

COMUNE DI SORANO (GR)

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI MINI IMPIANTO IDROELETTRICO DENOMINATO "MOLINO UBALDI"



RELAZIONE IDROLOGICA

Gennaio 2017

COMMITTENTE: ICORTILI S.R.L.

I CORTILI S.r.l.
Castel del Piano (GR), via del Fattorone, 1
e-mail info@icortili.it

Ing. Lorenzo Nuccioti



SOMMARIO

PREMESSA	3
1 CARATTERISTICHE DI PROGETTO	4
2 RISORSE IDRICHE SFRUTTABILI	10
2.1 PREMESSA	10
2.2 MISURA DELLE PORTATE	11
2.2.1 ELABORAZIONI MISURE DI PORTATA	13
2.3 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE NATURALI ALLA PRESA	15
2.4 DEFLUSSO MINIMO VITALE	17
2.5 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI IMPIANTO	18
3 SALTO	20

PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell’ambito della pratica di Autorizzazione Unica per un impianto micro idroelettrico da realizzarsi sul Fiume Lente nel Comune di Sorano (provincia di Grosseto) in località Cocceria.

Lo scopo dello studio è di determinare in via preliminare le risorse idriche disponibili in corrispondenza dell’opera di presa in progetto al fine di determinare la curva di durata delle portate per ottenere la producibilità dell’impianto e definire il dimensionamento idraulico dell’impianto.

1 CARATTERISTICHE DI PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto micro-idroelettrico ad acqua fluente, consistente nelle opere di derivazione dal corso d’acqua Fiume Lente, sfruttando il salto naturale di circa 6 m di una briglia esistente, senza sottensione di alveo.

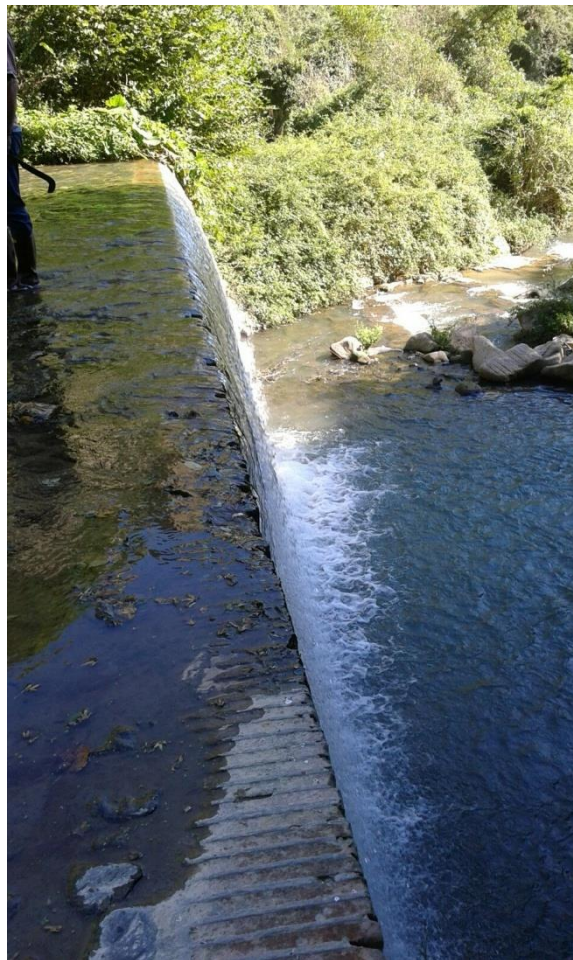


Figura 1 – Briglia esistente che si prevede di utilizzare per l’opera di presa dell’impianto idroelettrico

L’opera di presa sarà costituita da una tradizionale presa laterale e la struttura sarà posta sull’argine sinistro del suddetto fiume, immediatamente a monte di una briglia, realizzata in muratura, che crea un salto di circa 6 m.

A valle della suddetta briglia, a causa dell’erosione dovuta dal deflusso naturale delle acque, si è creato un ristagno che presenta mediamente una profondità media di circa 60 cm.

Le opere costituenti l’impianto idroelettrico che dovranno essere realizzate sono **l’opera di presa, il canale di adduzione e l’edificio di centrale** con annessa opera di restituzione delle acque turbinate.

Di seguito si riporta la descrizione delle opere e le loro dimensioni.

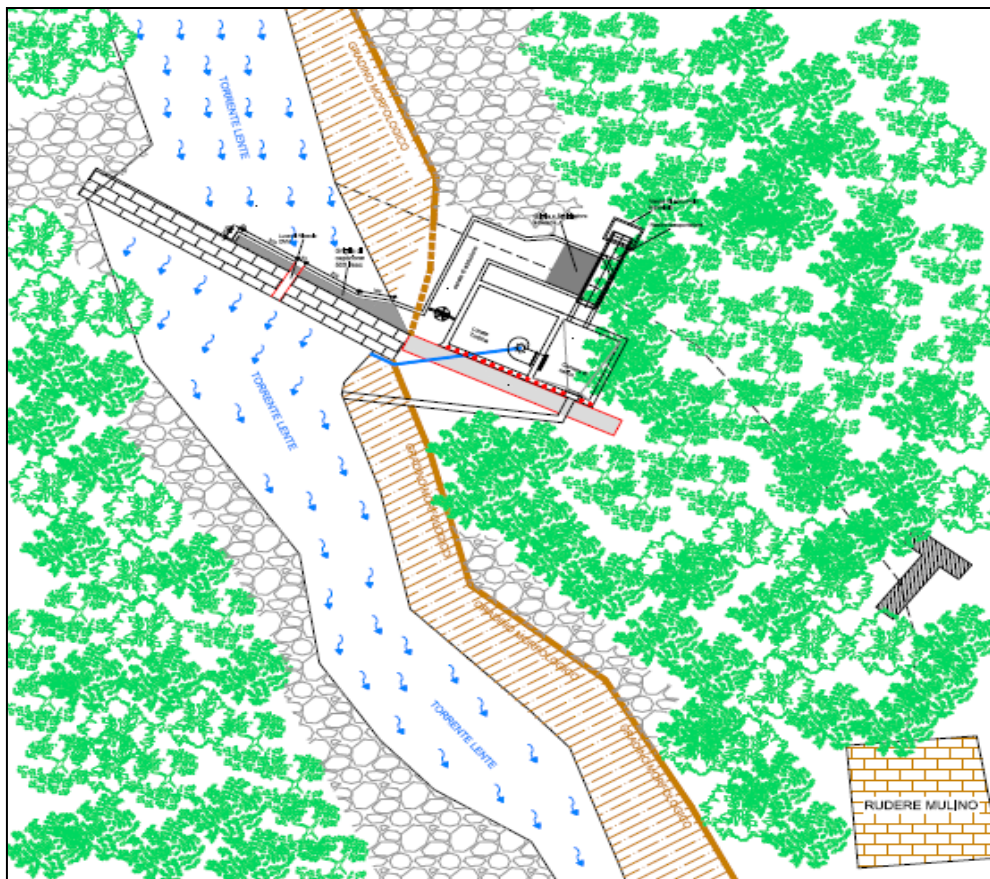


Figura 2 – Planimetria stato di progetto

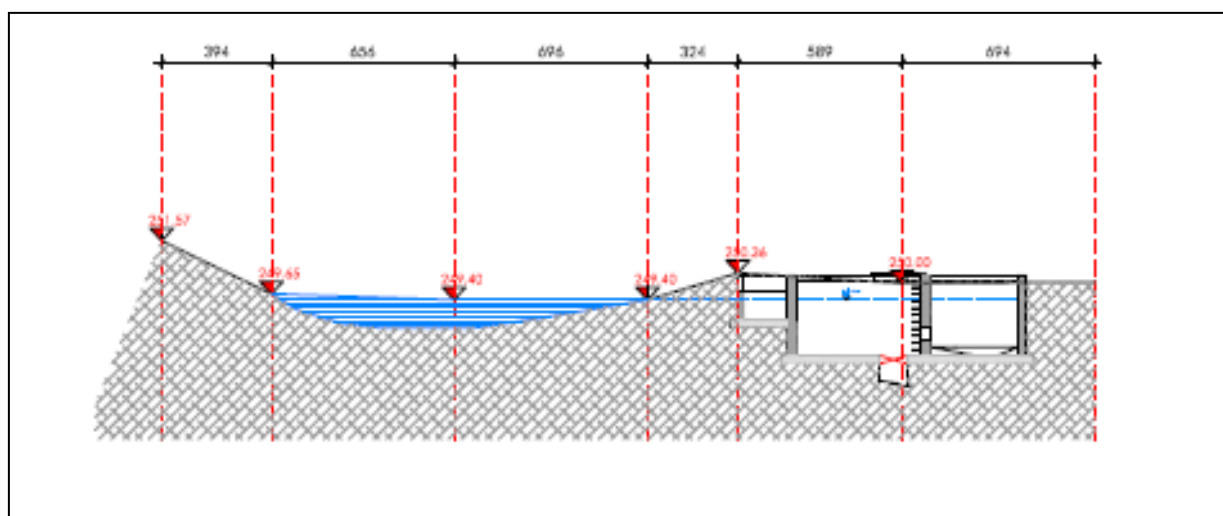


Figura 3 – Sezione del locale centrale con vista a valle della briglia con il vano di alloggiamento della turbina e lo scarico di restituzione delle acque turbinate

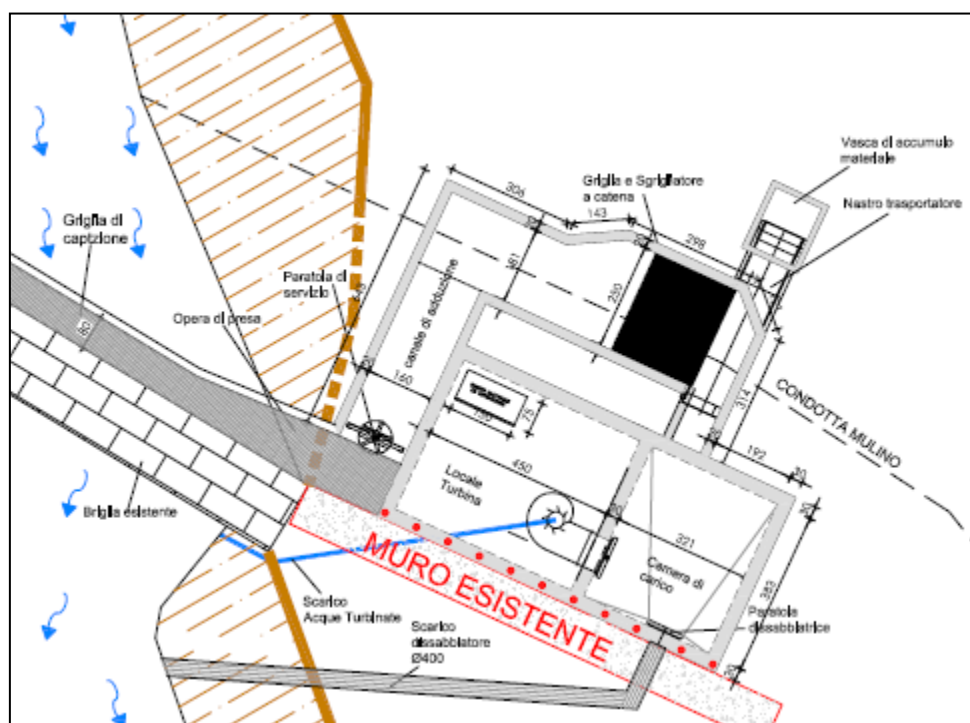


Figura 4 – Pianta impianto di progetto piano terra

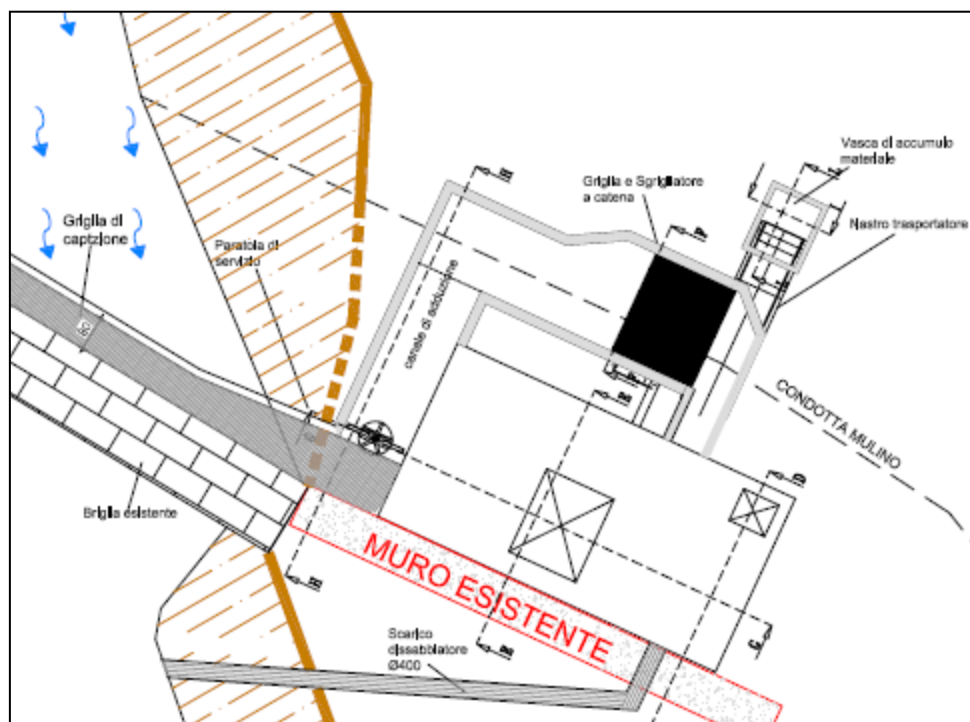


Figura 5 – Pianta impianto di progetto copertura

L’opera di presa è composta da:

- traversa di derivazione (struttura esistente, da adeguare alla funzionalità idroelettrica)
- griglia di captazione e canale di captazione
- dispositivo rilascio DMV.

La traversa di derivazione fissa è rappresentata dalla briglia esistente; nello specifico per tale struttura sono richieste alcune modifiche necessarie per adattarla al funzionamento idroelettrico richiesto. Tale modifiche consistono in:

- Pulizia e rimozione del sedimento su tutta l’estensione della gaveta;
- realizzazione luce di rilascio DMV;
- installazione griglia e canale di captazione a tergo della struttura.

La traversa di derivazione permetterà la captazione di quota parte di acqua naturalmente presente in alveo compresa fra la sommatoria di portata minima derivabile + DMV e portata massima turbinabile.

Le varie fasi di funzionamento del sistema di captazione sono:

- fino al valore di portata naturale pari al DMV, l’acqua transita nella luce rettangolare appositamente dimensionata e l’impianto risulta inattivo in quanto non avviene captazione (quota pelo libero acqua alla traversa 249,40 m s.l.m.);
- con portata maggiore, fino al valore di portata massima turbinabile, il pelo libero supera la quota corrispondente all’estradosso della griglia di captazione e l’acqua si riversa nel sottostante canale di captazione, mentre il DMV continua a transitare dalla luce rettangolare;
- quando la portata in alveo è maggiore alla sommatoria fra portata massima turbinabile e portata DMV, la portata in eccesso sfiora dal coronamento della traversa.

La **griglia di captazione**, così come progettata, si dimostra in grado di captare integralmente la portata massima derivabile con consistenti margini di sicurezza, che sono stati previsti per garantire la derivazione anche in caso di intasamento parziale della bocca di presa.

In tal senso, l’acqua captata in eccesso viene restituita in alveo immediatamente a valle della traversa tramite l’apposito sfioratore a stramazzo realizzato nel pozzetto di ispezione, consentendo l’accesso al successivo sistema di derivazione e alla turbina alla sola portata massima derivabile. Si ricorda inoltre che la turbina idraulica è dimensionata per lavorare al massimo con la portata massima turbinabile; la portata in eccesso verrebbe in ogni caso rifiutata dal sistema di produzione.

La **luce per il rilascio del deflusso minimo vitale** è stata posizionata al centro del canale di captazione, nei pressi della sponda sinistra ed è stata dimensionata per rilasciare il valore di DMV imposto e calcolato per legge. Inoltre il dimensionamento è tale per cui, con l’incremento della portata in alveo e del conseguente innalzamento del tirante idrico, la portata defluente a valle della traversa non sia inferiore al valore del DMV imposto e calcolato per legge: funzionerà come uno stramazzo in parete grossa e non sarà dotato di organi meccanici o manuali di regolazione: il funzionamento dipenderà unicamente dal livello idrico del corso d’acqua.

Come previsto da normativa è indispensabile il monitoraggio in continuo delle portate prelevate; si prevede di utilizzare un misuratore di deflusso ad ultrasuoni “clamp-on” installato nel tratto iniziale della condotta forzata. I dati rilevati possono essere acquisiti in continuo con un registratore di dati anche per lunghi periodi di tempo e poi trasferiti periodicamente ad un computer.

La stessa è stata dimensionata per rilasciare il valore di DMV imposto e calcolato per legge. Inoltre il dimensionamento è tale per cui, con l’incremento della portata in alveo e del conseguente innalzamento del tirante idrico, la portata defluente a valle della traversa non sia inferiore al valore del DMV imposto e calcolato per legge.

Al termine del canale di captazione, in sinistra idraulica, partirà il **canale di adduzione**, che sarà realizzato in C.A. gettato in opera. I paramenti verticali avranno un'altezza massima di 2.90 m con uno spessore di 20 cm. Il suddetto canale avrà uno sviluppo longitudinale di circa 6.25 m ed una larghezza netta di 1.60m. I paramenti verticali verranno interrati in modo da ottenere strutture fuori terra per un massimo di 20 cm, a seconda della modellazione del terreno.

Il canale di adduzione dell’opera di presa sarà dotato, lato corso d’acqua, di una griglia a maglie larghe verticali per evitare l'ingresso di materiale grossolano all'interno del canale di adduzione e di una paratoia di presa a valle lato canale/vasca.

Dopo la paratoia di presa è stato previsto un canale/vasca che costituirà l’alloggiamento dello sgrigliatore. Questa vasca sarà da svuotare periodicamente durante le operazioni di manutenzione in funzione dei periodi di maggior portata di sedimenti causati dai periodi particolarmente piovosi.

Nel canale di adduzione compreso tra il canale/ vasca sghiaiatrice e l'ingresso nella camera di carico è stata prevista una grigliatura fine attraverso uno sgrigliatore a catena munito di nastro trasportatore per allontanare verso un cassone di raccolta il materiale grigliato.

Il diffusore della turbina avrà un tratto sub orizzontale interrato, fino al raggiungimento del greto del torrente a valle della briglia, ed un tratto verticale che scaricherà le acque turbinata al piede della briglia stessa.

Questo consentirà la comunicazione dell'acqua di restituzione dalla turbina con l'acqua del laghetto esistente al piede della briglia, che peraltro continuerà ad essere costantemente alimentato dal Deflusso Minimo Vitale rilasciato a monte della briglia.

Per la realizzazione del pozzo e del canale, si procederà con la trivellazione di un preforo del diametro di 800 mm, che verrà poi incamiciato tramite un tubo in acciaio del diametro di 550 mm debitamente ancorato alle pareti del substrato.

Tutto l'impianto sarà posizionato a monte di un gradino morfologico dell'altezza di circa 1.00 m rispetto al pelo libero dell'acqua e risulterà praticamente interrato nella quasi totalità (solo in qualche tratto, a seconda della modellazione del terreno, avrà un'altezza massima di 20 cm.

Siccome questo verrà a ridosso di un muro contro terra che rappresenta la continuazione della briglia, onde evitate dissesti e problemi statici dello stesso durante le fasi di scavo e messa in opera, si provvederà alla realizzazione di una serie di micropali $\phi 160$ che verranno poi annegati all'interno della parete del contiguo locale turbina.

Si riporta di seguito una descrizione circa le **opere in C.A.** che costituiscono l'impianto:

1. Canale di adduzione: questo sarà realizzato in C.A. gettato in opera. I paramenti verticali avranno un'altezza massima di 2.90 m con uno spessore di 20 cm. Il suddetto canale avrà uno sviluppo longitudinale di circa 6.25 m ed una larghezza netta di 1.60m. I paramenti verticali verranno interrati in modo da ottenere strutture fuori terra per un massimo di 20 cm, a seconda della modellazione del terreno;

2. Canale sgrigliatore: verrà realizzato in C.A. gettato in opera. Gli elementi verticali saranno costituiti da setti dello spessore di 20 cm con un'altezza pari a 2.90 m. La larghezza netta equivale a 2.50 m; all'interno di tale canale sarà alloggiata una griglia ed uno sgrigliatore a catena atti a setacciare il materiale più grossolano, nonché un nastro trasportatore atto ad allontanarlo dalla struttura ed evitare che questo si introduca nella camera di carico;

3. Camera di carico: opera completamente interrata è la prima camera del corpo principale del locale macchine ed ha la funzione di separare, per decantazione, la frazione più sottile del residuo solido presente nell'acqua prima che questa entri nella turbina. Tale modulo avrà una pianta pressoché rettangolare con lati rispettivamente di 3.21 m e 3.83 m. Sarà composta da setti in C.A. gettato in opera dello spessore di 30

cm ed un'altezza pari a 2.90 m;

4. Sala Macchina: Anche in questo caso le pareti saranno realizzate con setti in C.A. gettato in opera dello spessore di 30 cm ed un'altezza pari a 2.90 m. In pianta avrà una forma rettangolare di lati rispettivamente 4.50 m e 3.83 m.

Al contrario delle strutture descritte ai Punti 1) - 2) , che non saranno dotate di solaio di copertura, le ultime due (Camera di carico e Camera turbina) saranno dotate di un solaio di copertura realizzato tramite una soletta piena in C.A. gettato in opera dello spessore di 20 cm.

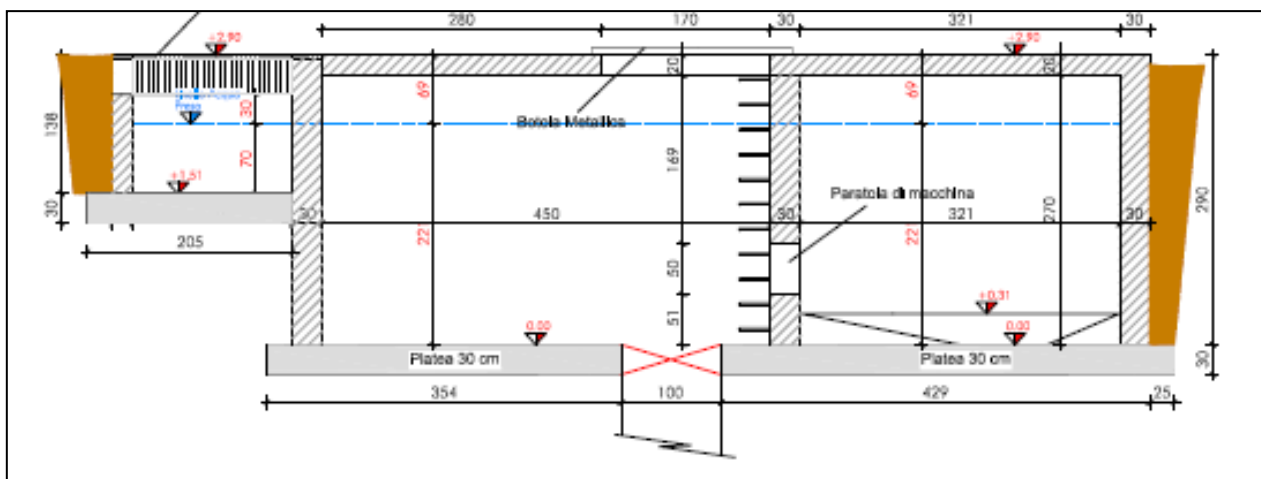


Fig. 10 – Sezione edificio centrale

L'apparato fondale dell'intera struttura sarà rappresentato da platee in C.A. gettato in opera dello spessore di 30 cm attestato a quote differenti, a seconda delle esigenze di ogni singolo modulo.

2 RISORSE IDRICHE SFRUTTABILI

2.1 Premessa

Il calcolo delle risorse idriche fruibili all'interno del bacino idrografico considerato, costituisce un aspetto fondamentale nello studio di fattibilità di un impianto per la produzione di energia idroelettrica. Esso, infatti, fornisce i dati attraverso i quali è possibile valutare la tipologia delle apparecchiature

elettromeccaniche da installare, il loro rendimento, i tempi e le modalità di funzionamento dell’impianto stesso.

Il calcolo delle risorse idriche disponibili viene fatto prendendo in considerazione:

- portata giornaliera del corso d’acqua;
- quantitativo d’acqua effettivamente utilizzabile ai fini idroelettrici.

2.2 Misura delle portate

In corrispondenza della sezione di chiusura di interesse ed in generale lungo tutto il corso del F. Lente e del T. Meleta non sono presenti stazioni di misura delle portate, inoltre non essendo disponibili nemmeno studi specifici al riguardo, si è deciso di effettuare alcune misure di portata a carattere puntuale.

In particolare sono state compiute tre serie di misure, la prima relativa allo studio di fattibilità dell’impianto ai fini dell’ottenimento della concessione di derivazione (mesi di febbraio, maggio, settembre 2012, febbraio e maggio 2013), le seconde (ottobre e dicembre 2015) utili ai fini della progettazione esecutiva. In particolare nella presente relazione si tiene conto di queste due serie di misure.

Le misure sono state ottenute in maniera empirica sulla traversa esistente, misurando le altezze della corrente e la larghezza della sezione, e ricavando il valore di portata tramite la nota relazione di stramazzo in parete grossa:

$$Q = \text{numero di froude} \cdot b \cdot \sqrt[2]{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

dove b e h non si riferiscono alle caratteristiche dimensionali dello stramazzo, bensì all’altezza della corrente e alla larghezza della sezione.

E’ stato modificato anche il valore del numero di Froude (empiricamente calcolato in 0,385 per calcoli di portata mediante l’utilizzo dello stramazzo) in considerazione del sistema di misura adottato, tenendo conto che tale parametro cresce con la diminuzione delle altezze della corrente e della larghezza della sezione, mentre è direttamente proporzionale alla velocità media dell’acqua e allo spessore del sedimento presente sul fondo. Si è pertanto ragionevolmente ritenuto di stimare il numero di Froude, pari a 0,59.

La stima di h è stata ripetuta n volte su tutta la lunghezza della traversa (in genere le misure sono state ripetute ca. 9-22 volte a seconda della stazione considerata, quindi ogni 40-50 cm ca.) su due/tre sezioni trasversali d’alveo a distanza progressiva rispetto il paramento di valle della briglia, ciò allo scopo di determinare il valore medio caratteristico sulla sezione rappresentativo delle condizioni idrologiche considerate.

Considerata l’incertezza del metodo, utile comunque ad una stima ragionevole dell’unità di grandezza considerata, si riportano i valori calcolati per ogni misura. Il valore di portata medio che ne deriva, potrà

essere assunto come valore relativo al periodo di magra, essendo le campagne state condotte alla fine di un lungo periodo di siccità.

Le misure sono state effettuate su 5 stazioni distribuite tra il T. Meleta ed il F. Lente, come indicato nella figura 1.

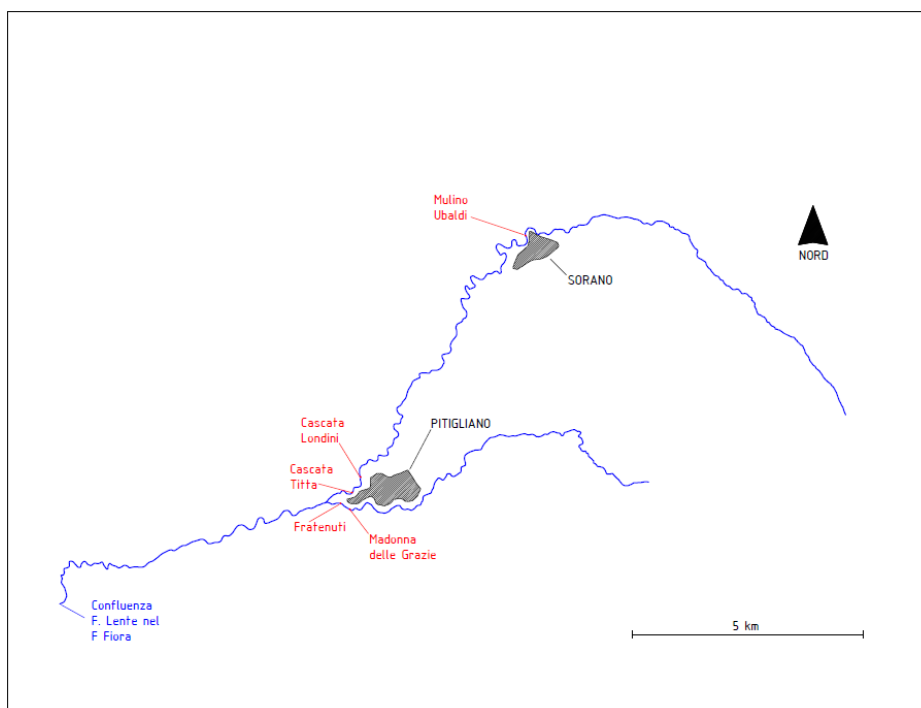


Figura 6 – Planimetria schematica dei bacini idrografici del F. Lente e del T. Meleta con indicazione dei punti di misurazione delle portate (in rosso).

Di seguito si riportano i dati relativi alle portate misurate (misura del 9 ottobre 2015); le misure sono state ottenute in maniera empirica sulle traverse esistenti, registrando il tirante medio in alveo poi convertito nel valore di portata tramite la nota relazione di stramazzo in parete grossa:

$$Q = 0.385 \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

dove b e h si riferiscono alle caratteristiche dimensionali dello stramazzo.

La stima di h è stata ripetuta n volte su tutta la lunghezza della traversa (in genere le misure sono state ripetute ca. 9-22 volte a seconda della stazione considerata, quindi ogni 40-50 cm ca.) su due/tre sezioni trasversali d'alveo a distanza progressiva rispetto il paramento di valle della briglia, ciò allo scopo di determinare il valore medio caratteristico sulla sezione rappresentativo delle condizioni idrologiche considerate.

Corso d'acqua	Stazione misura	Portata di magra
F. Lente	Molino Ubaldi	567 l/sec

Tabella 1 – Stima della portata di magra alla sezione di Molino Ubaldi (Località Cocceria)

2.2.1. Elaborazioni misure di portata

Campagna misurazione ottobre 2015	
Altezze (cm)	
Sez. A	Sez. B
0	15
1	11,5
2	10,5
3,5	10,5
3	11
4	10
4,5	10
6	10
5	8,5
4	8,5
6,5	8
6	7,5
6	7
8	6,5
8	6
8,5	5
8,5	4
9	3,5
11	3
	2,5
	2
	1
media	5,7
	7,34

SEZIONE A			SEZIONE B		
Q	Portata	446 l/sec	Q	Portata	688 l/sec
mu	Numero di Froude	0,59	mu	Numero di Froude	0,59
b	Larghezza sezione	12,3 m	b	Larghezza sezione	13,3 m
h	altezza	5,7 cm	h	altezza	7,34 cm
g	Acc. gravità	9,81	g	Acc. gravità	9,81

Campagna misurazione dicembre 2015		
Altezze (cm)		
Sez. A	Sez. B	
0	15	
1,1	11,6	
2,2	10,7	
3,4	10,4	
3,1	11,3	
3,9	10,1	
4,6	9,9	
6,1	10,2	
5	8,4	
4,1	8,6	
6,7	7,9	
7	7,6	
5,8	7,1	
7,9	6,8	
8,2	5,9	
8,4	5,1	
8,7	4,1	
9,2	3,5	
11,5	2,9	
12	2,7	
	2,1	
	0,9	
media	5,9	7,4

SEZIONE A			SEZIONE B		
Q	Portata	459 l/sec	Q	Portata	698 l/sec
mu	Numero di Froude	0,59	mu	Numero di Froude	0,59
b	Larghezza sezione	12,3 m	b	Larghezza sezione	13,3 m
h	altezza	5,9 cm	h	altezza	7,4 cm
g	Acc. gravità	9,81	g	Acc. gravità	9,81

2.3 Determinazione delle portate naturali alla presa

La determinazione delle portate naturali alla sezione di presa utili ai fini delle verifiche di fattibilità tecnico-economica dell'impianto **si devono basare comunque su una serie significativa di dati e non ci si può limitare alle misure effettuate in quanto non statisticamente significative per definizione.**

Appare quindi indispensabile identificare una stazione idrometrica dotata di serie storiche di misure al fine di poter determinare l'andamento delle portate medie giornaliere transitanti presso la sezione di presa: la scelta è caduta sulla stazione “Fiora a Ponte di Pitigliano”, sottendente un bacino idrografico pari a 339 kmq, gestita dal Servizio Idrografico, per la quale sono disponibili una serie di misure idrometriche fra il 1931 ed il 1943 (esclusi gli anni 1935-36-37-38).

Riferendoci alle Norme di Attuazione del Progetto di Piano Stralcio per la Tutela delle risorse idriche superficiali soggette a derivazioni (Autorità di Bacino Interregionale Fiume Fiora), possiamo affermare che il bacino del Fiume Fiora è morfologicamente asimmetrico a drenaggio parallelo e Vi troviamo due complessi vulcanici molto sviluppati (Monte Amiata a Nord e Latera-Bolsena ad Est), che costituiscono le principali zone di alimentazione. I sistemi vulcanici presentano una capacità di accumulo nel periodo invernale, dando luogo ad un discreto rilascio di acqua durante la stagione estiva.

Il contributo specifico medio annuo di deflusso (k) relativo a tali anni per il Fiume Fiora è pari a ca. 19,1 l/s kmq, con coefficiente di deflusso è pari a 0,53.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate è stata costruita la curva di durata delle portate naturali alla sezione di presa ragguagliando i bacini (Fiora-Lente) e considerando l'infiltrazione in subalveo esistente per il F. Fiora alla stazione di misura considerata (non presente, invece, sul tratto di Fiume Lente considerato).

Di seguito si riportano i dati in forma tabellare e nel grafico.

gg	Q [mc/s]
1	8.92
10	1.92
91	0.53
182	0.32
274	0.22
355	0.12

Tabella 2 – Curva di durata delle portate del Lente alla chiusura considerata (Molino Ubaldi).

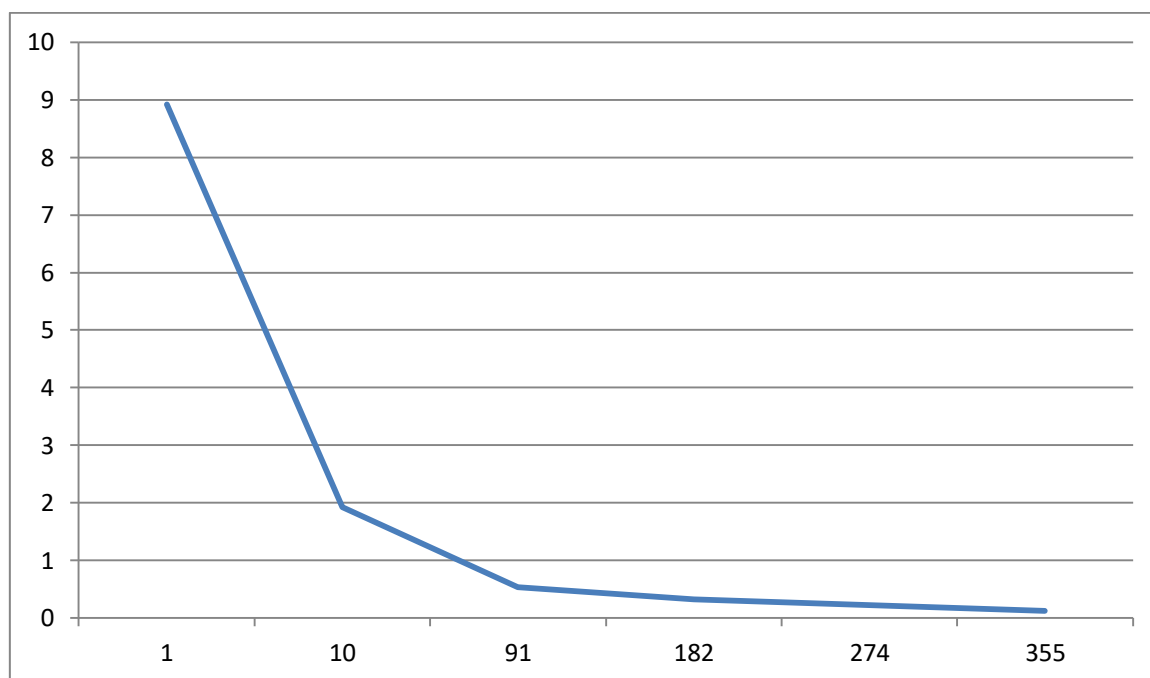


Figura 7 – Grafico relativo alla curva di durata delle portate per la sezione di chiusura considerata (Molino Ubaldi) In ascisse i giorni dell'anno in ordinate i litri al secondo

Di seguito si riporta anche l'andamento dei deflussi medi mensili considerati nell'anno solare.

	anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
media	0,5161	0,625672	0,689192	0,751918	0,503396	0,4764	0,324746	0,235818	0,1985	0,247728	0,398588	0,793206	0,9528
minima	0,1191	0,184208	0,177062	0,19056	0,16674	0,16674	0,14292	0,12704	0,1191	0,1191	0,126246	0,1588	0,12307
Cu med	1,50528	1,81888	2,00704	2,18736	1,46608	1,38768	0,92512	0,68992	0,58016	0,72128	1,16032	2,3128	2,77536

Tabella 3 – Portate medie mensili per il Lente alla sezione di chiusura considerata.

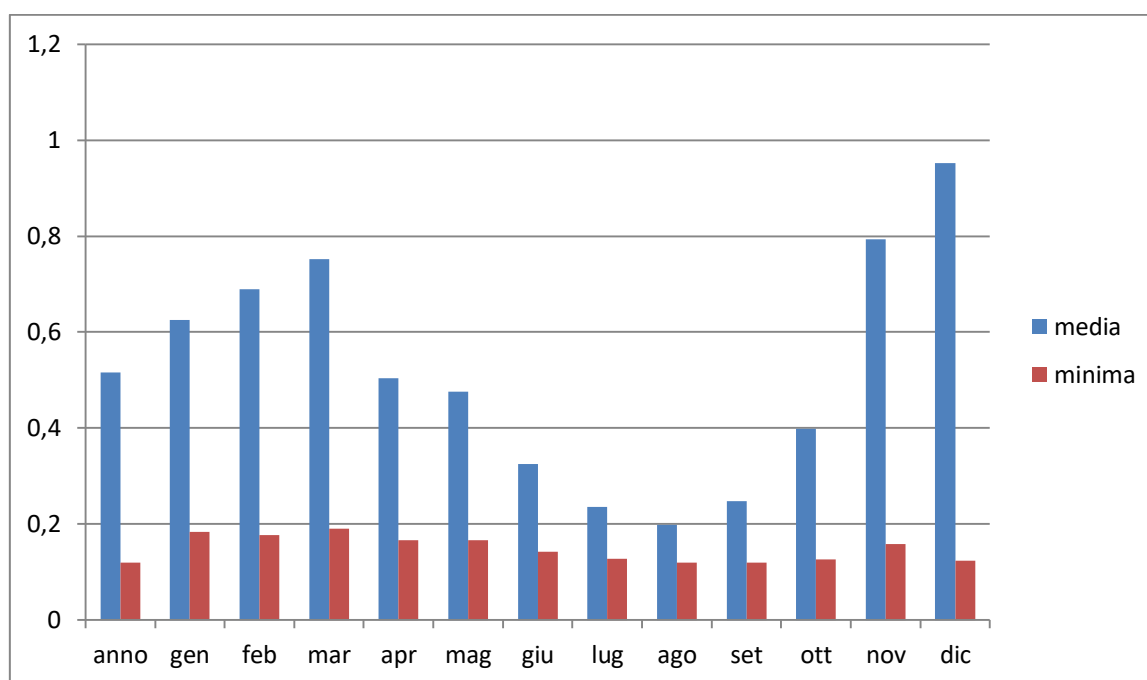


Figura 8 – Grafico delle portate medie mensili per il Lente alla sezione di chiusura considerata.

Confrontando i dati della CdP con le misure di portata effettuate a Molino Ubaldi si osserva la sostanziale coerenza e plausibilità dei dati.

2.4 Deflusso minimo vitale

Secondo quanto definito all’art. 3 delle Norme di Attuazione del Progetto di Piano Stralcio per la Tutela delle risorse idriche superficiali soggette a derivazioni (Autorità di Bacino Interregionale Fiume Fiora, corrette dopo seduta CT del 05/07/2000), ai fini degli adempimenti previsti dai commi 5 e 6 dell’art 22 del DL.vo n.152/99, la determinazione del minimo deflusso vitale è identificata, per ciascuno dei sottobacini identificati dal comma 2 dell’ art 1, dal valore ottenuto dal prodotto dell’area del bacino sotteso dalla sezione di prelievo (espresso in chilometri quadrati) per il coefficiente unitario della tabella 1 contenuta nell’allegato B delle norme.

Nello specifico, per il F. Lente e relativi affluenti la tabella di cui allegato B indica un valore del coefficiente unitario pari a 1,15 l/s Km², per cui moltiplicando tale valore con la superficie del bacino in esame (pari a 23.50 km²) si perviene ad un di DMV pari a 27,02 l/s. Considerando il valore paesaggistico-ambientale del corso d’acqua si prevede di innalzare tale valore sino a 100 l/s.

2.5 Valutazione delle portate di impianto

La portata utilizzabile per la derivazione idroelettrica corrisponde alla portata defluente alla sezione di progetto diminuita della portata di Deflusso Minimo Vitale. Le portate d’impianto sono inoltre limitate dalla portata massima derivabile funzione dell’analisi idrologica e della tipologia di macchine che si prevede di utilizzare.

Ai fini dell’impianto in progetto, per quanto concerne la portata, si è scelto di utilizzare i valori definiti dalla curva di durata e di limitare la portata massima dell’impianto a 500 l/s (Q_{max}), da cui ne consegue che la minima è pari a ca. 100 l/s ($Q_{min} = 20\% Q_{max}$) al fine di mantenere il rendimento della macchina circa costante (da un punto di vista tecnico non vi sono controindicazioni affinché la macchina possa funzionare anche con portate inferiori, a scapito di un rendimento che decresce celermente).

Si ottiene pertanto una portata media annua turbinabile pari a:

$Q_{IMPIANTO} = 296,25 \text{ l/s}$.

Le tabelle che seguono riportano i valori di derivazione medi mensili ($Q_{impianto}$) d’impianto e la CdP relativa alle portate effettivamente turbinate.

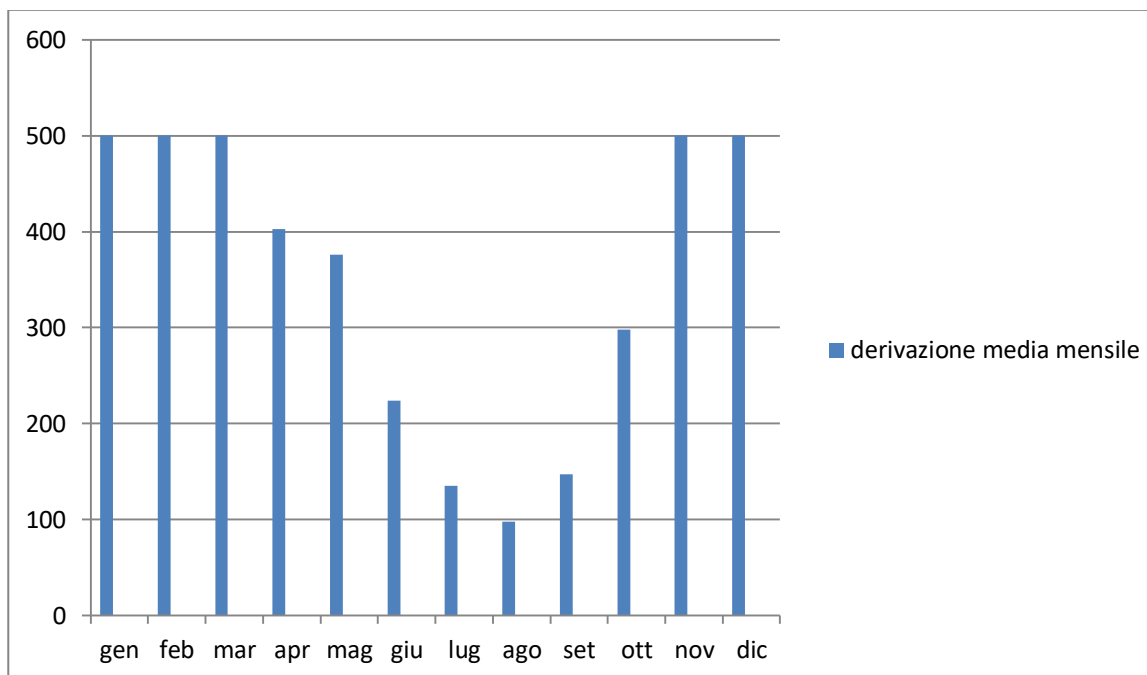


Figura 9 – Stima della derivazione media mensile espressa in l/sec.

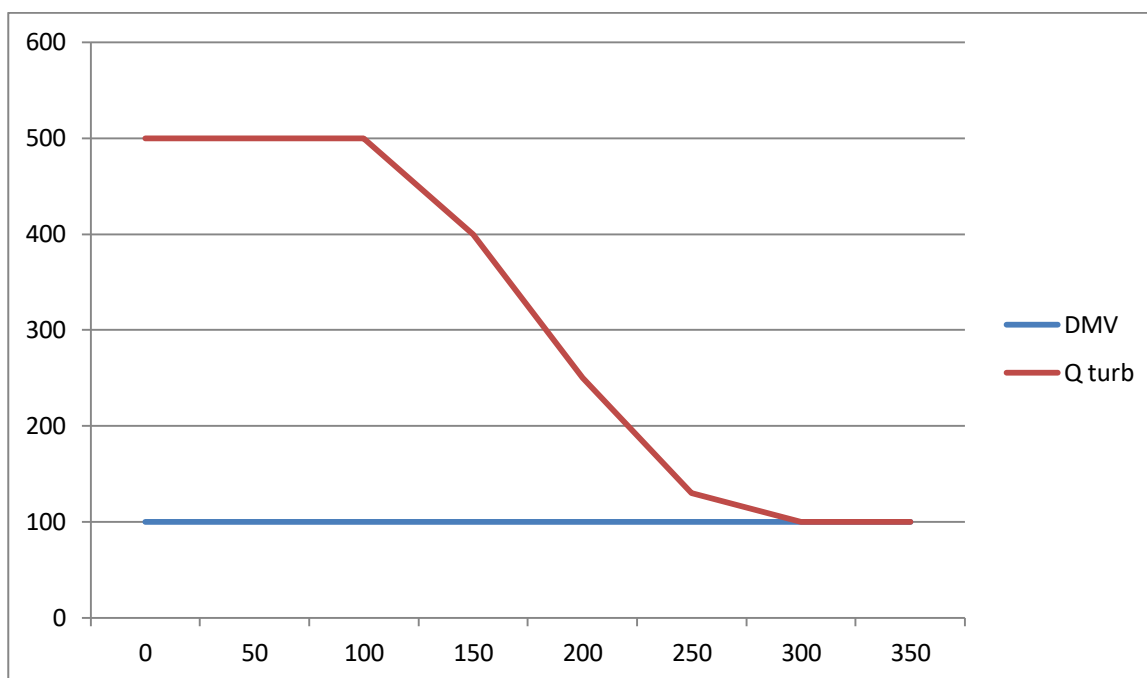


Figura 10 – Curva di durata del DMV e delle portate turbinabili (Qturb) in l/sec.

3 SALTO

La quota massima utile di regolazione dell’impianto deriva dalla quota di coronamento della briglia cui si sottraggono le perdite di carico.

Quota di sfioro all’opera di presa (coronamento briglia)	249,45 m slm
Quota pelo libero vasca di carico	249,40 m slm
Quota restituzione in alveo	243,40 m slm
Salto utile	6 m

I dislivelli sopraccitati sono stati misurati in condizioni di portata fluviale prossime alla media disponibile e come tale possono essere considerati rappresentativi delle condizioni di dislivello medio utilizzabili per lo sfruttamento idroelettrico.