



**Comune di Bettona**

**Provincia di Perugia**

committente:

**MASSAI GIORDANO srl**

Viale Europa n. 6-8-10 | 58100 Grosseto

tel. 0564 455081 | fax. 0564 457410

Referente:

Massai Alessandro

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO MINI-IDRO AD ACQUA  
FLUENTE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA  
IDROELETTRICA  
Passaggio di Bettona**

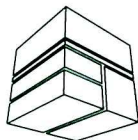
**PROGETTO IN CONCORRENZA**

**RELAZIONE IDRAULICA**

Tav.

**R.I.**

Studio di progettazione:



**esaprogetti s.r.l.**

architettura+ingegneria+comunicazione

Il Direttore Tecnico  
ing. Gianfranco Cianfrini



Perugia via Cortonese n.74/A 06127 | tel/fax 075.505.54.00 | www.gruppoesa.it e\_mail info@gruppoesa.it | Partita IVA 02762210546

	RIFERIMENTO ELABORATO													scale:
	codice commessa					tipo elaborato		n. elaborato			rev.		File name:	
	0	1	4	0	4	0	1	R	I	0	0	1	archivi-14 salvati- 14.04 Minidro Passaggio di Bettona -Relazione idraulica	
rev.	prep.					ver.			apr.					data
B.B.	B.B.					G.C.			G.C.					<b>Aprile 2015</b>
														<b>Maggio 2015</b>

Questo elaborato è di proprietà piena e esclusiva della società esaprogetti s.r.l. ed è fatto divieto a chiunque di riproduzione e di utilizzo per altri scopi e/o cantieri analoghi



*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

1.PREMESSA .....	2
2.1. IL RISCHIO IDRAULICO NELL'AREA DI INTERVENTO .....	4
3.DESCRIZIONE DELLE OPERE E TIPOLOGIA DELL'IMPIANTO IDROELETTRICO.....	4
3.1. OPERE DI PRESA .....	5
3.1.1. Realizzazione della briglia mediante installazione di paratoie mobili.....	5
3.1.3. Il canale di adduzione (sghiaiatore e dissabbiatore) .....	9
3.1.6. Struttura di risalita della fauna ittica.....	10
3.2. LA CENTRALE E L'OPERA DI RESTITUZIONE .....	10
4. IL NON INCREMENTO DEL RISCHIO IDRAULICO E LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'IMPIANTO .....	12
5.PRODUCIBILITÀ MEDIA DELL'IMPIANTO .....	13
5.1. LIMITI DELLE PORTATE DERIVABILI .....	13
5.2. DEFLUSSO MINIMO VITALE .....	13
5.3. CURVA DELLE DURATE.....	14
5.5. POTENZA MEDIA NOMINALE E PRODUCIBILITÀ MEDIA ANNUA .....	15
5.6. RIEPILOGO DATI TECNICI .....	15
6.FUNZIONAMENTO E CONDUZIONE DELL'IMPIANTO .....	16
7. DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI RIGURGITO.....	16
8. DETERMINAZIONE DEL VOLUME MINIMO DI INVASO.....	16
9. ASPETTI GEOLOGICI .....	17
10. ASPETTI DI CARATTERE AMBIENTALE .....	17

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona***1.PREMESSA**

La Massai Giordano srl, società costituita nel 1920 che opera nel settore dell'ingegneria, delle costruzioni e dei servizi, ha individuato nel territorio del Comune di Bettona un sito idoneo allo sfruttamento della risorsa idrica al fine della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile idroelettrica. Il progetto prevede di utilizzare l'energia cinetica delle acque del fiume Chiascio, per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili attraverso la realizzazione di un impianto mini-idroelettrico ad acqua fluente. Questa tipologia di impianto presenta un funzionamento strettamente legato alla presenza di una portata sufficiente del corso d'acqua permettendo di soddisfare il fabbisogno di energia elettrica del territorio regionale e conseguentemente andando a soddisfare le previsioni del P.E.R. della Regione Umbria. Va inoltre evidenziato come la realizzazione di impianti di modeste dimensioni permetta anche una ottimale mitigazione dell'impatto visivo dell'opera andando ad alterare in maniera minimale il paesaggio. Allo scopo di incrementare il salto idraulico disponibile ai fini della produzione di energia elettrica si andrà a realizzare una traversa idraulica con tre paratoie gonfiabili di tipo Rubber Dam in grado, qualora ve ne sia necessità, di sgonfiarsi in un tempo prestabilito e desiderando anche a settori, riportando l'alveo alla condizione ante-operam e conseguentemente non aggravando il rischio idraulico della zona di intervento. La nuova traversa avrà una altezza di 2,885 m. Le opere sono localizzate in prossimità della frazione Passaggio di Bettona del territorio comunale di Bettona, a valle della confluenza con il fiume Topino. L'opera di presa inoltre identificabili alle coordinate Gauss-Boaga **4 767 028 N – 2 316 303 E**.

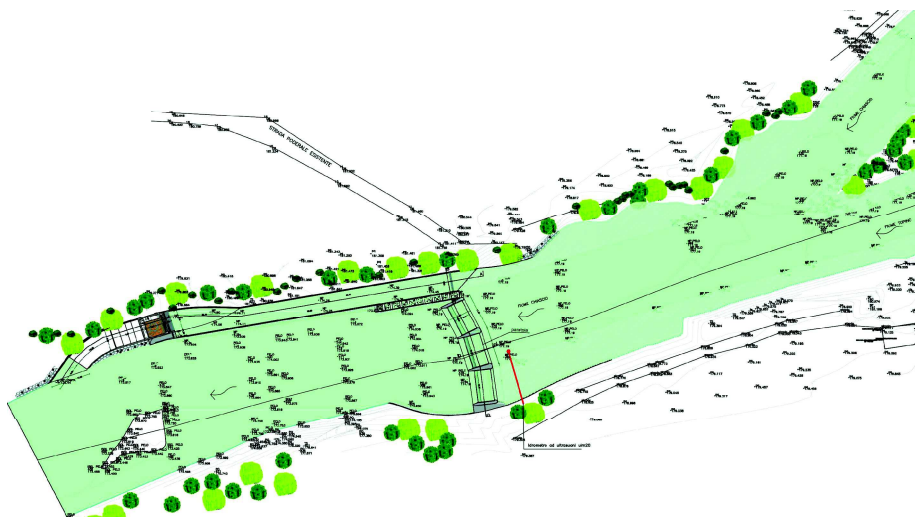


Figura 1: planimetria generale della Centrale idroelettrica sul fiume Chiascio a Passaggio di Bettona (PG)

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

Si prevede l'utilizzo di una portata massima derivabile pari a 22 mc/s, che sarà ripartita in un unico gruppo di potenza con turbina Kaplan ad asse verticale, biregolante, in grado di turbinare una portata massima di 22 mc/s. Viene inoltre garantito, ai fini della salvaguardia dell'habitat naturale fluviale, il rilascio del Deflusso Minimo Vitale (DMV) fissato dall'AdB del Fiume Tevere pari a 2,25 mc/s, in parte attraverso la prevista opera di rimonta della fauna ittica ed in parte attraverso la lama d'acqua che sormonta la traversa fluviale. La portata minima turbinata è limitata a 2,20 mc/s per ragioni legate al basso rendimento dei macchinari idraulici per basse portate, e la portata media di derivazione risulta pari a 10,47 mc/s.

La scelta del sito per la produzione idroelettrica è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri e nel rispetto delle seguenti condizioni:

- ottenere la massima caduta idraulica attraverso la realizzazione di una traversa mobile, derivando una frazione della portata fluente e restituendo le acque turbinate attraverso un canale interrato avente uno sviluppo complessivo di 23,50 m;
- non incrementare il rischio di esondazione a monte della derivazione nel fiume Chiascio e nel Fiume Topino;
- contrastare l'eventuale insorgenza di fenomeni di erosione localizzata riconducibili alla realizzazione delle opere in alveo;
- mantenere la naturale continuità del regime di trasporto solido;
- non recare pregiudizio ad altri impianti esistenti.

## **2.ANALISI IDRAULICA**

La presente modellazione idraulica preliminare intende verificare le condizioni di deflusso in alveo sia in regime di esercizio che in condizioni di piena, nelle configurazioni ante operam e post operam, nonché l'attuale situazione di rischio idraulico nell'area. Le simulazioni sono state eseguite utilizzando il software di calcolo HEC-RAS sviluppato dall'U.S. Corps of Engineers. I dati di base dello studio sono rappresentati dalle sezioni trasversali d'alveo del Piano di Assetto Idrogeologico, per quanto riguarda il Fiume Chiascio, e dalle sezioni trasversali d'alveo del Consorzio di Bonificazione Umbra per quanto riguarda il Fiume Topino, al fine di avere una serie di sezioni della medesima ampiezza e di caratteristiche congruenti. Le sezioni prese in considerazione riguardano sia il Fiume Chiascio che il Fiume Topino, essendo l'impianto collocato nel Fiume Chiascio in prossimità della confluenza con il Fiume Topino. Tali sezioni si estendono per una lunghezza totale di oltre 17000 m nell'intorno del punto di installazione, per un numero complessivo di sezioni pari a 77, nel fiume Chiascio, e per una lunghezza di oltre 3000 m nel fiume Topino, per un numero complessivo di sezioni pari a 56, comprensive di opere idrauliche in

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

entrambi i tronchi. In corrispondenza della zona di installazione dell'impianto le sezioni sono state integrate attraverso l'inserimento di sezioni rilevate .

## 2.1. IL RISCHIO IDRAULICO NELL'AREA DI INTERVENTO

Il Rischio Idraulico nell'area di intervento è definito dallo studio del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Tevere, Fasce idrauliche del reticolo secondario, approvato con D.P.C.M. del 10 Novembre 2006 e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.33 del 9 Febbraio 2007. Il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) ha come obiettivo l'assetto del bacino che tende a minimizzare i possibili danni connessi ai rischi idrogeologici, costituendo un quadro di conoscenze e di regole atte a dare sicurezza alle popolazioni, agli insediamenti, alle infrastrutture, alle attese di sviluppo economico ed in generale agli investimenti nei territori del bacino. Il PAI, come premessa alle scelte di pianificazione territoriale, individua i meccanismi di azione, l'intensità, la localizzazione dei fenomeni estremi e la loro interazione con il territorio, classificati in livelli di pericolosità e di rischio. Il PAI individua le seguenti portate di progetto in funzione del tempo di ritorno come indicato di seguito.

<i>TR (anni)</i>	<i>Q picco (mc/s)</i>
50	950
100	1100
200	1300
500	1500

## 3.DESCRIZIONE DELLE OPERE E TIPOLOGIA DELL'IMPIANTO IDROELETTRICO

L'impianto in esame è del tipo cosiddetto "ad acqua fluente", in cui la turbina produce con modi e tempi totalmente dipendenti dalla disponibilità d'acqua nel corpo idrico. Quando il corso d'acqua è in magra e la portata scende al di sotto di un certo livello predeterminato, pari alla portata minima di funzionamento della turbina installata sull'impianto, il sistema di automazione dell'impianto prevede la chiusura delle paratoie di macchina, arrestando conseguentemente la produzione di energia elettrica. Si è in tal modo in grado di turbinare solo la portata istantanea presente nel fiume (nei limiti imposti dal disciplinare di concessione, ivi compreso il rispetto del deflusso minimo vitale), senza possibilità di accumulo di volumi di compenso. La progettazione dell'intero impianto è stata effettuata sulla base di una quota di riferimento di 174,05 m s.l.m. ricavata attraverso modellazione idraulica con portata di riferimento di 10 mc/s allo stato attuale.

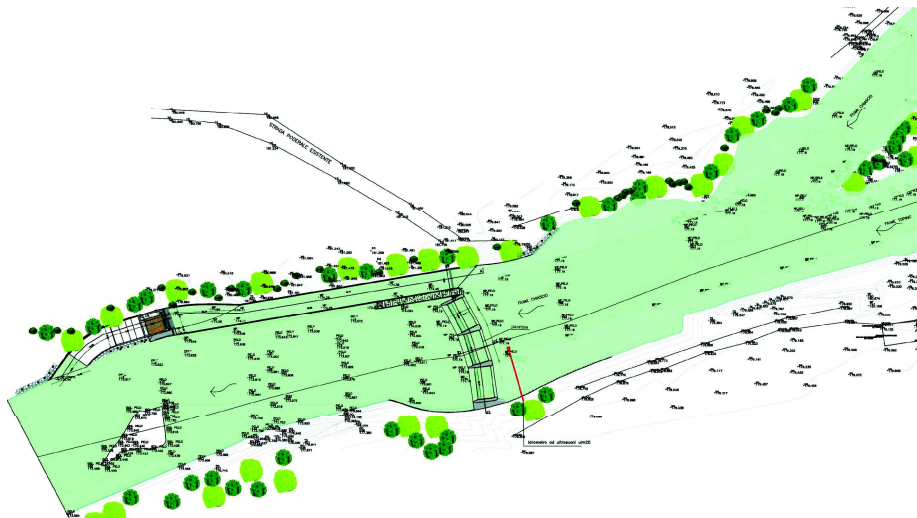
*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

Figura 2: planimetria generale

### 3.1. OPERE DI PRESA

L'opera di presa deve essere in grado di convogliare nel canale di carico la quantità d'acqua prevista, riducendo al minimo ogni impatto negativo sull'ambiente locale e con perdite di carico ridotte. Nel caso in esame la derivazione delle portate avverrà mediante un canale laterale in c.a., a soglia fissa sommersa posta immediatamente a monte della paratoia mobile a scomparsa, di altezza massima pari a 3,56 m. Le paratoie saranno asservite ai livelli di monte e provvederanno a regolare in automatico la portata in ingresso. La regolazione è prevista in continuo, ma in ogni caso, quando sul Fiume Chiascio la portata di piena supererà i 81 mc/s, è previsto l'abbassamento della paratoia mobile trasversale e la chiusura totale delle paratoie di regolazione, con arresto dell'impianto sia per motivi di sicurezza, sia perché i livelli di piena a valle della centrale, per portate superiori ai 81 mc/s, ridurrebbero il rendimento idraulico e la potenza prodotta.

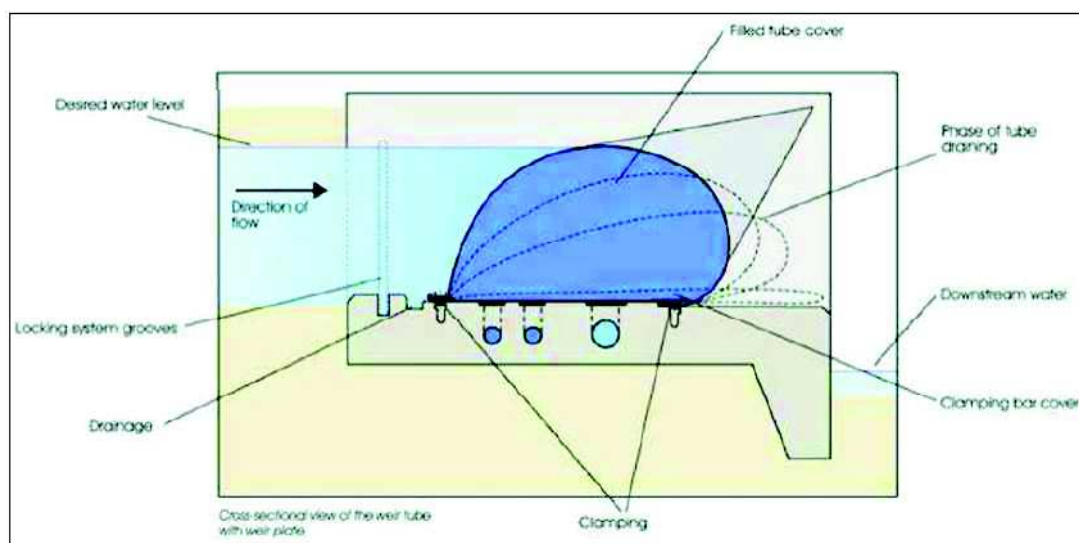
#### 3.1.1. Realizzazione della briglia mediante installazione di paratoie mobili

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova traversa fluviale a scopo idroelettrico costituita da tre settori ognuno dei quali composto da un tubolare gonfiabile tipo Rubber Dam che nella fase di esercizio garantisce un salto idraulico pari a 3,75 metri. Questa tipologia di sistema permette la realizzazione di sbarramenti a configurazione variabile che, grazie all'utilizzo di opportuni sensori, sono in grado di modificare il grado riempimento mantenendo costante il salto idraulico. Tale regolazione permette, in caso di eventi di piena, di sgonfiare completamente i tubolari riportando l'alveo allo stato ante-operam.

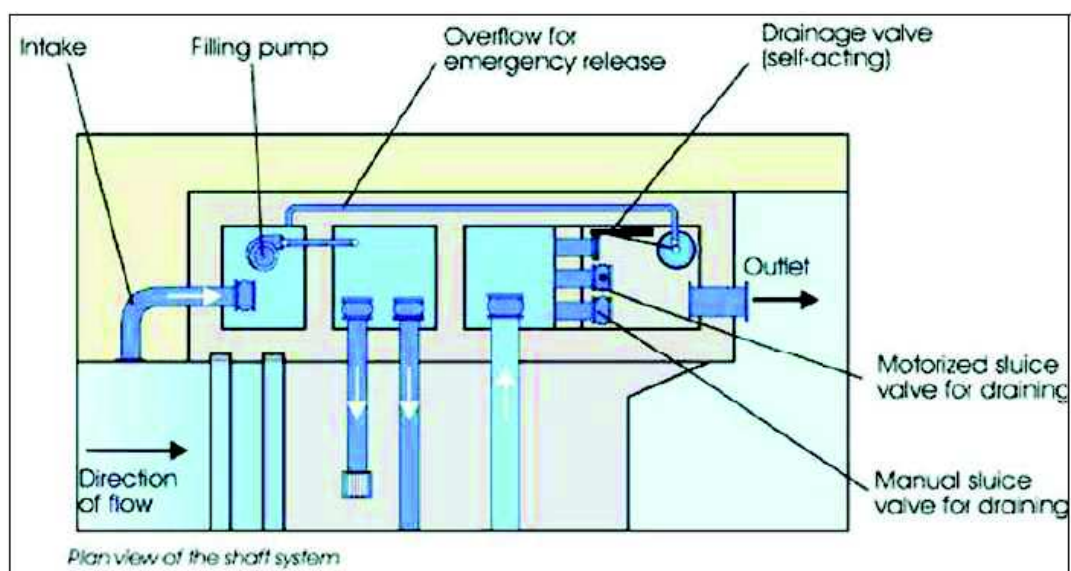


*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

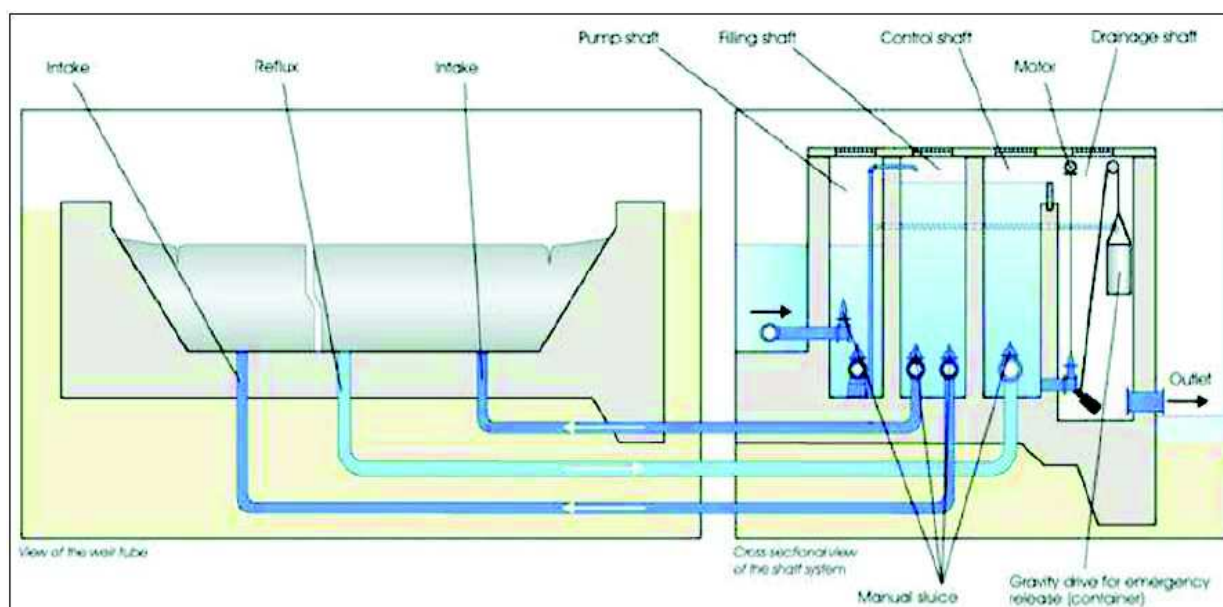
Il sistema, attraverso un pozzetto di carico e mediante tubazioni di collegamento al tubolare, mantiene costantemente la quota definita progettualmente. Al variare della quota del livello di monte, ad esempio in caso di incremento di portata, un sistema di vasi comunicanti agisce sul riempimento del tubolare, modificando il livello di riempimento in modo da mantenere costante il livello di monte. In caso di riduzione delle portate e conseguentemente del tirante idrico, il sistema di automazione provvederà ad attivare il gruppo di pompaggio al fine di ripristinare le condizioni di riempimento originali. La traversa realizzata con tecnologia Rubber Dam a nr.3 settori permette di realizzare sbarramenti in grado di ovviare il problema dell'interrimento derivante dal trasporto solido della corrente contemporaneamente ad un controllo ottimale del pelo libero di monte. La tipologia strutturale della traversa prevede la realizzazione di un basamento di fondazione in calcestruzzo armato con sottofondazione con pali da 600 mm in calcestruzzo armato di lunghezza pari a 10 mt posati a quinconce e di due muri d'ala per ogni settore. Questa struttura conterrà le tubazioni necessarie per il funzionamento del tubolare gonfiabile ed i sistemi di ancoraggio per la stessa. Il materiale con cui viene realizzato il tubolare e la produzione dello stesso sono certificate secondo lo standard DIN ISO 9001/ EN 29001 e presenterà elevate doti di elasticità e di resistenza all'abrasione ed alla corrosione garantendo una elevata durata temporale. Il principio di funzionamento del sistema Rubber Dam prevede il pompaggio dell'acqua dal pozzetto di carico a quello di riempimento che è connesso con il pozzetto di regolazione, permettendone il funzionamento con il principio dei vasi comunicanti.

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

Il pozzetto di riempimento è dotato di un sistema di regolazione del livello





*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

Il tubolare viene collegato con i pozzetti di riempimento e di controllo mediante due tubazioni di opportuno diametro, una che permette il passaggio del flusso d'acqua dal pozzetto di riempimento al tubolare ed l'altra che consente lo scarico dell'acqua nel pozzetto di controllo. Il pozzetto di pompaggio è in costante contatto con il corso d'acqua e risulta dotato di una sonda che ne controlla costantemente il livello. Nella fase di riempimento le pompe portano l'acqua dal pozzetto di pompaggio a quello di riempimento facendo finire l'acqua all'interno del tubolare e successivamente al pozzetto di controllo. Quando l'acqua raggiunge una quantità sufficiente a riempire il tubolare e a garantire una quota nei pozzetti di riempimento e di controllo pari a circa 1,3 – 1,5 volte quella del corso d'acqua, le pompe si disattivano e chiudono il circuito facendo sì che quest'ultimo rimanga in equilibrio mantenendo il livello di monte di progetto. Nel caso di incremento dei livelli superiori a 3 cm rispetto a quello di progetto, il sistema di automazione dell'impianto provvede all'apertura della valvola che collega il pozzetto di controllo a quello di scarico e la traversa inizia a sgonfiarsi fino a che non si ripristina il livello idrometrico voluto. Il sistema di regolazione della traversa è del tipo continuo ed in grado di intervenire ad ogni variazione del tirante idrico fluviale. La traversa è dotata inoltre di sistemi di sicurezza in grado di agire in totale mancanza di energia elettrica ed è formato da un tubicino orizzontale che collega il pozzetto di pompaggio con il pozzetto di scarico andando a finire in un secchiello. L'intero sistema è posizionato ad una quota di 10 – 15 cm superiore rispetto al livello idrometrico di progetto, permettendo, qualora l'acqua raggiunga l'imbocco del tubicino, di riversare il contenuto all'interno del secchiello, che essendo collegato ad una catena collegata ad una valvola a battente, provvede ad aprire quest'ultima: ciò fa sì che si realizzi lo scarico. Un ulteriore sistema di sicurezza è

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

caratterizzato da un dispositivo che offre la possibilità di tracimazione dal pozzetto di controllo a quello di scarico in caso di aumento del livello idrico di monte. La regolazione della traversa avviene in continuo e per movimento naturale dell'acqua all'interno del sistema. Va valutato, in ultimo, l'aspetto legato alla mitigazione visiva dell'opera. Ciò verrà realizzato mediante l'opera stessa che realizzerà una lama d'acqua, provvedendo sia nascondere alla vista il tubolare che a garantire il rilascio di una porzione del Deflusso Minimo Vitale (D.M.V) pari a 2,05 mc/s.

### 3.1.3. Il canale di adduzione (sghiaiatore e dissabbiatore).

Una delle principali funzioni delle prese è quella di minimizzare l'ingresso del materiale trasportato dall'acqua in arrivo; a tal fine è prevista la realizzazione di un canale di adduzione in modo tale che il materiale si depositi evitandone l'ingresso nell'impianto. Il canale in oggetto, si svilupperà in destra idrografica per una lunghezza di 89,55 m e presenta larghezza alla presa pari a 6,00 m ed inclinazione di circa l'1%. Lo sviluppo del canale è tale che, la portata muovendosi dalla presa di adduzione alla centrale venga depurata non solo del materiale più grossolano ma anche di quello più fine, che posto in sospensione, si depositerà per gravità. In corrispondenza dell'ingresso alla turbina ci sarà un'ulteriore incremento della pendenza in direzione trasversale alla corrente in modo da convogliare il materiale depositato verso la sinistra idrografica del corpo della briglia dove l'uscita dei detriti del canale è posta alla quota 173,92 m s.l.m.. Sarà inoltre realizzata a monte della camera di carico e della griglia una trave paratronchi in c.a. di sezione 100 x 40 cm. La garanzia del funzionamento dei dispositivi di movimentazione delle paratoie sarà assicurata dalla presenza di sistemi ausiliari di alimentazione di idonea potenza allocato all'interno dell'edificio tecnico in posizione tale da non essere sommerso in caso di piena duecentennale. In questo modo, in caso di assenza della rete ENEL, verrà comunque garantito un apporto di energia elettrica tale da alimentare sia le pompe che mettono in pressione i vari circuiti oleodinamici sia tutti gli altri servizi ausiliari.

### 3.1.5. Il controllo della portata derivata mediante le paratoie di regolazione

I canali di adduzione alla turbina è presidiato da una paratoia piana avente larghezza di 5,5 m e altezza di 2.50 m, alloggiata all'interno dell'edificio della centrale, nel quale trovano posto anche i dispositivi di sollevamento automatico con i relativi gruppi di potenza e quadri di controllo. Le paratoie saranno asservite ai livelli di monte e provvederanno a regolare in automatico la portata in ingresso. La regolazione è prevista in continuo, ma in ogni caso, quando sul Fiume Chiascio la portata di piena supererà i 81 mc/s, è previsto l'abbassamento della paratoia mobile trasversale e la chiusura totale delle paratoie di regolazione, con arresto dell'impianto sia per motivi di sicurezza, e sia perché i livelli di piena a valle della centrale, per portate superiori ai 81 mc/s, ridurrebbero il

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

rendimento idraulico e la potenza prodotta. Di norma, quando la portata nel Fiume Chiascio supererà i 24,25 mc/s (portata massima derivabile + DMV), il grado di apertura delle paratoie sarà regolato in modo tale che la portata in ingresso non ecceda la massima derivabile (ovvero 22 mc/s) e che la restante parte tracimi dalla briglia defluendo a valle del canale laterale di presa e attraverso la scala di rimonta della fauna ittica. Vale qui la pena di osservare che la configurazione progettuale garantisce, seppur nei 118,20 m circa di distanza tra la briglia e l'opera di restituzione, il rispetto del rilascio del Deflusso Minimo Vitale (DMV) previsto dall' A.d.B. Tevere, che in questa sezione del Fiume Chiascio risulta pari a 2,25 mc/s, in parte attraverso la prevista opera di rimonta della fauna ittica ed in parte attraverso la lama d'acqua che sormonta la traversa fluviale. Infatti la quota di imbocco di monte della scala di risalita, fissa e priva di organi mobili, è posta alla quota di sfioro dell'opera di derivazione (177,04 m s.l.m..) ed è stata scelta in modo da garantire il passaggio di una portata minima pari a 0,20 mc/s con pelo libero di monte a quota 177,19 m s.l.m. (quota di coronamento della traversa con paratoia mobile sollevata) mentre la paratoia idraulica sarà impostata in modo da garantire una lama d'acqua minima pari a 2,05 mc/s. Quando la portata in arrivo dal Chiascio sarà inferiore a 22 mc/s + DMV, la paratoia di macchina sarà completamente aperta e la portata di rilascio (DMV) transiterà in parte attraverso la prevista opera di rimonta della fauna ittica ed in parte attraverso la lama d'acqua che sormonta la traversa fluviale. Infine, però, quando la portata comunque derivabile risulterà minore di 2,20 mc/s, la turbina non sarà in grado di funzionare e pertanto l'impianto verrà arrestato con la chiusura della paratoia di macchina e l'acqua sarà interamente lasciata transitare nel fiume.

### 3.1.6. Struttura di risalita della fauna ittica

La struttura di risalita della fauna ittica (Figura 2-1) è stata progettata in base a quanto disposto dalle linee guida emanate dall'Area Ambiente e Territorio della Provincia di Perugia ed è di tipo "Fish Ramps". La scala prevista sarà realizzata con una gettata di massi ad aggiunta di "boulders" in modo da diversificare il fondo ed andare a ridurre le velocità di deflusso. La struttura di risalita avrà una larghezza di 2,00 m e supererà un dislivello di 3,22 m con una pendenza massima del 12%. La scaletta progettata garantirà, a paratoia mobile alzata, una portata minima di 0,20 mc/s, pari a parte del D.M.V.

## 3.2. LA CENTRALE E L'OPERA DI RESTITUZIONE

L'edificio della centrale presenta dimensioni in pianta di circa 7,00 m x 7,50 m. Per un migliore inserimento paesaggistico del manufatto, si prevede l'impiego, nei getti di calcestruzzo, di pigmenti

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

colorati e matrici elastiche inserite nelle casseforme in grado di conferire al calcestruzzo a vista la colorazione e i disegni/rilievi desiderati, da scegliere tra un'ampia gamma di possibili combinazioni (vedi figura). Il calcestruzzo colorato è un calcestruzzo a vista al quale sono stati aggiunti pigmenti colorati in un'ulteriore fase di preparazione. Sono possibili pressoché tutte le tonalità di colore. Il calcestruzzo pigmentato è resistente all'acqua, facile da curare e non necessita di successiva imbiancatura. Eventuali imbrattamenti possono essere rimossi facilmente. Il calcestruzzo colorato può essere fornito in tutte le classi di esposizione e di resistenza. Le matrici elastiche sono teli decorativi da porre all'interno delle casseforme di legno o in ferro prima di effettuare i getti al fine di imprimere disegni e rilievi sulla faccia a vista del calcestruzzo: disponibili in circa 170 varianti di disegno. In alternativa, qualora fosse ritenuto preferibile in sede di istruttoria, può essere previsto l'alternativo impiego di rivestimenti in materiale diverso. All'ingresso del canale di alimentazione della turbina è prevista l'installazione di una griglia per evitare che corpi galleggianti e pietre possano entrare nell'impianto, evenienza remota ma non da escludere in occasione di eventi di piena eccezionali. La griglia è realizzata con barre d'acciaio inossidabile di spessore 5 mm e spaziatura caratterizzata da una luce netta di 15 mm. Nell'impianto di progetto, non presidiato in continuo e telecontrollato, è prevista l'installazione di uno sgrigliatore automatico. In fase di progettazione esecutiva sarà progettato in modo da intervenire o ad intervalli di tempo prestabiliti o in base a differenze di livello preimpostate. In questo secondo caso un sensore misurerà la perdita di carico attraverso la griglia; quando un accumulo di materiale contro la griglia sarà tale da provocare un determinato aumento della differenza di livello a cavallo della griglia, interverrà lo sgrigliatore automatico per rimuovere le cause di intasamento. Lo sgrigliatore è azionato da cilindri oleodinamici. Il cilindro secondario avvicina o allontana il pettine montato su un braccio incernierato ad un'estremità. Il pettine viene dapprima allontanato dalla griglia e calato in acqua fino a fine corsa; poi una volta avvicinato alla griglia viene risollevato correndo lungo di essa. Il pettine è costituito da una serie di denti, montati su un supporto in poliammide, che scorrono negli spazi tra le barre rimuovendo e sollevando verso una canaletta di raccolta il materiale flottante trattenuto dalla griglia. La canaletta di raccolta conferisce infine il materiale raccolto nel canale di scarico dello sghiaiatore. All'inizio del canale, a valle della griglia fine, sarà installata la paratoia di macchina, normalmente aperta ma che si chiuderà gradualmente in caso di fermo della centrale. L'edificio della centrale, che oltre al macchinario idraulico ed elettrico, ospiterà le apparecchiature e i quadri di comando e controllo, sarà realizzato in setti di cemento armato a struttura monolitica e non presenterà aperture poste al di sotto della quota di massima piena duecentennale e dotati di giunti water-stop nei giunti strutturali. Sulla copertura della centrale, realizzata a quota di sicurezza idraulica sarà realizzati un lucernario per l'illuminazione della sala macchine dotato di infissi mobili

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

per consentire il varo del macchinario in fase di costruzione o di straordinaria manutenzione. Il canale di restituzione al fiume Chiascio delle portate turbinate avrà inizio subito a valle del diffusore di scarico in c.a. della turbina. Anch'esso sarà costituito da pareti e fondo in c.a. e al suo inizio sarà munito di un sistema di panconature per consentire le operazioni di manutenzione del canale diffusore all'asciutto. Il canale affiancato avrà uno sviluppo complessivo 23,50 m, ed andrà a raccordarsi al fondo alveo esistente.

#### **4. IL NON INCREMENTO DEL RISCHIO IDRAULICO E LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'IMPIANTO**

Come evidenziato in premessa, la realizzazione del futuro impianto idroelettrico non dovrà aggravare l'attuale situazione di rischio idraulico nell'ambito fluviale circostante in occasione di eventi di piena con tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni. Le portate di picco di progetto corrispondenti, desunte dal PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, sono riassunte nella tabella seguente:

<i>TR (anni)</i>	<i>Q picco (mc/s)</i>
50	950
100	1100
200	1300
500	1500

Ciò detto, si è osservato dal modello idraulico del Fiume Chiascio, predisposto sulla base dei dati geometrici, di scabrezza e di portata di PAI, che le opere in progetto, per TR = 50, 200 e 500 anni (scenari in cui, stante  $Q > 81$  mc/s, la nuova paratoia mobile sarà abbassata), non costituiscono impedimento alcuno al deflusso delle correnti di piena che possono fluire in alveo senza alterazioni all'efficienza idraulica delle sezioni del fiume Chiascio. Oltre agli eventi di piena eccezionale, sono stati confrontati gli stati attuale e di progetto anche per i seguenti scenari:

- condizioni di esercizio alla portata media derivata, alla massima portata derivabile ed alla massima portata del corso d'acqua oltre la quale l'impianto deve essere fermato (81 mc/s);
- evento di piena duecentennale in condizioni di avaria dei dispositivi di ritenuta mobile (paratoia mobile alzata).

I risultati numerici di dettaglio delle simulazioni Hec-Ras sono riportati nell'appendice 1. Per quanto concerne la sicurezza idraulica dell'impianto, si osserva che lo stesso sarà completamente automatizzato e non presidiato, pertanto non si configurano apprezzabili rischi per il personale



*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

addetto alla manutenzione e al controllo saltuario, che, se casualmente presente durante la fase di crescita di una piena, può giustificatamente e agevolmente abbandonare la centrale. Per quanto attiene all'opera di presa si può fare riferimento alla sezione rilevata 27.5, dove la piena cinquantennale è prevista a quota di 181,26 m s.l.m., mentre quella duecentennale a 181,46 m s.l.m.. L'edificio che ospita la turbina ed i relativi dispositivi elettromeccanici di controllo e manovra è concepito in modo tale da non subire danni al passaggio della piena duecentennale. Sarà realizzata in copertura, una botola di accesso all'edificio per la manutenzione dei quadri di comando ed elettrici, posti sopra la duecentennale, e un lucernaio per la manutenzione del macchinario. Le opere di derivazione verranno sommerse con probabile accumulo di sedimenti, ma in tal senso sarà sufficiente prevedere un intervento di manutenzione straordinaria di spurgo dei canali dopo il passaggio di ogni piena. La griglia e la trave paratronchi hanno invece caratteristiche strutturali di elevata resistenza e non dovrebbero subire danni apprezzabili anche in caso di piena eccezionale. L'interno dell'edificio della centrale sarà invece protetto dalla chiusura preventiva delle paratoie di regolazione non appena la piena raggiungerà il valore di 81 mc/s. In fase di progettazione esecutiva si provvederà infine a stimare con maggior dettaglio gli effetti delle opere di derivazione sul regime del trasporto solido al fondo e sulla stabilità del materiale d'alveo a valle della briglia, specie in condizioni di piena eccezionale.

**5.PRODUCIBILITÀ MEDIA DELL'IMPIANTO****5.1. LIMITI DELLE PORTATE DERIVABILI**

Come già precedentemente descritto, il dimensionamento effettuato per il macchinario idraulico, permette di turbinare una portata di massima derivazione pari a 22 mc/s. Si precisa inoltre che per portate nel fiume Chiascio superiori a 81 mc/s, è previsto l'arresto del macchinario e la chiusura progressiva e totale delle paratoie di regolazione (oltre all'abbattimento della paratoia mobile trasversale). Tale situazione permarrà fino a quando la portata in transito non torni a valori inferiori a 81 mc/s. In maniera analoga, si procederà con l'arresto anche della turbina quando la portata residua in derivazione, al netto del rilascio costante dei 2,25 mc/s destinati al DMV, scenderà al di sotto di 2,2 mc/s, a causa dei bassi rendimenti ottenibili per tali valori di portata.

**5.2. DEFLUSSO MINIMO VITALE**

In seguito all'adozione della Delibera n°97 del 18 dicembre 2001 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Tevere, è stato definito il metodo di valutazione del DMV. Nel prospetto che segue si forniscono la formula per ottenere tale portata ed i parametri necessari al calcolo relativamente al bacino del Fiume Tevere a Montemolino. L'indice del deflusso di base (BFI base flow index) utilizzato è stato desunto dalla pubblicazione "Quaderno idrologico del fiume

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

Tevere”, Rivista quadrimestrale dell’Autorità di Bacino del Tevere, Anno I, n° 2, 1996. Il DMV ricavato secondo tale procedura risulta pari a 2,25 mc/s. Circa le modalità per garantire il rilascio di tale deflusso a valle della briglia che alimenta l’opera di presa, nel breve tratto compreso tra la stessa e l’opera di restituzione, si è già detto nei paragrafi precedenti.

<b>Deflusso Minimo Vitale (DMV) secondo AdB Tevere</b> (Delibera n°97 del 18 dicembre 2001) $q_{mv} = 0.0964 + 10.8 \cdot BFI^{4.59}$ l/s/km <sup>2</sup> ,      se $BFI \leq 0.685$ $q_{mv} = 2$ l/s/km <sup>2</sup> ,      se $BFI > 0.685$				
Sottobacino	S	BFI	$q_{mv}$	$DMV = q_{mv} \times S$
Denominazione	[ Km <sup>2</sup> ]	[ - ]	[ l s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]	[ M <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Chiascio alla confluenza con il Tevere	1956	0,602	1.147 809	2,25

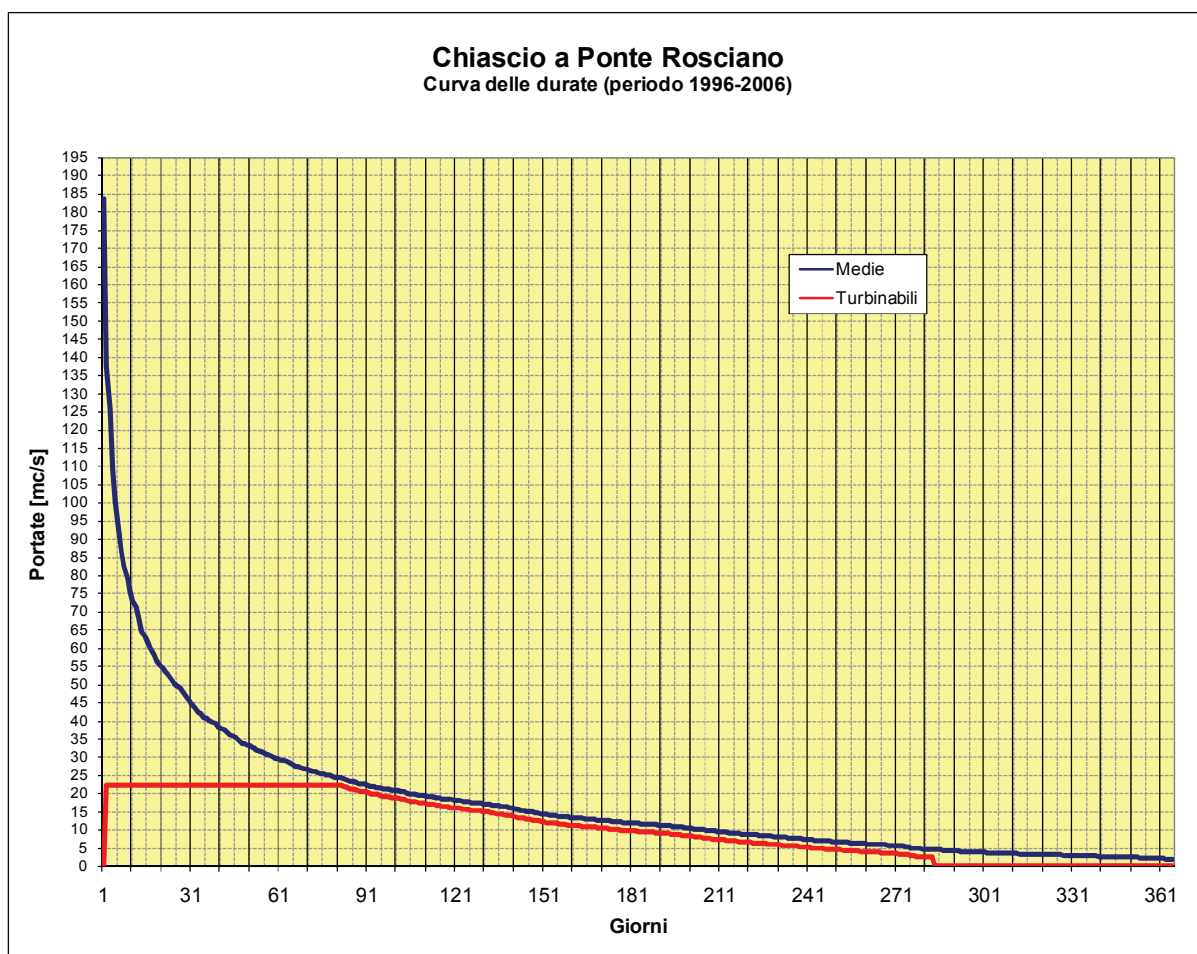
A vantaggio della sicurezza si è convenuto di adottare la superficie del bacino del fiume Chiascio sotteso alla confluenza con il Tevere, sebbene quella alla confluenza con il Topino sia leggermente meno estesa. L’indice del deflusso di base (*BFI base flow index*) utilizzato è stato desunto dalla pubblicazione “Quaderno idrologico del fiume Tevere”, *Rivista quadrimestrale dell’Autorità di Bacino del Tevere*, Anno I, n° 2, 1996. Il DMV ricavato secondo tale procedura risulta pari a 2,25 mc/s.

### 5.3. CURVA DELLE DURATE

Per la costruzione della curva delle durate del Chiascio a Ponte Rosciano si sono direttamente utilizzati i dati forniti dall’ufficio idrografico regionale per la serie storica dei deflussi giornalieri a Ponte Rosciano dal 1996 al 2006, piuttosto che la curva delle durate delle portate naturali pubblicata nel citato quaderno idrologico, in quanto, per un verso si è voluto considerare l’effetto di modulazione delle portate indotto dalla parziale regolazione indotta dalla diga di Valfabbrica, per l’altro per poter in parte considerare il trend negativo delle portate medie indotto dal cambiamento del clima negli anni di osservazioni più recenti. Nelle ipotesi sopraccennate di derivabilità ( $Q_{max} = 22$  mc/s,  $Q_{min} = 2,2$  mc/s,  $DMV = 2,25$  mc/s), si è ottenuta nel periodo considerato una portata media annua derivabile pari a  $Q_{med} = 10,47$  mc/s. Il grafico che precede rappresenta con la curva in blu l’andamento della curva delle durate desunto dal campione della serie storica citata, nella quale le lacune relative ai mesi luglio-dicembre 2005 sono state colmate con la media dei giorni omologhi degli altri anni disponibili, mentre con la curva in rosso rappresenta l’andamento delle

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

portate turbinabili nel rispetto dei vincoli di concessione e delle caratteristiche del macchinario idraulico.



### 5.5. POTENZA MEDIA NOMINALE E PRODUCIBILITÀ MEDIA ANNUA

La potenza media nominale  $P_m$  dell'impianto, sulla scorta di quanto desumibile dai paragrafi precedenti, risulta pertanto pari a:  $P_m \approx 385,16$  KW. Ipotizzando un rendimento complessivo medio dell'impianto  $\eta$  pari a 0.83, la portata media annua derivabile pari a 10,47 mc/s ed il salto utile medio pari a 3,75 m, si ottiene una producibilità media annua pari a:  $E \approx 2\,800\,458.00$  KWh.

### 5.6. RIEPILOGO DATI TECNICI

- |                              |            |
|------------------------------|------------|
| • Portata massima derivabile | 22,00 mc/s |
| • Portata media turbinabile  | 10,47 mc/s |
| • Salto disponibile massimo  | 3,75 m     |
| • Potenza media nominale     | 385,16 KW  |

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

- Potenza massima erogata 671,73 KW
- Energia media prodotta annualmente 2 800 458.00 KWh

**6.FUNZIONAMENTO E CONDUZIONE DELL'IMPIANTO**

La centrale in progetto è prevista per il funzionamento in automatico, ossia senza presidio. L'impianto sarà quindi in grado sia di avviarsi che di fermarsi autonomamente. In caso di arresto, se questo dipenderà da cause di natura esterna come disturbi sulla rete ENEL o mancanza di tensione, difetto o eccesso della portata del fiume, la centrale sarà in grado di riavviarsi automaticamente al cessare delle condizioni che hanno determinato l'arresto dell'impianto. Diversamente, se il fermo sarà causato da un guasto interno, ciò provocherà un blocco che impedirà alla centrale di riavviarsi finché non sarà intervenuto l'addetto preposto alla conduzione. Questi avrà anche il compito di effettuare giornalmente una verifica dello stato della centrale. L'addetto sia nella propria residenza, che nella centrale, che nel suo posto di lavoro abituale, sarà munito anche di un p.c. collegato costantemente alla centrale, col quale potrà monitorare ogni eventuale anomalia e/o tutti i dati relativi al funzionamento dell'impianto. La manutenzione ordinaria e quella straordinaria saranno invece affidate ad una ditta che provvederà periodicamente alle operazioni che verranno prescritte nei vari libretti di uso e manutenzione degli impianti.

**7. DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI RIGURGITO**

Il profilo di rigurgito, in condizioni di portata media di funzionamento (10.47mc/s), si estende sul Fiume Chiascio fino alla sezione PAI CH0041 posta 2967 m a monte dell'opera in progetto e sul Fiume Topino fino alla sezione FMTPN1603.2 posta a circa 1630 m dall'opera. In condizioni di portata massima di funzionamento (81 mc/s), il profilo di rigurgito si estende sul Fiume Chiascio fino alla sezione PAI CH0040 posta 2567 m a monte dell'opera in progetto e sul Fiume Topino fino alla sezione FMTPN1000.3 posta a circa 1030 m dall'opera.

**8. DETERMINAZIONE DEL VOLUME MINIMO DI INVASO**

Il volume minimo di invaso per una traversa fluviale viene definito come "volume compreso tra il profilo di rigurgito più elevato indotto dalla traversa e il profilo di magra del corso d'acqua sbarrato". Si considera in questo caso il profilo di rigurgito indotto dalla portata media di funzionamento (10,47 mc/s) e quello indotto dalla minima portata derivabile (2,20 mc/s). Con il metodo delle sezioni ragguagliate si ottiene un volume pari a circa 158114 mc.

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona***9. ASPETTI GEOLOGICI**

Per quanto attiene gli aspetti geologici e geomorfologici inerenti alla realizzazione dell'impianto in oggetto, esperienze pregresse condotte nell'area non segnalano indizi di mancata fattibilità dell'opera per cause geologiche. I terreni attraversati dall'opera di adduzione sono costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose con sottostanti ghiaie ad elementi poligenici in matrice sabbiosa-argillosa, limi sabbioso-argillosi ed argille limose, che tuttavia saranno interessate dagli scavi solo per la realizzazione della centrale e del canale di scarico. Il tratto di sponda interessato dai lavori non presenta apprezzabili fenomeni d'instabilità. Naturalmente, in caso di approvazione del presente progetto preliminare, nelle successive fasi di progettazione definitiva ed esecutiva è previsto un approfondimento di tutti gli aspetti geologici e geotecnici a supporto dei quali, come previsto dalle NTC 2008, sarà svolta una apposita indagine geognostica con prove in situ ed in laboratorio, sulla scorta della quale si provvederà poi al definitivo dimensionamento di tutte le opere.

**10. ASPETTI DI CARATTERE AMBIENTALE**

La produzione media annua prevista dall'impianto di produzione da fonte rinnovabile pari a **1 538 633.73 KWh**, produrrà un beneficio ambientale netto in termini di **emissioni evitate di CO<sub>2</sub>** in atmosfera pari a **5.632,09 tonnellate/anno**.

Perugia, 23/06/2015

il D.T. Esaprogetti S.r.l.  
Ing. Gianfranco Cianfrini





---

*Impianto idroelettrico sul Fiume Chiascio a Passaggio di Bettona*

ALLEGATI:

- Appendice 1 - Output grafici e numerici delle simulazioni effettuate con il package Hec-Ras 4.1.0

- Stato attuale: Portata minima
- Confronto tra stato attuale e stato di progetto in condizioni di:
  - paratoia mobile alzata ("Up") e  $Q = Q_{media\_derivabile} + DMV$ ;
  - paratoia mobile alzata ("Up") e  $Q = Q_{max\_derivabile} + DMV$ ;
  - paratoia mobile alzata ("Up") e  $Q = Q_{max\_funzionamento\_impianto}$ ;
  - paratoia mobile abbassata ("Down") e QTR50, QTR200, QTR500 (con portate ricavate da PAI e studi ABT);
  - paratoia mobile abbassata ("Down") e QTR50, QTR200, QTR500 (con portate proporzionate in base alle portate PAI);
  - paratoia mobile alzata ("Up") e QTR50 (malfunzionamento paratoia mobile);
  - paratoia mobile alzata ("Up") e QTR200 (malfunzionamento paratoia mobile);
  - paratoia mobile abbassata ("Down") e Q di incipiente esondazione.