoceniche che si marcano ad una profondità variabile da 18 mt a 22 mt nelle zone più prossime al fiume.

La direzione di flusso principale della falda è verso il mare Adriatico.

3. CRONISTORIA E STATO DEI LUOGHI

Con Determina Dirgenziale n. 7 del 18.04.2008, Settore III - Dipartimento Governo del Territorio - della Provincia di Ancona, è stata data concessione, per 15 anni consecutivi rinnovabili, a derivare acqua dal fiume Esino per uso idroelettrico, tramite canale Vallato del Molino (zona ex-mattatioio), per una quantità massima pari a 14.000 lit/sec.

Nello specifico, si è ripristinato, sistemato ed allungato il "vecchio" canale in terra denominato "Canale Vallato del Molino", che deriva acqua dal fiume Esino tramite una diga costituita da una traversa che partendo dal ponte della linea ferroviaria arriva all'edificio di chiusa, ristrutturato, da dove il flusso dell'acqua regolato mediante paratie automatiche viene turbinato da 2 turbine Kaplan sommerse, e successivamente restituito al naturale fluire verso il mare Adriatico.

Il canale di adduzione è lungo circa 250 metri lineari, a cui si aggiunge l'area di impianto propriamente detta per circa altri 50 metri lineari e la derivazione per alter 200 metri.

La potenza dell'impianto è non superiore a 600 KW, ottenuta con la portata massima derivabile prima accennata e pari a 14 mc/sec ed un salto utile lordo di 5,50 metri che consente una produzione annua stimata in 2,5 GWh.

Il progetto è stato realizzato nel contesto di opere già realizzate da recuperare, ed è composto dalle seguenti unità:

- Bacino

- Canale di derivazione
- Opera di presa
- Condotta forzata interrata
- Centrale
- Locale di controllo (nonché Punto didattico)
- Condotta forzata di rilascio
- Scarico centrale sul fiume Esino

L'area di attività ricade prettamente in area demaniale, nell'ambito della particella n. 440 del Foglio n. 17 del Comune di Chiaravalle (AN), concessionario ditta ENERGIA 2000 Srl.

■ La centrale idroelettrica è alimentata direttamente dall'acqua del fiume Esino attraverso un canale laterale che parte dal ponte della linea ferroviaria e, dopo un percorso di \cong 250 metri giunge sino alla chiusa andando ad alimentare il canale vallato dell'ex Molino.

Il progetto esecutivo ha previsto la realizzazione di un muro a scarpa in scogli ciclopici e cls in argine sinistro del canale di derivazione, per la porzione prospiciente l'ex mattatoio, dal viadotto di ingresso all'abitato di Chiaravalle sino all'opera di presa. Inoltre, il progetto esecutivo, ha contemplato sia la ripulitura e risagomatura del canale di adduzione, con allargamento dello stesso in direzione dello sbarramento, sia la sistemazione della traversa (briglia fluviale di decelerazione) che funziona da sfioratore della centrale.

Si rappresenta, da ultimo, che la cabina elettrica di trasformazione, elevazione e sezionamento, assieme alle apparecchiature di protezione e misurazione sono collocate in adiacenza all'edificio Centrale.

■ La scarsa manutenzione dell'intero corso del fiume Esino, sia monte che nel tratto in esame, sotteso altresì a diversi restringimenti di canale (es. sovrappasso ferroviario, sovrappasso raccordo stradale per Chiaravalle) ed a opere di difesa non ottimali (es. briglia traversa a monte non ortogonale al percorso fluviale), determinano un continuo sovra-alluvionamento dell'intero area, specie in sinistra idrografica ove è presente l'area di impianto in oggetto, con cospicuo trasporto di materiale solido sia naturale (ghiaia) che antropico (sterpaglia, tronchi ecc.).

PARTE SECONDA: VERIFICHE IDROLOGICHE

1. PREMESSA

Il bacino idrografico del fiume Esino è compreso per la maggior parte nella provincia di Ancona e parzialmente nelle province di Macerata, Perugia e Pesaro-Urbino. La sua superficie complessiva si aggira attorno a 1158 Km².

Il ramo principale del fiume Esino nasce a circa 1000 metri di altitudine dalla pendici orientali del monte Cafaggio e, dopo un percorso prevalentemente SO-NE di circa 97 Km si getta ad estuario nel mare Adriatico nell'abitato di Falconara Marittima.

La portata media annuale del fiume è di circa 18 m³/s, sicuramente uno dei maggiori del versante adriatico centrale ed è caratterizzato da un marcato andamento torrentizio delle portate reso ancora più irregolare (come per il Chienti) dallo sfruttamento intensivo delle sue acque da parte dell'Enel ed altri produttori minori per la generazione di energia elettrica attraverso l'uso di diverse centrali idroelettriche poste lungo il suo percorso (La principale, quella di Sant'Elena è alimentata da due canali la cui portata supera i 12 m³/s a pieno regime).

A differenza della maggior parte dei fiumi di origine appenninica che sfociano sul versante adriatico, il fiume Esino anche in estate presenta una portata non inferiore ai 5 m³/s.

Affluenti di destra: fosso di Braccano, torrente Césola, torrente Esinante, fosso di Liscia, fosso dei Pratacci.

Affluenti, di sinistra: fosso il Fossato, fiume Giano, torrente Granita, torrente Sentino, fosse Triponzio; di destra.

I caratteri generali naturali, esclusa l'influenza degli invasi, sono quelli di un fiume di tipo torrentizio con piene improvvise e magre accentuate, dipendenti dal regime pluviometrico del periodo.

CARATTERI SPECIFICI:

Superficie: 158 Km²

Lunghezza: 97 Km

1.1 - Parametri morfometrici del bacino di progetto. Per il bacino idrografico in argomento (Cfr. Allegato 4: Bacino idrografico di progetto) sono stati stimati in via speditiva alcuni significativi parametri morfometrici che forniscono utili informazioni circa la situazione morfodinamica ed idraulica del bacino. *Questi parametri sono:*

1. Coefficiente di Uniformità del Bacino Idrografico (K_c) = 1,70
2. Rapporto di Circolarità (K_r) = 0,34
3. Densità di Drenaggio (D_r) = 2,4 (stima)
4. Frequenza di Drenaggio (F_r) = 4,6 (stima)

■ I coefficienti (K_c) e (K_r) forniscono una indicazione di quanto il bacino si discosti dalla forma circolare (o forma raccolta). Valori di K_c e K_r lontani dall'unità sono tipici dei bacini di forma allungata e viceversa nel caso di K_c e K_r prossimi ad 1.

Dato che i valori di “Kc” e “Kr” sono prossimi all’unità, è possibile postulare per il Bacino di progetto, a parità di altri fattori, tempi di corrivazione minori e piene più improvvise e marcate, con un idrogramma caratterizzato da una forma stretta ed allungata.

■ I parametri (Dr) e (Fr) forniscono un’indicazione del grado di sviluppo del reticolo idrografico. Bassi valori di Dr e Fr sono tipici dei bacini poco evoluti e/o impostati su litologie resistenti all’erosione ed in presenza di una fitta copertura vegetale.

Dato che i valori di “Dr” e “Fr” sono relativamente alti, per il Bacino di progetto è possibile postulare, a parità di altri fattori, che esso sia evoluto ed impostato su litologie erodibili.



ĀGŪLIANO ANCONA APIRO ARCEVIA BELVEDERE OSTRENSE CAMERATA PICENA CANTIANO CASTELBELLINO CASTELPLANIO CASTELRAIMONDO CERRETO D'ESI CHIARAVALLE CUPRAMONTANA ESANATOGLIA FABRIANO FALCONARA MARITTIMA FIUMINATA FRONTONE GAGLIOLE GENGA JESI	MAIOLATI SPONTINI MATELICA MERGO MONSANO MONTE ROBERTO MONTE SAN VITO MONTECAROTTO MONTEMARCIANO MORRO D'ALBA OSIMO OSTRÀ POGGIO SAN MARCELLO POGGIO SAN VICINO POLVERIGI ROSORA SAN MARCELLO SAN PAOLO DI JESI SAN SEVERINO MARCHE SANTA MARIA NUOVA SASSOFERRATO SENIGALLIA SERRA SAN QUIRICO SERRA SANT'ABONDIO STAFFOLO
--	--

2. PROCEDURA

Si rappresenta che la redazione del presente elaborato è stata preceduta da ricerca bibliografica e da letteratura, sia per il corso d’acqua di riferimento e del suo bacino idrografico sia per altri bacini regionali marchigiani con caratteristiche similari.

Si è inoltre proceduto alla ricostruzione di n. 4 (quattro) sezioni fluviali trasversali dirette (P1, P2, P3 e P4) ed una indiretta di interpolazione (Px), tramite rilievo topografico con strumentazione Tacheometro elettronico a stazione totale.

La individuazione planimetrica delle sezioni di progetto (e di verifica nella simulazione idraulica) sono integralmente restituite nell’Allegato 7.

3. ELEMENTI GENERALI DI RIFERIMENTO

L'algoritmo statistico che interpreta il **Rischio (R)** associabile ad un evento estremo, vale a dire la probabilità che un evento di piena, con un tempo di ritorno di "n" anni, ha di manifestarsi in n anni, è definito dalla relazione:

$$R = 1 - \left[1 - \frac{1}{|Tr|} \right]^2$$

R%	n	R%	n
0,5000	1	39,4230	100
0,9975	2	42,3846	110
2,4751	5	45,2014	120
4,8890	10	47,8805	130
9,5390	20	50,4286	140
13,9616	30	52,8521	150
18,1680	40	55,1572	160
22,1687	50	57,3495	170
25,9739	60	59,4347	180
29,5930	70	61,4179	190
33,0352	80	63,3042	200
36,3091	90	91,8428	500

Nella progettazione di opere idrauliche e/o nella verifica di sezioni preesistenti rapportate al controllo delle portate di piena, è prioritariamente indispensabile procedere alla stima della portata massima prevedibile che le solleciterà nel corso della durata tecnica attesa.

La portata, nella maggior parte dei casi, specie nei bacini non carsici, è essenzialmente originata dalle precipitazioni meteoriche e, più in generale, dipenderà da caratteristiche molto variabili, sia nel tempo che nello spazio e delle trasformazioni che l'acqua subisce durante il suo ciclo idrologico. In siffatte condizioni è pressoché impossibile calcolare la massima portata prevedibile in senso deterministico, bisognerà quindi affrontare il problema in termini probabilistici e/o statistici.

In sostanza si deve partire dal presupposto che le *portate di piena* sono una *variabile puramente casuale*, che si ripetono nel tempo senza alcuna relazione. Di conseguenza, dovrà essere stimata relativamente ad un livello di probabilità che esse hanno di non essere superate o, meglio ancora, relativamente ad un periodo di tempo (detto *tempo di ritorno: Tr*) che intercorre, in media, tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato.

In genere è possibile riconoscere due tipi di problemi, a seconda del tipo di dati di cui si dispone:

1. *stima della portata di piena di progetto tramite l'analisi probabilistica e/o tramite osservazioni dirette di portata compiute in passato nel sito (metodologia applicabile a fiumi);*
2. *stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e simulazione del processo di trasformazione in deflussi (metodologia modulare).*

4. METODOLOGIA DIRETTA

Per il bacino in parola, con particolare riferimento alla della sezione di chiusura progetto ubicata a Montecosaro Scalo in località Piane di Esino, non esistono dati sulle portate di massima piena.

Per la determinazione delle porta al colmo si è pertanto fatto riferimento alla metodologia indiretta, integralmente restituita nel paragrafo successivo.

5. METODOLOGIA INDIRETTA

Per la determinazione delle altezze critiche di pioggia relative al bacino di progetto nel tratto di riferimento si è utilizzato il *Metodo statistico di Gumbel*.

In assenza di un numero di valori sufficienti ad una stima puntuale delle «portate di piena» per il fiume Esino, si è provveduto all'individuazione delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore. Tali dati sono stati estratti dagli Annali del Servizio Idrografico Italiano (ex Sezione di Bologna del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale) per quanto concerne gli anni dal 1950 al 1989 e dal 1990 al 2007 sono invece stati estratti dal database del Centro Funzionale di meteorologia, idrologia e sismologia della Regione Marche, e relativi alla stazione pluviometrica-multiparametrica più prossime all'area di progetto e con dati significativi:

- Stazione di JESI (1213 codice stazione n. RT-110 dal 2008 a 2011)
- Stazione di JESI (2063 codice stazione n. RM-1890 dal 1953 a 2007).

I dati pluviometrici relativi alle piogge sono stati ricavati dagli Annali Idrologici, disponibili on line all'indirizzo: <http://84.38.48.145/sol/indexjs.php?lang=it>, tramite registrazione ed autenticazione password, del Sistema Informativo Regionale Meteo-Idro-Pluviometrico Regionale. I dati pluviometrici tabellati coprono un range complessivo ampio di ben 59 anni.

5.1 ANALISI PROBABILISTICA. Poiché nella maggior parte dei casi pratici si dispone solo delle precipitazioni meteoriche in alcuni punti del bacino (o addirittura non se ne dispone affatto), la portata viene stimata simulando, attraverso un modello matematico, il processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino idrografico.

Nel seguito viene affrontato il calcolo mediante l'analisi probabilistica delle precipitazioni con particolare riferimento alle cosiddette *curve di possibilità pluviometrica*, indicate spesso con l'acronimo *c.p.p.*, adottando le formule appresso riportate (Cfr. Allegati 5).

$$H_{\max}(t, T_r) = m - \frac{\left(\ln \left(- \ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right) \right)}{k} \quad (1)$$

$$H_{\text{crit}}(t, T_r) = a \times t^n \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H}_i)^2}{n-1}} \quad k = \frac{1}{0,78 \times s} \quad m = \bar{H}_i - \frac{0,577}{k}$$

Per la relazione (2) il coefficiente “a” e l’esponente “n” sono stati determinati con il metodo dei minimi quadrati, secondo le seguenti relazioni matematiche:

$$a = 10^{(\log H_{\max}(t,T) - n \log t)} \quad n = \frac{\sum (\log t - \overline{\log t}) \times \log H_{\max}(t,T)}{\sum (\log t - \overline{\log t})^2}$$

che rappresentano rispettivamente:

a = variabile funzione del tempo ritorno

n = costante per un dato valore di t

I valori delle **H_{crit}(t, Tr)** calcolate, unitamente agli altri parametri idrologici, sono riportati in appendice in appropriati diagrammi e tabelle.

I SIMBOLI ADOTTATI NELLE FORMULE ASSUMONO I SEGUENTI SIGNIFICATI:

H_{max}(t, T) = altezza massima di pioggia con tempi di ritorno;

H_{crit}(t, T) = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno;

H_i = media aritmetica delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore negli anni di riferimento;

s = deviazione standard;

Ln = logaritmo naturale;

t = durata della pioggia di 1, 3, 6, 12, 24 ore;

Tr = tempi di ritorno di 500, 200, 100, 80, 50, 20, 10 anni.

Per la stima dei **tempi di corrivazione** e della portata massima (**portata di piena**) del bacino idrografico sotteso, essendo lo stesso considerato medio per estensione, si sono adottate per il calcolo probabilistico le seguenti relazioni matematiche basane, proposte rispettivamente da:

- **Giandotti**, per il tempo di corrivazione (**T_c**)

$$T_c \text{ (ore)} = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1,5 \times l}{0,80 \times \sqrt{H_m}}$$

dove le variabili del bacino sono:

T_c (ore) = tempo di corrivazione;

S (kmq) = area del bacino idrografico sotteso dalla sezione di misura;

L (km) = lunghezza dell’asta principale;

H (m) = altitudine media ponderata del bacino;

$$H(m) = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \times S_i}{S}$$

h_i = altitudine media tra due direttrici;

S_i = superficie compresa tra le due direttrici;

H_0 (m) = quota della sezione di chiusura;

$\overline{H}_m = H(m) - H_0(m)$ = altitudine media del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura.

- **Metodo Razionale**, per le portate al colmo di massima piena (Q_{max}):

$$Q_{max} \text{ (mc/sec)} = 0,278 \times \frac{c_a \times h_{crit} \times S}{T_c}$$

Q_{max} (mc/s) = portata di massima piena al colmo per un dato tempo di ritorno;

T_c = tempo di corrivazione (ore);

C_a = coefficiente di afflusso (variabile da 0 a 1). Tale parametro può essere ricavato in via semplificata con la relazione di Schaake et Alii (1967): $C_a = 0,14 + 0,65 \cdot A_{imp} + 0,05 \cdot i_c$

h_{crit} = precipitazioni massime (m) di dato tempo di ritorno (nel caso nostro $Tr = 50, 100$ e 200 anni) ragguagliate al bacino sotteso e di durata pari al tempo di corrivazione (T_c);

S = area del bacino (kmq);

Per il computo della portata massima del bacino idrografico si assume il valore dell'altezza critica $H_{crit}(t, Tr)$, corrispondente ad un tempo di ritorno Tr di **50, 100 e 200** anni e per una durata "t" corrispondente al tempo di corrivazione calcolato " T_c ".

Dall'esame delle annesse tabelle di calcolo e dei grafici (Cfr. Allegato 5), si possono reciprocamente rilevare i valori della portata massima Q_{max} del bacino idrografico sotteso nel tratto di riferimento, per i vari tempi di ritorno Tr (anni) e l'andamento delle altezze critiche di pioggia H_{crit} riferite ai tempi di ritorno Tr (anni) ed al tempo di durata delle precipitazioni t (ore).

Sulla base delle risultanze ottenute tramite questa metodologia e per un tempo di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni otteniamo (Cfr. Allegati 5):

Il valore medio di (T_c) ricavato è dell'ordine di: 14,38 (ore).

Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni
$H_{crit} = 98,56$ (mm)	$H_{crit} = 108,24$ (mm)	$H_{crit} = 117,89$ (mm)
$Q_{max} = 941$ (mc/sec)	$Q_{max} = 1033$ (mc/sec)	$Q_{max} = 1125$ (mc/sec)

In tale simulazione si è considerato, quale contributo al deflusso superficiale, un coefficiente pari al 100% per gli affioramenti argillosi (terreni pressoché impermeabili o al $\approx 95\%$ impermeabili), ed un coefficiente pari al 65%÷75% per i terreni semipermeabili (dotati di permeabilità per fessurazione, porosità ecc.).

5.2 ANALISI EMPIRICO - ANALITICA. Per una puntuale definizione del programma progettuale, la verifica probabilistica della portata di massima piena al colmo (Q_{max}) ai tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni è stata integrata mediante l'ausilio di altre metodologie empirico-analitiche, alcune legate ai principi della relazione di Gumbel, talune a dati statistici, le restanti a variabili sostanziali e sussidiarie relative alla geologia, alla topografia, all'idrogeologia e alla "cinematica" del bacino idrografico di riferimento.

Data l'assenza di valori puntuali e progressivi delle piene per il corso d'acqua di riferimento, le piogge e le relative portate di sezione e di piena sono sempre "regolate" da leggi costitutive non lineari e quindi la maggiore o minore veridicità delle diverse soluzioni proposte è sempre di problematica agnizione.

Considerata infine la molteplicità dei calcoli proposti e delle relative relazioni d'approccio e caratterizzazione si rimanda all'appendice per il riepilogo integrale dei dati.

5.2.1 TEMPO DI CORRIVAZIONE. Per l'assunzione del tempo di corrivazione (T_c) più rispondente, dato che rappresenta il tempo necessario affinché una particella d'acqua possa giungere dai punti più lontani del bacino alla sezione fluviale considerata, si è provveduto all'assunzione del valore medio statistico ricavato da tutta una serie di algoritmi definiti da numerosi autori in dissimili studi per bacini di diversa natura, grandezza e localizzazione geografica:

- *Formula di Pasini,*
- *Formula di Giandotti,*
- *Formula di Alvord-Horton,*
- *Formula di Puglisi e Zanframundo,*
- *Formula di Ventura,*
- *Formula di Kirpich,*
- *Formula di Tournon,*
- *Formula di Ogrosky-Mocus,*
- *Formula di Viparelli,*
- *Formula F.A.O.*

Sulla base della risultanze analitico-matrici, il *valore medio di (T_c) ricavato è dell'ordine di*

$$T_c = \underline{19,49} \text{ (ore).}$$

5.2.2 PORTATA DI MASSIMA PIENA AL COLMO. Per la valutazione della portata di massima piena si è fatto riferimento alle seguenti sistematiche (Cfr. Allegato 6):

EMPIRICHE
Formula di Sordo Formula di Scimeni Formula di Pagliaro Formula di Forti I Formula Genio Civile Formula di Tournon Formula di Whistler
SEMI-EMPIRICHE
Formula di Iskowski
SEMI-ANALITICHE
Formula di Merlo; Formula di Giandotti Formula di Turazza
ANALITICHE
Formula Razionale

L'altezza critica di precipitazione (per un $Tr = 50, 100$ e 200 anni), è pari a: **$H_{crit} = 130,37$ mm**

La portata di piena al colmo della sezione di riferimento (per $Tr = 50, 100$ e 200 anni), è pari a:

$Tr = 50$ anni	$Tr = 100$ anni	$Tr = 200$ anni
$Q_{max} = 1177$ (mc/sec)	$Q_{max} = 1295$ (mc/sec)	$Q_{max} = 1405$ (mc/sec)

5.2.3 FORMULARIO. Le espressioni semi-analitiche ed analitiche prevedono, in via teorica, una relazione diretta tra pioggia e portata, consentendo di assumere come tempo di ritorno della portata al colmo lo stesso delle piogge che, teoricamente, la generano.

Simili metodologie sono adattabili a bacini di tutte le dimensioni attraverso un'opportuna scelta della formula per la determinazione del tempo di corrivazione (T_c).

Nell'approccio corrente sono state prese in considerazione quelle del Sordo, di Scimeni, di Forti, di Whistler, di Iskowski, di Giandotti, del Turazza e del Metodo razionale, che si basano sul presupposto che, nell'ipotesi di una precipitazione ad intensità uniforme sull'intera superficie di un determinato bacino e costante nel tempo, pervengono alla sezione di chiusura di quest'ultimo i contributi di aree via via più distanti dalla sezione stessa, sino al raggiungimento della condizione di contributo contemporaneo da parte dell'intero bacino.

In tali condizioni le portate al colmo (Q_{max}) risultano esprimibili tramite le relazioni:

1. Formula di TURAZZA

$$Q_{max} \text{ (mc/sec)} = \frac{h_{crit} \times S \times Cd}{T_c}$$

Q_{max} = portata al colmo di dato tempo di ritorno (mc/sec);

h_{crit} = precipitazioni massime (m) di dato tempo di ritorno ragguagliate al bacino sotteso e di durata pari al tempo di corrivazione (T_c);

S = area del bacino imbrifero (in Km²) sotteso a monte della sezione fluviale di interesse;

T_c = tempo di corrivazione (ore);

Cd = Coefficiente di deflusso di piena (variabile da 0 ad 1). Cautelativamente il parametro Cd viene posto pari ad 1, ciò sulla base di un modello afflussi=deflussi nel quale viene fatta la logica assunzione che le condizioni idrologicamente più sfavorevoli vengono raggiunte a seguito di piogge intense e persistenti per cui abbia a ridursi fortemente sia la saturazione del suolo che dell'aria, cosicché tanto l'infiltrazione quanto l'evapotraspirazione possano essere stimate assai prossime allo zero (almeno per un tempo corrispondente al tempo di corrivazione). Poiché i Cd delle piene reali sono sempre (e di molto) inferiori ad 1, questa assunzione porta sempre ad una sopravvalutazione della Q_{max} .

2. Formula di MERLO

$$Q_{max} \text{ (mc/sec)} = C_m \times h_{crit} \times S$$

Q_{max} = portata al colmo di dato tempo di ritorno (mc/sec);

h_{crit} = precipitazioni massime (m) di dato tempo di ritorno ragguagliate al bacino sotteso e di durata pari al tempo di corrivazione (T_c);

S = area del bacino imbrifero (in Km²) sotteso a monte della sezione fluviale di interesse;

C_m = coefficiente del Merlo. Tale parametro si può ricavare in funzione del tempo di ritorno/tipo di opera da realizzare, tramite la seguente relazione: $C_m = 0,0363 + 0,0295 \cdot \ln(T_r)$

Nota. Questo metodo è stato calibrato su piccoli bacini ed è quindi particolarmente utile per valutazioni in tale contesto.

3. Formula di GIANDOTTI

$$Q_{max} \text{ (mc/sec)} = 0,278 \times \frac{C \times h_{crit} \times S}{T_c}$$

Q_{max} = portata al colmo di dato tempo di ritorno (mc/sec);

h_{crit} = precipitazioni massime (m) di dato tempo di ritorno ragguagliate al bacino sotteso e di durata pari al tempo di corrivazione (T_c);

S = area del bacino imbrifero (in Km²) sotteso a monte della sezione fluviale di interesse;

T_c = tempo di corrivazione (ore);

C = Per bacini inferiori a 300 Km² deve essere posto uguale ad 1,25. Per bacini di dimensioni superiori (C) può essere ricavato con la formula di Visentini (1938): $C = 6,19 \cdot S^{-0,319}$

Nota. L'esperienza ha dimostrato che questo metodo tende a sovrastimare oltremisura le portate nel caso di piccoli bacini (poche decine di km²).

5.3 RIEPILOGO RISULTATI. Nel seguito sono ricapitolati i valori di portata da letteratura e stimati per la sezione di progetto:

RIEPILOGO RISULTATI	
Tr = 50 anni	
PORTATA DI MASSIMA PIENA AL COLMO: QMAX (mc/sec)	
Metodo probabilistico Gumbel	Metodi analitici et alii
Q_{max} = 941	Q_{max-m} = 1177
Tr = 100 anni	
PORTATA DI MASSIMA PIENA AL COLMO: QMAX (mc/sec)	
Metodo probabilistico Gumbel	Metodi analitici et alii
Q_{max} = 1033	Q_{max-m} = 1295
Tr = 200 anni	
PORTATA DI MASSIMA PIENA AL COLMO: QMAX (mc/sec)	
Metodo probabilistico Gumbel	Metodi analitici et alii
Q_{max} = 1125	Q_{max-m} = 1405

Dall'analisi dei risultati si evince una certa assonanza nei dati con computazione a $Tr = 50$ anni, mentre all'incremento dell'evento temporale si riscontra una maggiore dispersione dei risultati correlata, con ogni probabilità, all'ingresso di un maggior numero di variabili.

I valori teorici di portata massima così ottenuti, scomposti per la superficie del bacino imbrifero sotteso dal "fiume Esino" nel tratto di riferimento, forniscono un contributo unitario di piena per Km² rispettivamente di:

Tr = 50 anni	
Q_{max} = 941	Q_{max-m} = 1177
A = 1098 (Km²)	A = 1098 (Km²)
0,857 (mc/sec * Km²)	1,072 (mc/sec * Km²)
Tr = 100 anni	
Q_{max} = 1033	Q_{max-m} = 1295
A = 1098 (Km²)	A = 1098 (Km²)
0,941 (mc/sec * Km²)	1,179 (mc/sec * Km²)
Tr = 200 anni	
Q_{max} = 1125	Q_{max-m} = 1405
A = 1098 (Km²)	A = 1098 (Km²)
1,024 (mc/sec * Km²)	1,280 (mc/sec * Km²)

Considerata la tipologia di verifica e la destinazione di progetto, per la computazione dell'Onda di piena di progetto (Q_{max}) ai tempi "Tr" 50 anni, 100 anni e 200 anni, si ritiene maggiormente congrua una scelta cautelativa del parametro Q_{max} ; pertanto si sono assunti come valori di riferimento quelli massimi previsti derivanti dal computo tramite il metodo analitico (Cfr. Allegato 6).

PORTATA DI MASSIMA PIENA AL COLMO DI PROGETTO: Q_{MAX}		
Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni
$Q_{max} = 1177$ (mc/sec)	$Q_{max} = 1295$ (mc/sec)	$Q_{max} = 1405$ (mc/sec)

PARTE TERZA: VERIFICHE IDRAULICHE

6. PREMESSA. La portata (Q_s) che defluisce per una determinata sezione d'alveo e per lo spandimento degli eventuali volumi esondabili nel territorio circostante è fornita dalla relazione:

$$Q_s \text{ (mc/sec)} = A \times v_m$$

dove:

A (mq) = area della sezione trasversale dell'alveo;

v_m (m/sec) = velocità media dell'acqua (in m/s) nella sezione esaminata;

In base a tale principio noi possiamo stimare la portata smaltibile (Q_s) da una sezione fluviale, dato da confrontare con la portata di piena prevista al tempo di ritorno (Q_{max}), così da conoscere lo spandimento degli eventuali volumi esondabili nel territorio circostante.

6.1 – Moto Uniforme. Assumendo il criterio del moto uniforme, immaginando che la linea piezometrica abbia la stessa inclinazione dell'alveo nella direzione della corrente, criterio valido in corsi d'acqua a debole pendenza (come è il caso del fiume Esino nel tratto di progetto).

La velocità media della corrente può essere espressa dalla relazione di Manning-Strickler:

$$v_m \text{ (mc/sec)} = c \times \sqrt{R_i \times p}$$

dove:

R_i (m) = raggio idraulico = $A / \text{Perimetro bagnato}$;

p (%) = gradiente idraulico (pendenza dell'alveo nel tratto considerato);

c (-) = coefficiente di attrito di Manning

Valutata la velocità della corrente, noto il valore dell'area della sezione del corso d'acqua, si può calcolare la portata smaltibile, da confrontare con la portata di piena di riferimento.

6.2 – MOTO VARIO. Nel caso di rapidi restringimenti della sezione dovuti alla presenza di ostacoli all'interno dell'alveo, la corrente subisce immediatamente a monte un innalzamento (sovrizzo) del livello idrico. Questa situazione si verifica, per esempio, in corrispondenza di restringimenti prodotti dalle pile di un ponte. La stima della variazione dell'altezza idrometrica in questo caso può essere effettuata con il metodo proposto da Yarnell. La formula è la seguente:

$$\Delta y = y \times K_y \times (K_y - 0,6 + 5 \cdot F^2) \times \left[1 - r + 15 \times (1 - r)^4 \right] \times F^2$$

dove:

y = altezza della corrente a monte del ponte o del restringimento

v = velocità della corrente a monte

g = accelerazione di gravità

$(1-r)$ = grado di restringimento dell'alveo, dato da $(b_0-b_1)/b_0$, dove b_0 è la larghezza della corrente a monte del ponte e b_1 è quella ridotta in corrispondenza delle pile dell'opera

K_y = coefficiente di forma delle pile, variabile da 0,90 a 1,25

F = numero di Froude, dato dalla relazione $\frac{v}{\sqrt{gy}}$

forma delle pile	coeff. K_y	forma delle pile	coeff. K_y
	1,25		0,95
	1,05		0,90
	1,05		

La formula di Yarnell è valida nel caso in cui la corrente si mantenga di tipo lento anche in corrispondenza dell'attraversamento.

6.3 - RISCHIO ESONDAZIONE. Per evitare il rischio d'esondazione in una sezione fluviale di riferimento dovrà indi esser sempre verificata la disuguaglianza:

$$Q_s \geq Q_{max}$$

Le portate di massima piena al colmo della sezione di progetto sono state determinate con differenti metodologie, ricapitolate nei capitoli 4 e 5.

Per le portate di progetto di definizione dell'evoluzione dell'onda di piena nel sito di riferimento sono stati assunti i valori cautelativi ricapitolati al Prg. 5.3 e pari a:

PORTATA DI MASSIMA PIENA AL COLMO DI PROGETTO: Q_{MAX} (mc/sec)		
$Tr = 50$ anni	$Tr = 100$ anni	$Tr = 200$ anni
<u>$Q_{max} = 1177$</u>	<u>$Q_{max} = 1295$</u>	<u>$Q_{max} = 1405$</u>

6.3.1 Modello idraulico e simulazione. Senza entrare nel merito della elaborazione analitica- euristica e delle relative equazioni di calcolo per le quali si rimanda alla letteratura scientifica, si rappresenta che il modello matematico monodimensionale per lo studio del moto uniforme è stato utilizzato il codice HEC-RAS 4 che rappresenta lo standard per simili modellazioni.

Il modello consente l'analisi di flusso su sezioni sia naturali sia artificiali, di forma geometrica (canali, condotte ecc.) o irregolare (es. torrenti, fiumi ecc.). Esso permette inoltre l'analisi complessiva delle piene per specifiche sezioni di progetto del corso d'acqua di riferimento, valutando l'altezza della lama d'acqua, e quindi le relative aree esondabili, per una portata di progetto predefinita.

La portata di progetto è stata impostata a seguito del computo dell'evento di piena critica (Q_{max}) per un dato tempo di ritorno: $Tr = 50$ anni, $Tr = 100$ e $Tr = 200$ anni.

Nel modello si sostiene una semplificazione del moto dei fluidi: unidimensionale, stazionario ed uniforme. Nella realtà l'onda di piena si manifesta al colmo in moto vario e solo per una durata limitata in relazione alla superficie del bacino stessa. Si ritiene, pertanto, che i computi siano nel complesso cautelativi.

Si rappresenta, da ultimo, che nelle simulazioni sono state utilizzate:

- n. 4 (quattro) sezioni dirette a moto uniforme (1, 2, 3, 4).
- n. 1 (una) sezione diretta a moto vario (P_x) data la presenza di ponti e/o restringimenti antropici nel tratto in studio.

Per i coefficienti di "conducibilità idraulica" d'alveo sono stati usati i seguenti valori:

- coefficiente di scabrezza $C = 35$ (per l'intero tracciato studiato)

Per i coefficienti di "pendenza" d'alveo sono stati usati i seguenti valori:

- 0,10 / 0,15 rispettivamente per il tracciato a monte ed a valle della circonvallazione

6.3.2 Verifica sezioni fluviali: stato attuale. Il computo analitico delle differenti sezioni di progetto è stato percorso da puntuale rilievo topografico con strumentazione GPS multicanale del tratto di fiume Esino, con relativo tracciamento di sezioni fluviali ortogonali nei punti ritenuti significativi ai fini della presente indagine (Cfr. Allegato 1 – Planimetria di progetto).

▪ Le sezioni naturali significative del fiume Esino nel tratto di progetto in condizioni *ex-ante* (stato attuale), standardizzate a forme geometriche "pseudo-lineari regolari", per le portate ai Tr 50 anni, 100 anni e 200 anni, sono computate analiticamente e geometricamente in allegato (Cfr. Allegato 7 – Sezione idrauliche di progetto nella simulazione HEC-RAS/Piena3D: stato attuale).

▪ Nella pagina seguente (e nell'allegato 8) sono tabellate e graficate le computazioni analitiche di verifica idraulica per le sezioni di progetto sul fiume Esino al suo stato attuale, ai vari tempi di ritorno previsti ($Tr = 50$ anni, 100 anni e 200 anni):

- portata massima smaltibile dalla sezione naturale di corso d'acqua senza esondazione (Q_s)
- portata massima di progetto al colmo (Q_{max})
- velocità della corrente senza esondazione (V_s)
- altezza lama d'acqua smaltibile senza esondazione (H_{sm})
- altezza lama d'acqua di esondazione (H_{es}) nel moto uniforme
- differenza di altezza lama d'acqua (o altezza di sfornamento argini attuali).

▪ Nell'allegato 9 è infine restituita in scala 1:1.000 la tavola della "Pericolosità idraulica del tratto di fiume Esino in rapporto con il P.A.I.: stato attuale" ai tempi di ritorno programmati: $Tr = 50$ anni / $Tr = 100$ anni / $Tr = 200$ anni, con relativa demarcazione grafica delle potenziali area sondabili tramite linee tratteggiate a differente colorazione. La carta suddetta si auto commenta con legenda a fronte.

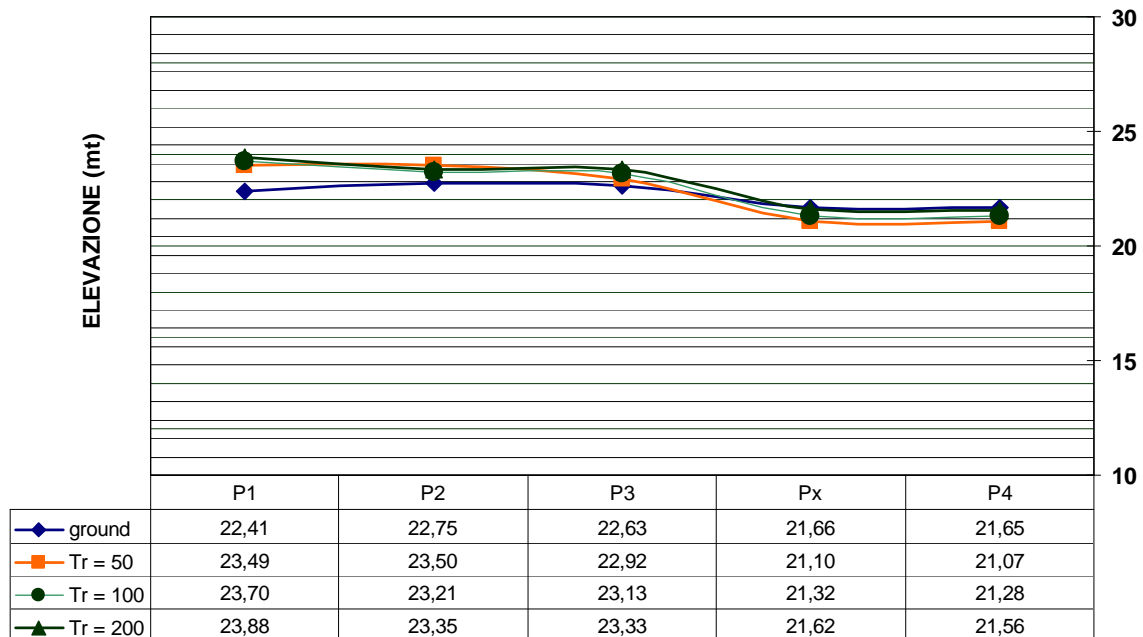
VERIFICA SEZIONI FLUVIALI DI PROGETTO: STATO ATTUALE

Tempo di ritorno 50 anni				
Sezioni fluviali trasversali sul fiume Esino				
P1	P2	P3	Px	P4
Portata massima di progetto (Q_{max}) - mc/sec				
Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}
1177	1177	1177	1177	1177
Quota lama d'acqua di esondazione = (H_{es}) - m				
24,20	23,46	22,91	21,10	21,07
Porta massima smaltibile senza esondazione d'alveo (Q_s) - mc/sec				
Q _s	Q _s	Q _s	Q _s	Q _s
370	790	1030	1420	1440
Quota lama d'acqua smaltibile senza esondazione (H_{sm}) - m				
22,41	22,75	22,63	21,66	21,65
Velocità della corrente senza esondazione (V_s) - m/sec				
1,58	2,06	2,31	2,64	3,21
Verifica: Q_s > Q_{max}				
NO right	NO	NO	SI	SI
Differenza altezza lama d'acqua (,)				
-1,79	-0,71	-0,28	0,56	0,58

Tempo di ritorno 100 anni				
Sezioni fluviali trasversali sul fiume Esino				
P1	P2	P3	Px	P4
Portata massima di progetto (Q_{max}) - mc/sec				
Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}
1295	1295	1295	1295	1295
Quota lama d'acqua di esondazione = (H_{es}) - m				
24,41	23,66	23,13	21,32	21,28
Porta massima smaltibile senza esondazione d'alveo (Q_s) - mc/sec				
Q _s	Q _s	Q _s	Q _s	Q _s
370	790	1030	1420	1440
Quota lama d'acqua smaltibile senza esondazione (H_{sm}) - m				
22,41	22,75	22,63	21,66	21,65
Velocità della corrente senza esondazione (V_s) - m/sec				
1,58	2,06	2,31	2,64	3,31
Verifica: Q_s > Q_{max}				
NO right	NO	NO	SI	SI
Differenza altezza lama d'acqua (,)				
-2,00	-0,91	-0,50	0,34	0,37

Tempo di ritorno 200 anni				
Sezioni fluviali trasversali sul fiume Esino				
P1	P2	P3	Px	P4
Portata massima di progetto (Q_{max}) - mc/sec				
Q_{max}	Q_{max}	Q_{max}	Q_{max}	Q_{max}
1405	1405	1405	1405	1405
Quota lama d'acqua di esondazione = (H_{es}) - m				
24,60	23,84	23,32	21,62	21,56
Porta massima smaltibile senza esondazione d'alveo (Q_s) - mc/sec				
Q_s	Q_s	Q_s	Q_s	Q_s
370	790	1030	1420	1440
Quota lama d'acqua smaltibile senza esondazione (H_{sm}) - m				
22,41	22,75	22,63	21,66	21,65
Velocità della corrente senza esondazione (V_s) - m/sec				
1,58	2,06	2,31	2,64	3,34
Verifica: Q_s > Q_{max}				
NO	NO	NO	SI	SI
Differenza altezza lama d'acqua (.)				
-2,19	-1,09	-0,69	0,04	0,09

Officiosità idraulica f. Esino: stato attuale



PROFILO LONGITUDINALE IN DIREZIONE FLUVIALE (da 0 a 423 ml)

Le simulazioni idrauliche evidenziano condizioni di esondazione differenziate per i vari tempi di ritorno previsti. Nello specifico (a ritroso nel corso fluviale):

- nessuna esondazione per la sezione P4 (al limite per Tr = 200 anni sul lato in destra idrografica)
- nessuna esondazione per la sezione Px (al limite per Tr = 200 anni sul lato in destra idrografica)
- esondazione per la sezione P3 per tutti i tempi di ritorno previsti su entrambe le sponde
- esondazione per la sezione P2 per tutti i tempi di ritorno previsti su entrambe le sponde
- esondazione per la sezione P1 ai Tr 50-100 anni solo sponda destra ed a Tr = 200 anni entrambe le sponde

Quanto esposto è in relazione alle problematiche che il fiume Esino, per il tratto di progetto, è caratterizzato da:

- sezioni fluviali non ben arginate (specie sul lato in destra idrografica)
- fondo alveo fuori quota rispetto alle sponde per eccessivi volumi di materiali di trasporto solido e scadente manutenzione dell'alveo stesso
- ponte ferroviario che determina un sensibile restringimento della sezione di deflusso.

6.3.3 Verifica sezioni fluviali: stato mitigato. Come presentato nel precedente paragrafo 6.3.2, il computo analitico delle differenti sezioni di progetto è stato percorso da puntuale rilievo topografico con strumentazione elettronica del tratto di fiume Esino, con relativo tracciamento di sezioni fluviali ortogonali nei punti ritenuti significativi ai fini della presente indagine (Cfr. Allegato 1).

▪ Nella pagina seguente e nell'allegato 8A sono tabellate le computazioni analitiche di verifica idraulica per le sezioni di progetto sul fiume Esino al suo stato mitigato, ovvero a seguito di rimodellamento, risagomatura e sistemazione della geometria del fondo alveo e delle sponde, sempre ai vari tempi di ritorno previsti ($T_r = 50$ anni, 100 anni e 200 anni):

- portata massima smaltibile dalla sezione naturale del corso d'acqua senza esondazione (Q_s)
- portata massima di progetto al colmo (Q_{max})
- velocità della corrente senza esondazione (V_s)
- altezza lama d'acqua smaltibile senza esondazione (H_{sm})
- altezza lama d'acqua di esondazione (H_{es}) nel moto uniforme
- differenza di altezza lama d'acqua (o altezza di sfornamento argini attuali).

▪ Nell'allegato 10 è infine restituita in scala 1:1.000 la tavola della "Pericolosità idraulica del tratto di fiume Esino in rapporto con il P.A.I.: stato mitigato" ai tempi di ritorno: $T_r = 50$, 100 e 200 anni.

VERIFICA SEZIONI FLUVIALI DI PROGETTO: STATO MITIGATO				
Tempo di ritorno 50 anni				
Sezioni fluviali trasversali sul fiume Esino				
P1	P2	P3	Px	P4
Portata massima di progetto (Q_{max}) - mc/sec				
Q_{max}	Q_{max}	Q_{max}	Q_{max}	Q_{max}
1177	1177	1177	1177	1177
Quota lama d'acqua di esondazione = (H_{es}) - m				
24,20	23,17	22,91	21,10	21,07
Porta massima smaltibile senza esondazione d'alveo (Q_s) - mc/sec				
Q_s	Q_s	Q_s	Q_s	Q_s
1177	1177	1177	1177	1177
Quota lama d'acqua smaltibile senza esondazione (H_{sm}) - m				
24,20	23,17	22,63	21,66	21,65
Velocità della corrente senza esondazione (V_s) - m/sec				
2,49	2,41	2,43	2,64	3,21
Verifica: $Q_s > Q_{max}$				
SI	SI	SI	SI	SI
Differenza altezza lama d'acqua (*)				
0	0	-0,28	0,56	0,58

Tempo di ritorno 100 anni				
Sezioni fluviali trasversali sul fiume Esino				
P1	P2	P3	Px	P4
Portata massima di progetto (Q_{max}) - mc/sec				
Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}
1295	1295	1295	1295	1295
Quota lama d'acqua di esondazione = (H_{es}) - m				
24,41	23,37	23,13	21,32	21,28
Porta massima smaltibile senza esondazione d'alveo (Q_s) - mc/sec				
Q _s	Q _s	Q _s	Q _s	Q _s
1295	1295	1295	1295	1295
Quota lama d'acqua smaltibile senza esondazione (H_{sm}) - m				
24,41	23,37	23,13	21,66	21,65
Velocità della corrente senza esondazione (V_s) - m/sec				
2,58	2,50	2,50	2,64	3,31
Verifica: Q_s > Q_{max}				
SI	SI	SI	SI	SI
Differenza altezza lama d'acqua (*)				
0,00	0,00	0,00	0,34	0,37

Tempo di ritorno 200 anni				
Sezioni fluviali trasversali sul fiume Esino				
P1	P2	P3	Px	P4
Portata massima di progetto (Q_{max}) - mc/sec				
Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}	Q _{max}
1405	1405	1405	1405	1405
Quota lama d'acqua di esondazione = (H_{es}) - m				
24,70	23,56	23,32	21,62	21,56
Porta massima smaltibile senza esondazione d'alveo (Q_s) - mc/sec				
Q _s	Q _s	Q _s	Q _s	Q _s
1405	1405	1405	1405	1405
Quota lama d'acqua smaltibile senza esondazione (H_{sm}) - m				
24,7	23,56	23,32	21,66	21,65
Velocità della corrente senza esondazione (V_s) - m/sec				
2,60	2,57	2,57	2,64	3,34
Verifica: Q_s > Q_{max}				
SI	SI	SI	SI	SI
Differenza altezza lama d'acqua (□)				
0	0	0	0,04	0,09

▪ Dall'analisi dei risultati si evince come in condizioni ex-post (stato mitigato), a seguito degli interventi di sistemazione e rimodellamento della geometria delle sponde e dell'alveo, le sezioni naturali significative del fiume Esino nel tratto di progetto, standardizzate a forme geometriche "pseudo lineari regolari", sono SEMPRE VERIFICATE, ovvero l'alveo naturale di piena del fiume Esino riesce a smaltire interamente i volumi di acqua di esondazione previsti ai vari tempi di ritorno: Tr 50, 100 e 200 anni (Cfr. Allegato 7A – Sezione idrauliche simulazione HEC-RAS/Piena3D: stato modificato).

- L'intervento di sistemazione programma sterri e/o riporti all'interno dell'alveo e/o sulle sponde, con il solo utilizzo dei materiali in posto (spostamenti in sito).

Nello specifico progettuale, con riferimento al flusso: finalità del progetto → costi intervento → benefici collettivi, è applicabile il seguente intervento:

Sezione P1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantenere la sponda in sinistra idrografica alla quota attuale (24,45 mt), ▪ Alzare la sponda destra rialzata di $\approx 2,08$ mt (da 22,42 mt → 24,45 mt). ▪ Effettuare uno sterro di circa 0,50 mt del fondo alveo attuale sul fiume Esino, fortemente sovra-alluvionato (es. da 20,50 mt a 20,0 mt)
Sezione P2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innalzare entrambe le sponde in destra e sinistra idrografica sino alla quota di $\approx 23,6$ metri s.l.m. Rispetto alle quote attuali avremo che: <ul style="list-style-type: none"> - la sponda in sinistra idrografica dovrà essere rialzata di $\approx 0,30$ mt (da 23,33 mt → 23,60 mt) - la sponda in destra idrografica dovrà essere rialzata di $\approx 0,84$ mt (da 22,76 mt → 23,60 mt) - Effettuare uno sterro di circa 0,20÷0,40 metri del fondo alveo attuale sul fiume Esino, sovra-alluvionato (es. da $\approx 20,40$ mt a 20,0 mt)
Sezione P3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantenere la sponda in sinistra idrografica alla quota attuale (23,31 mt), ▪ Alzare la sponda destra rialzata di $\approx 0,55$ mt (da 22,76 mt → 23,31 mt). ▪ Effettuare uno sterro di circa 0,50 mt del fondo alveo attuale sul fiume Esino, fortemente sovra-alluvionato (es. da 20,50 mt a 20,0 mt)
Sezione Px	<p>La sezione PX è di continuo verificata per l'esondazione ai Tr previsti (Tr = 50, 100 e 200 anni). Si rappresenta, tuttavia, che per Tr = 200 anni la sezione di esondazione è al limite di contenimento del volume di piena.</p>
Sezione P4	<p>La sezione P4 è di continuo verificata per l'esondazione ai Tr previsti (Tr = 50, 100 e 200 anni). Si rappresenta, tuttavia, che per Tr = 200 anni la sezione di esondazione è al limite di contenimento del volume di piena.</p>

Da quanto sopra si evince che tramite " elementari" operazioni di spostamento di materiale all'interno dell'alveo (tecnica di redistribuzione dei volumi nello spazio) associata ad asportazione e/o accantonamento di materiale, da ripetersi periodicamente con cadenza mensile, si realizzerà l'ottimizzazione della sezione di deflusso naturale del fiume Esino. Nello specifico di progetto [¹]:

[¹] Per la sponda in destra idrografica l'intervento di sistemazione è più significativo in quanto esse sono maggiormente erose e danneggiante, pertanto dovranno essere rialzate da un minimo di circa 0,55 mt ad un massimo di poco superiore a 2,00 mt. Si rappresenta, tuttavia, che l'area in destra idrografica, essendo non urbanizzata, depressa e limitata a fondo valle dalla scarpata antropica della circonvallazione fluviale, può essere considerata (ed utilizzata) come cassa di espansione naturale di esondazione del fiume Esino, anche in considerazione della sua notevole superficie areale superiore a 33.000 mq. Lo scrivente Studio ritiene pertanto necessario il solo intervento di sistemazione delle sponda in destra idrografica, con ripristino e sistemazione dei tratti danneggiati ma senza innalzamento della stessa alle quote previste. Tale indicazioni dovrà comunque essere valutata di concerto con gli Enti preposti per territorio.

PARTE TERZA: ESAME DEI RISULTATI

La ditta ENERGIA 2000 Srl, concessionaria in area demaminale (n. 7 del 18.04.2008), ha incaricato lo scrivente *Studio di Geologia Lander* di redigere puntuale studio di verifica idrologica ed idraulica (*portate di massima piena al colmo della sezione di chiusura di progetto ai tempi di ritorno (Tr) = 50 anni, 100 anni e 200 anni e verifica delle sezioni fluviali d'esonazione*) di un tratto di fiume Esino di circa 500 ml, ciò al fine di accertare il grado di pericolosità dello stesso rispetto al P.A.I. e di proporre interventi di mitigazione del rischio idraulico ai sensi e per gli effetti dell'art. 7 comma 6 lettera e) ed art. 20 delle N.T.A. del P.A.I. vigente e della Legge Regionale 12 novembre 2012, n. 31.

7. INFORMAZIONI PROGETTUALI. Prima di entrare nel merito delle definizioni analitiche concernenti lo studio idrologico ed idraulico condotto nel sito di progetto, si rappresenta quanto segue:

- La quantificazione dell'Onda di piena ai tempi di ritorno: "Tr" 50 anni, 100 anni e 200 anni, per l'ottimale determinazione, è stata computata con differenti metodologie (statistica ed empirico/analitica), tutte ricapitolate e quantizzate nella Parte Seconda (e relativi allegati), Capitolo 5 del presente elaborato.
- Considerata la tipologia di verifica e la destinazione di progetto, per la computazione dell'Onda di Piena di progetto ai vari tempi di ritorno programmati (Tr = 50 anni, 100 anni e 200 anni), si è ritenuta maggiormente congrua una scelta cautelativa del parametro (Q_{max}), con assunzione come valori di riferimento quelli massimi computati con le diverse metodologie di calcolo. Tali valori, sotto tabellati, derivano dal computo tramite le "metodologie analitiche".

PORTATA DI MASSIMA PIENA AL COLMO DI PROGETTO: Q_{MAX} (mc/sec)		
Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni
$Q_{max} = 1177$	$Q_{max} = 1295$	$Q_{max} = 1405$

- Per semplificazione di computo si è inoltre assunto il criterio del "moto uniforme" dei fluidi, immaginando che la linea piezometrica abbia la stessa inclinazione dell'alveo nella direzione della corrente, criterio valido in corsi d'acqua a debole pendenza (come il fiume Esino) [Cfr. Prg. 6.1].
- Nei punti di restringimento dell'alveo (es. pile di ponti, sovrappassi, viadotti ecc.) la corrente subisce immediatamente a monte un innalzamento (sovrizzo) del livello idrico. Poiché nel tratto di progetto non sono presenti restringimenti antropici siffatta valutazione è stata omessa [Cfr. Prg. 6.2].

- **Come modello matematico monodimensionale per lo studio del moto uniforme è stato utilizzato il codice HEC-RAS 4 che rappresenta lo standard per simili modellazioni. Il modello consente l'analisi di flusso su sezioni sia naturali sia artificiali, di forma geometrica (canali, condotte ecc.) o irregolare (es. torrenti, fiumi ecc.).**
- **Per l'individuazione planimetrica delle sezioni fluviali di progetto si rimanda all'Allegato 1: "Planimetria progettuale con sezioni fluviali".**
- **Per l'esplicitazione su coordinate cartesiane X-Y delle differenti sezioni fluviali di progetto, in condizioni ex-ante ed ex-post, si rimanda invece agli allegati 7 e 7A: "Sezione idrauliche di progetto nella simulazione HEC-RAS/Piena3d".**
- **Per i coefficienti di scabrezza (C), pendenza ecc. per le differenti sezioni di progetto si rimanda direttamente al Prg. 6.3.1 del presente elaborato tecnico.**

8. ESAME DEI RISULTATI

[I] Nelle condizioni ex-ante di misura aprile 2013 (caratterizzate da diffuse piogge, medio-alto livello idrometrico, inadeguata manutenzione dell'alveo e delle sponde del tratto verificato e dei tratti a monte, periodo di magra fluviale ecc.) è stata dimostrata un'Onda di Piena d'esondazione in differenti punti del tratto di alveo fluviale indagato ai tempi di ritorno (Tr) di 50, 100 e 200 anni.

[II] Il tracciato di piena senza che si verifichi esondazione dall'attuale sezione d'alveo naturale è molto instabile, con portate, altezze critiche e velocità della corrente molto differenti (Cfr. Allegato 9 – Carta pericolosità idraulica in rapporto col P.A.I.: stato attuale). Passando infatti dalla sezione P1 alla sezione P4, ovvero per una distanza di circa 450 ml, si riscontra chiaramente che:

- **le sezioni a valle della strada di Circonvallazione (via G. Leopardi) sono capaci di smaltire l'intera onda di piena prevista per l'intero range dei tempi di ritorno previsti. (Si rappresenta, tuttavia, che per $Tr = 200$ anni, la sezione fluviale è al limite di esondazione, specie la sponda in destra idrografica).**
- **le sezioni a monte della strada di Circonvallazione (via G. Leopardi) presentano capacità di smaltimento della "massa idrica" decrescente in senso contrario alla direzione fluviale. Nel dettaglio riscontriamo una capacità di smaltimento della "massa idrica" per 3/4 del volume massimo di piena nella sezione Px, per circa 1/2 del volume massimo di piena nella sezione P2 ed infine per meno di 1/3 del volume massimo di piena per la sezione P1, che rappresenta la sezione di restringimento fluviale sul ponte della linea ferroviaria Ancona-Roma (Cfr. Allegati 7 e 9).**

[III] Dall'analisi della Carta della pericolosità idraulica: stato attuale (Cfr. Allegato 9 - Carta delle pericolosità idraulica: stato attuale), si evidenzia chiaramente una significativa rispondenza tra le linee di esondazione della simulazione allegata al presente documento con quella del P.A.I. regionale aggiornata al 2007 (decreto n. 44/SABN del 19/11/2007).

[IV] Dal confronto fra le linee di potenziale esondazione computate nel presente progetto ai tempi di ritorno di: $Tr = 50, 100$ e 200 anni con quella perimetrata dal P.A.I. regionale vigente con la sigla E-12-0004 (a valle della linea ferroviaria) ed E-12-0005 (a monte della linea ferroviaria), si osserva quanto segue:

- **la linea di esondazione costruita in destra idrografica del fiume Esino è pressoché coincidente con quella definita dal P.A.I. (le scarpate fluviali alte e la scarpata antropica curvilinea della strada di circonvallazione per Chiaravalle funzionano da barriera fisica);**
- **la linea di esondazione costruita in sinistra idrografica del fiume Esino è quasi coincidente con quella definita dal P.A.I. per il tratto a valle della strada di circonvallazione denominata via Leopardi. Anche in tal caso la scarpata antropica fluviale e di impianto idroelettrico funzionano da barriera fisica.**
- **la linea di esondazione costruita in sinistra idrografica del fiume per il tratto a monte della strada di circonvallazione di via Leopardi, è superiore a quella definita dal PAI per $Tr = 200$ anni, risultando invece di minore impatto per i tempi di ritorno sottostanti ($Tr = 50$ e 100 anni).**

[V] Per la porzione di territorio in sinistra idrografica del fiume Esino, le sezioni con i valori più elevati di “lama d’acqua” (altezza critica), ai vari tempi di ritorno considerati, risultano in ordine crescente di rischio procedendo all'inverso della direzione fluviale (da P4 a P1). Nel dettaglio si osserva che lo scavalco della linea teorica di argine al di là del quale si ha esondazione è, al tempo di ritorno “Tr” massimo previsto di 200 anni, di continuo superiore a 0,50 metri in P3, raggiungendo circa 1,50 mt in P1. In sostanza il sovrappasso ferroviario rappresenta un hot-spot, vale a dire un punto critico di restringimento fluviale innescante potenziale esondazione.

[VI] In riferimento al progetto corrente di mitigazione, redatto ai sensi dell’art. 7 comma 6 lettera e), art. 20 delle N.T.A. del P.A.I. e della Legge Regionale 12 novembre 2012, n. 31, liberamente dall’altezza della “lama di acqua” di esondazione calcolata, si riscontra chiaramente come le aree di presa e d’impianto idroelettrico della ditta ENERGIA 2000 Srl, nonché numerose aree private con edifici ad uso civile, tutte in sinistra idrografica, siano allo stato attuale sottese a potenziale rischio idraulico, con significative ripercussioni economiche, finanziarie e sociali nel caso di evento calamitoso significativo.

8.1 – ANALISI FINALE E MISURE DI MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI

A conclusione del puntuale studio condotto possiamo asserire per l’area di progetto, sita in sinistra e destra idrografica del fiume Esino, quanto segue:

- **Allo stato corrente sussistono condizioni di rischio idraulico di pericolosità crescente ai vari tempi di ritorno ($T_r = 50$ anni, 100 anni e 200 anni) nel caso di eventi meteo-climatici eccezionali. Tale stato di rischio è maggiormente marcato per le sezioni di territorio racchiuse tra il ponte della linea ferroviaria Ancona-Roma a monte ed e la circonvallazione di via Leopardi a valle.**
- **Queste condizioni di rischio sono multifattoriali e correlate principalmente a:**
 - **Sponde fluviali di piena subordinate a scarsa manutenzione, prive di tagli netti e sovente erose.**
 - **Franco ridotto dei tratti di sponda naturali rispetto al fondo alveo, che risulta in numerosi punti ricolmo di materiali di trasporto solido (ghiaie eterometriche, sterpaglia, resti vegetali e grossolani ecc.) a quote s.l.m. sopraelevate o prossime alle sponde stesse.**
 - **Sezione di deflusso minore e/o con argini attuali danneggiati e/o con fitta vegetazione infestante per l'intero percorso del fiume Esino che determina nel caso di piene eccezionali uno sfioramento della quota idrica critica, progressivamente crescente ai vari tempi di ritorno programmati, crescente da valle a monte.**

In relazione a quanto esposto, per la riduzione degli impatti previsti nel presente studio, la ditta ENERGIA 2000 Srl, nel rispetto delle disposizioni di cui all'Art. 7 comma 6 lettera e), Art. 20 delle N.T.A. del P.A.I. e della L.R. 12.12.2012, n. 31, in quanto concessionario in area demaniale (n. 7 del 18.04.2008, per 15 anni consecutivi rinnovabili), ai sensi del comma 8), è disposta ad eseguire a titolo gratuito, anche per la salvaguardia e tutela della propria ed altrui attività e proprietà, una serie di opere ed interventi atti a mitigare il rischio idraulico (Cfr. anche all'Allegato 10: Carta della pericolosità idraulica in rapporto con P.A.I.: stato mitigato).

Siffatti interventi possono esser così ricapitolati:

- I. Verifica dello stato degli argini naturali, in destra e sinistra idrografica, del fiume Esino (argini che in taluni tratti risultano danneggiati e/o erosi e/o svuotati), per un tratto di 500 ml misurati in senso parallelo all'asta fluviale a partire dalla sezione P4 (che risulta funzionale allo stato naturale) sino ad una sezione virtuale posta 100 ml a monte del ponte ferroviario. L'ottimale funzionamento degli argini costituisce una barriera fisica considerevole per eventi di piena eccezionali.**
- II. Ricalibratura delle sponde e del fondo alveo del fiume Esino, per un tratto di 500 metri lineari misurati in continuo a partire dalla sezione topografica P4 sino a 100 ml a monte del ponte ferroviario. Tali attività, tramite macchine movimento terra e/o lavori manuali consentiranno l'incremento della sezio-**

ne di deflusso e, dunque, un significativo aumento delle capacità di smaltimento delle piene fluviali (Cfr. Prg. 6.3.3 per i dettagli).

- III. Ripristino delle sponde danneggiate e/o erose, finanche con materiali propri e/o provenienti dal dragaggio del fondo alveo in eccedenza, con relativa ricalibratura delle stesse. La sponda naturale, stando ai computi previsti di cui al Prg. 6.3.3 ed all'Allegato 7A e 8, dovrà essere innalzata in modo puntuale rispetto all'esistente per un'altezza variabile da pochi decimetri sino a circa 0,50 mt per l'area in sinistra idrografica, ed estesa per tutta la lunghezza del tratto considerato (circa 500 ml). Per la sponda in destra idrografica valgono invece le considerazioni di cui alla Nota (1) di pagina 26.
- IV. Dragaggio del corso d'acqua, con riposizionamento in modo funzionale nell'ambito dell'alveo stesso (ricalibratura di fondo e livellamento), specie nei punti di criticità rappresentati dai tratti fluviali con quota di fondo alveo prossima se non addirittura superiore a quella delle sponde naturali. Il dragaggio sarà limitato ad un dato massimale di $\cong 0,50$ mt.
- V. Rimozione programmata, da ripetersi periodicamente con cadenza indicativamente mensile o in ragione delle reali contingenze, dalla sezione d'alveo di piena del fiume Esino – *per il suddetto tratto di 500 ml* –, dei materiali di sovralluvionamento naturale e di risulta (alloctoni, grossolani e vegetali) che ripetutamente invadono tale spazio. Nel caso di piene, come computato, si verifica infatti il trascinarsi dei materiali e la quasi simultanea riduzione della sezione di deflusso del fiume Esino. Tale rimozione programmata consentirà di evitare il continuo instaurarsi di situazioni di pericolo.
- VI. Il materiale alluvionale di ricalibratura, dragaggio e rimozione eventualmente eccedente la messa in sicurezza del sito anticipata nel punto precedente, verrà in parte accantonato per eventuali ripascimenti necessari ed in parte utilizzato dalla ditta, finanche di concerto con le Amministrazioni Pubbliche competenti per territorio, recependo le specifiche di cui alla Legge Regionale 12 novembre 2012, n. 31 - *"Norme in materia di gestione dei corsi d'acqua"*, commi 2, 3 e 4 (...valorizzazione delle risorse conoscitive esistenti sul territorio, favorendo forme di collaborazione e di coordinamento tra Province, Università ed operatori professionali).
- VII. Il materiale alloctono ed alluvionale che durante le piene si depositerà all'imbocco o che penetrerà direttamente all'interno del canale di derivazione dell'impianto idroelettrico (lungo circa 200 ml), in quanto fortemente inficiante l'attività di produzione di "energia elettrica pulita" regolarmente autorizzata con Determina Dirigenziale n. 7 del 18.04.2008, Settore III - Dipartimento Governo del Territorio - della Provincia di Ancona, verrà asportato dalla ditta Energie 2000 Srl, ugualmente accantonato in siti di stoccaggio esterni data la mancanza di spazi utili nell'ambito dell'area concessa.

- **Si rappresenta, da ultimo, che le operazioni e le attività della ENERGIA 2000 Srl, non prevederanno alcun onere a carico della collettività.**
- **Per quanto esposto nelle Parti Prima, Seconda e Terza del presente elaborato, si ritiene NECESSARIO l'intervento di mitigazione del rischio idraulico nel tratto di progetto considerato (Art. 7 comma 6 lettera "e" ed Art. 20 delle N.T.A. del P.A.I., Legge Regionale 12 novembre 2012, n. 31). Esso, a costo zero, risulterà incisivo sia per la proprietà, strettamente interessata a salvaguardare la propria attività, sia per la collettività, con riduzione drastica delle potenziali aree sondabili in caso di eventi calamitosi, consentendo di ripristinare l'habitat fluviale ottimale.**

CHIARAVALLE, MAGGIO 2013

IL PROFESSIONISTA
GEOLOGO SPECIALISTA
DR. FABIO ROSSI
ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

IL PROFESSIONISTA
GEOLOGO SPECIALISTA
DR. STEFANO PIERUCCI
ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

ALLEGATI