studio augusti ingegneria civile

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO MINIIDROELETTRICO AD ACQUA FLUENTE SUL TORRENTE BARGONASCO NEL COMUNE DI CASARZA LIGURE (GE)



RELAZIONE TECNICA

RICHIEDENTE:
IML Industria Meccanica Ligure SPA
Via G. Farina, 25
Casarza Ligure (GE)

PROGETTISTA:
Studio Augusti
Piazza Borgo Pila 40/39
Genova

piazza borgo pila 40/39– 16129 genova t 010 2759276 f 010 2531168 e-mail: info@studioaugusti.it

1 PREMESSA

Scopo del presente progetto preliminare è la realizzazione di un impianto miniidroelettrico ad acqua fluente in località Bargonasco nel comune di Casarza Ligure.

Si precisa che il progetto non prevede la realizzazione ex novo dell'impianto ma piuttosto la ristrutturazione e messa in pristino di una centrale esistente e funzionante fino al primo dopoguerra. Infatti da quanto è stato possibile riscontrare la centrale è stata realizzata nei primi anni del novecento e si configura peraltro come un'opera di notevole pregio sotto il profilo ingegneristico e architettonico.

Il presente progetto di recupero prevede sostanzialmente l'integrale riutilizzo di quanto oggi ancora esistente e funzionante e la localizzazione di una nuova sala macchine e della conseguente opera di rilascio in prossimità della sala macchine originaria oggi demolita.

Il proponente – ILM Industria Ligure Meccanica – è proprietario del capannone ove ancora oggi si innesta la condotta forzata esistente e intende ricavare all'interno del medesimo capannone lo spazio necessario al posizionamento delle turbine e degli apparati di controllo. Inoltre in considerazione del tipo di lavorazioni effettuate dalla ILM, fortemente *energivore*, la fabbrica è servita da Enel e nel suo intorno vi sono diverse cabine di trasformazione di cui una proprio in aderenza al capannone di cui sopra , rendendo questo particolarmente agevole e poco impattante la connessione alla rete elettrica del realizzando impianto.

Sono previsti il ripristino dello sbarramento trasversale esistente posto lungo il Torrente Bargonasco a quota + 115 m s.l.m individuato dalle coordinate 44°17'10.07''N, 9°28'28.95''E, il ripristino del canale di presa e la ristrutturazione della vasca di disabbiatura, la pulizia della canale e delle gallerie esistenti, la ristrutturazione della vasca di carico e dello sgrigliatore, esistenti a quota + 115 m s.l.m., la sostituzione delle vecchia condotta forzata, oggi irrecuperabile, con una nuova in polietilene ϕ 800 mm.

La sala macchine e quindi la turbina, sarà, come detto, inserita all'interno dell'edificio adibito ad attività industriale di proprietà del richiedente. Il rilascio dell'acqua prelevata avverrà nel punto più prossimo tra l'edificio e il torrente Bargonasco, individuato dalle coordinate 44°16'42.76'' N, 9°28'13.39'' E, rappresentato graficamente nelle tavole costituenti il progetto in parola.

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELLE OPERE

Attualmente è esistente una briglia trasversale (vedasi **Foto 1**) costruita in pietrame e cemento; il trascorrere del tempo e le manutenzioni ormai non effettuate da anni hanno comportato il crollo parziale della traversa e della vasca di sabbiatura. Si prevede il recupero di quanto esistente realizzando il tratto di traversa mancante, una nuova vasca di disabbiatura e un nuovo imbocco al canale esistente. La larghezza dell'alveo immediatamente a monte della traversa, ubicata in prossimità di una curvatura del corso d'acqua, è di 10 m circa, e l'altezza della traversa stessa è stata rilevata pari a 2 m circa.



Foto 1 – *La traversa esistente. Come si può notare a sinistra della foto la traversa risulta parzialmente crollata.*



Foto 2 – *Nella foto si vede chiaramente il canale, realizzato in muratura costituita da blocchi in pietrame e l'imbocco di una galleria*



Foto 3 – *La vasca di carico a q.ta 113 m s.l.m, posta immediatamente a monte dello sgrigliatore e quindi della condotta forzata. La sua capienza è di circa 100 mc***.**

Il vecchio canale è invece ancora presente e si presenta allo stato attuale in buone condizioni . E' costruito in pietra e cemento ed a tratti è in galleria ricavate nella roccia (vedasi **Foto 2**). Per la messa in pristino si prevede un'intensa opera di pulizia sia del canale sia della circostante fascia boschiva e una serie di interventi locali di rinforzo strutturale, specie in corrispondenza dei ponticelli in muratura su cui corre lo stesso canale. Lungo lo sviluppo del canale sono state altresì individuati alcuni piccoli movimenti franosi che ne hanno ostruito la sezione: si prevede la rimozione del materiale depositatosi nel canale e la messa in sicurezza (verosimilmente tramite reti paramassi) dei soprastanti fronti

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Le favorevoli caratteristiche morfologiche e idriche del corso d'acqua, di cui si da' descrizione in seguito, hanno spinto ad uno studio di fattibilità per il recupero dell'impianto in parola, i cui risultati, dato l'esito positivo dello stesso, vengono qui presentati.

Lo sbarramento in alveo è stato rilevato a quota +116 m s.l.m. in testa muro, con un'altezza pari a 2 m circa. È realizzato in pietrame di grosse dimensioni e cemento e garantisce un fronte di laminazione ampio quanto l'alveo stesso.

Data però la necessità di garantire il DMV (per la cui trattazione si rimanda ai successivi paragrafi) e il superamento dell'opera da parte delle specie ittiche locali e di altri organismi acquatici, si intende realizzare una struttura artificiale che permetta il rispetto di entrambe le condizioni, e pertanto una scala di risalita costituita da una successione degradante di vasche sulla quale defluisca il DMV. Essa

avrà una serie di finalità: ridurre la velocità dell'acqua al di sotto della capacità natatoria delle specie ittiche, assorbire eventuali rapidi cambiamenti di portata, garantire luoghi di riposo, far passare una portata Le soglie stramazzanti verranno dimensionate e posizionate in modo da captare il DMV, così che la portata ad esso corrispondente non raggiunga il canale derivatore e fluisca quindi interamente in alveo.

La soglia più a monte verrà dotata di un'asta opportunamente graduata che permetterà di misurare la portata.Si precisa che per i dettagli progettuali e costruttivi della struttura succitata si rimanda alla fase di progettazione definitiva.

L'acqua derivata, confluirà tramite un tratto lungo circa 1,3 km di canale esistente, a pelo libero nella vasca di carico posta immediatamente a monte della condotta forzata (vedasi **Foto 3**)ove l'acqua verrà incanalata per raggiungere in pressione le turbine, poste circa 58 m più a valle, all'interno dell'edificio industriale della ILM.

Si prevede il riutilizzo della vasca di carico presente la cui capienza è di circa 100 mc con la precisazione che in sede di progettazione definitiva verranno effettuate le verifiche idrauliche del caso e particolare attenzione verrà posta alla necessità di dover assorbire un eventuale colpo d'ariete provocato da una manovra brusca di chiusura dell'impianto. Per far fronte a tale aspetto, la vasca stessa funzionerà da stramazzo, permettendo all'acqua eventualmente eccedente in seguito al moto oscillatorio che dovesse instaurarsi all'interno della condotta stessa, di rientrare in alveo.

Dalla vasca l'acqua confluirà nella condotta di adduzione: essa consisterà in una condotta in pressione in polietilene PN16 ad alta densità, diametro ϕ 800 mm, che verrà posta in opera con una pendenza di circa il 38% così da garantire una portata di circa 700 l/s a fronte di una velocità del fluido inferiore a 2m/s.

Si prevede l'integrale sostituzione della condotta esistente,oggi non più recuperabile a causa del pessimo stato di conservazione in cui versa, costituita da un tubo in ferro realizzato tramite l'assemblaggio di conci rivettati a caldo. La nuova condotta avrà sempre quota di partenza a +113 m s.l.m., quota di arrivo a +54.80 m s.l.m. e si svilupperà per una lunghezza di 164 m circa in parte interrata, in parte sulle piccole pile in cls già esistenti ed in parte all'interno dell'edificio industriale. Essa seguirà lo stesso tracciato di quella vecchia

La condotta di restituzione sarà costituita da un canale interrato in cls prefabbricato avente sezione opportunamente dimensionata, che, posto in opera interrato, restituirà in alveo l'acqua derivata ad una quota pari a circa +53 m s.l.m..

L'acqua che avrà solo turbinato entro l'impianto sarà restituita inalterata rispetto alla presa, e pertanto potrà fluire in alveo senza necessità di depurazione alcuna.

4 DETERMINAZIONE DELLA CURVA DELLE PORTATE

- **Caratteristiche del bacino imbrifero**

La superficie del bacino imbrifero a monte dell'opera di presa è di circa 11,7 km^2.

Il torrente Bargonasco fa parte del bacino del torrente Petronio. Il bacino idrografico del T. Petronio insiste prevalentemente sul territorio di Sestri Levante e subordinatamente su quello dei

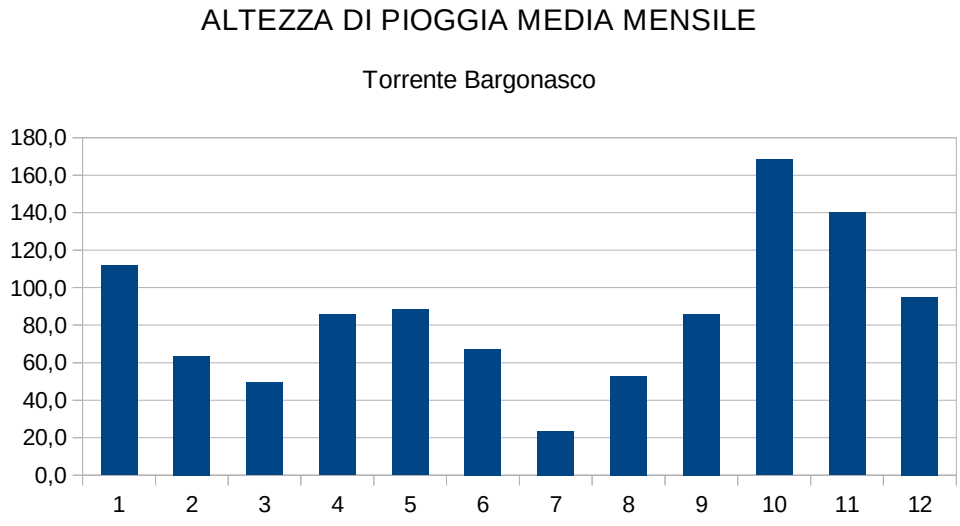
comuni di Casarza Ligure e Castiglione Chiavarese. Esso occupa una superficie di circa 61 km^2 e il suo corso d'acqua principale ha una lunghezza di 15.5 km. Il bacino presenta un asse principale diretto Est-Ovest, subparallelo alla catena appenninica e alla linea di costa, confina con il bacino del T. Gromolo ad Est, con il bacino del T. Graveglia a Nord, con il bacino del fiume Vara a nord-est ed il bacino del T. Deiva a sud; inoltre vi sono numerosi piccoli torrenti che sfociano lungo la costa tra Riva e Moneglia. Il T. Petronio nasce dalle falde del M. San Nicolao, nel suo tratto iniziale è caratterizzato da un andamento piuttosto sinuoso e determina un alternarsi di ripide e strette gole incise dall'erosione fluviale e di piccole piane alluvionali. Il torrente percorre poi la vallata tra i comuni di Castiglione Chiavarese e Casarza Ligure lungo il suo asse principale diretto EW, subparallelo alla catena appenninica ed alla linea di costa, ed infine prosegue a Sud fino a sfociare nella baia di Riva.

Geograficamente il bacino risulta delimitato dallo spartiacque passante per i seguenti rilievi, indicati in senso orario, partendo dalla località di Riva Trigoso a quota 0.00 m s.l.m. e seguendo un perimetro approssimativamente triangolare:

- M. Pagano q.75, M. Caddio q.390, M. Bomba q.608, M. Incisa q.700, M. Tregin q.870, M. Roccagrande q.970, M. Bocco q.1021;
- M. Zenone q.1053, M. Alpe q.1094, M. Colello q.792, M. Bastia q.760, M. Arpecello q.643, M. Traversa q.835, M. Groppi q.868, Cima Stronzi q.846, M. San Nicolao q.847;
- M. Pietra di Vasca q.801, M. Merelle q.636, M. Salto del Cavallo q.611, colle del Bracco q.412, M. Moneglia q.521, punta Baffe q.252, colle Cantagallo q.171, colle Bardi q.96, Riva Trigoso q.0.00 (Provincia di Genova, 2004).

Al fine della determinazione della curva di durata delle portate si sono presi in considerazione i dati di pioggia giornalieri relativi stazioni pluviometriche site in zona coprendo un periodo di osservazione pari a 11 anni (1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998).

Tali dati sono stati elaborati utilizzando il metodo del Curve Number modificato come di seguito esplicato, e da essi è stata ricavata la curva di durata delle portate caratteristica del corso d'acqua in oggetto.



MESE	VALORI MEDI
Gennaio	111,8
Febbraio	63,6
Marzo	49,4
Aprile	85,7
Maggio	88,3
Giugno	67,2
Luglio	23,6
Agosto	52,9
Settembre	85,9
Ottobre	168,4
Novembre	139,9
Dicembre	95,1

- **Modello esteso del Curve Number**

Il modello utilizzato per un'analisi idrologica a scala di bacino deve tener conto delle modalità secondo cui le acque superficiali e sotterranee si muovono, ed essere in grado di riprodurre nel modo più completo e corretto possibile l'evento reale, fornendone una simulazione affidabile; allo stesso tempo deve sapersi adattare a possibili variazioni delle caratteristiche proprie dell'area oggetto di studio.

I problemi principali derivano dalla stima dei parametri impiegati dal modello stesso, e dalle correlazioni che fra questi possono esistere, essendo spesso i parametri dipendenti gli uni dagli altri.

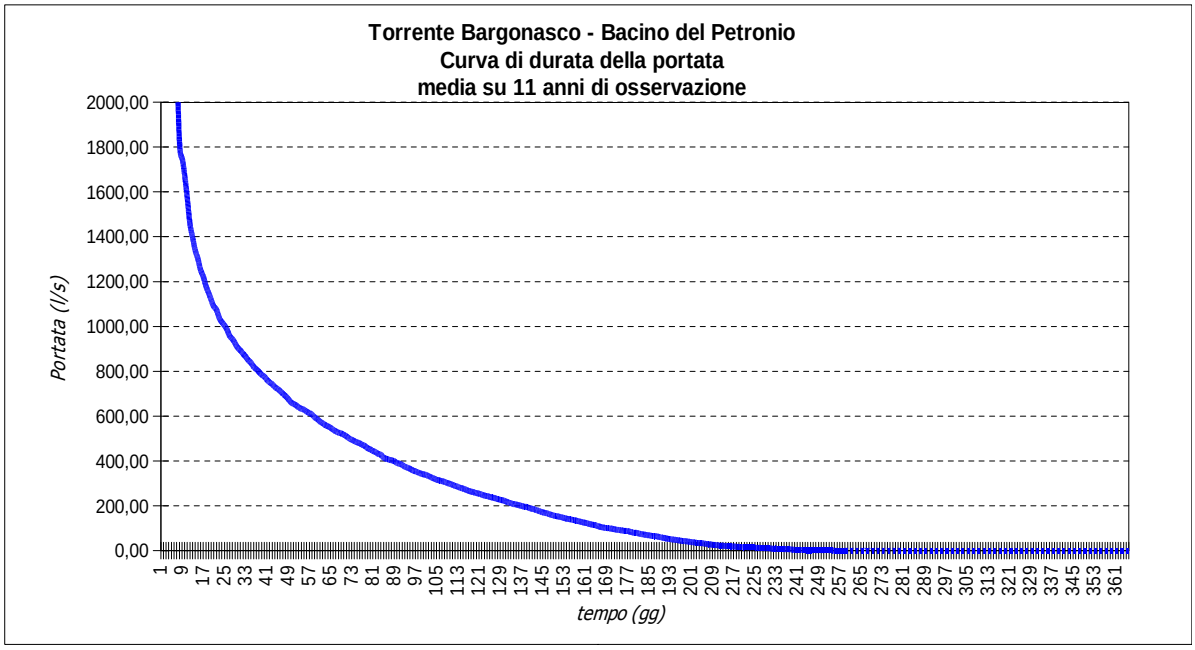
Il modello che classicamente viene utilizzato è quello proposto dal Soil Conservation Service, che riassume in un unico parametro, il Curve Number, rilevanti informazioni distribuite sul territorio, quali litologia e uso del suolo. È un modello tipicamente ad evento che presuppone l'inizializzazione dello stato del sistema.

In questa sede si è utilizzata una modellazione col metodo del CN estesa: partendo dalle caratteristiche del modello proposto dal Soil Conservation Service, si è inserito un modulo di memoria del processo di precipitazione antecedente. In questo modo si è ottenuta la possibilità di valutare lo stato di imbibizione del suolo e la conseguente curva di esaurimento nel tempo, stimando i contributi di ruscellamento e deflusso subsuperficiale avendo utilizzato come dati diretti unicamente le altezze di pioggia giornaliere.

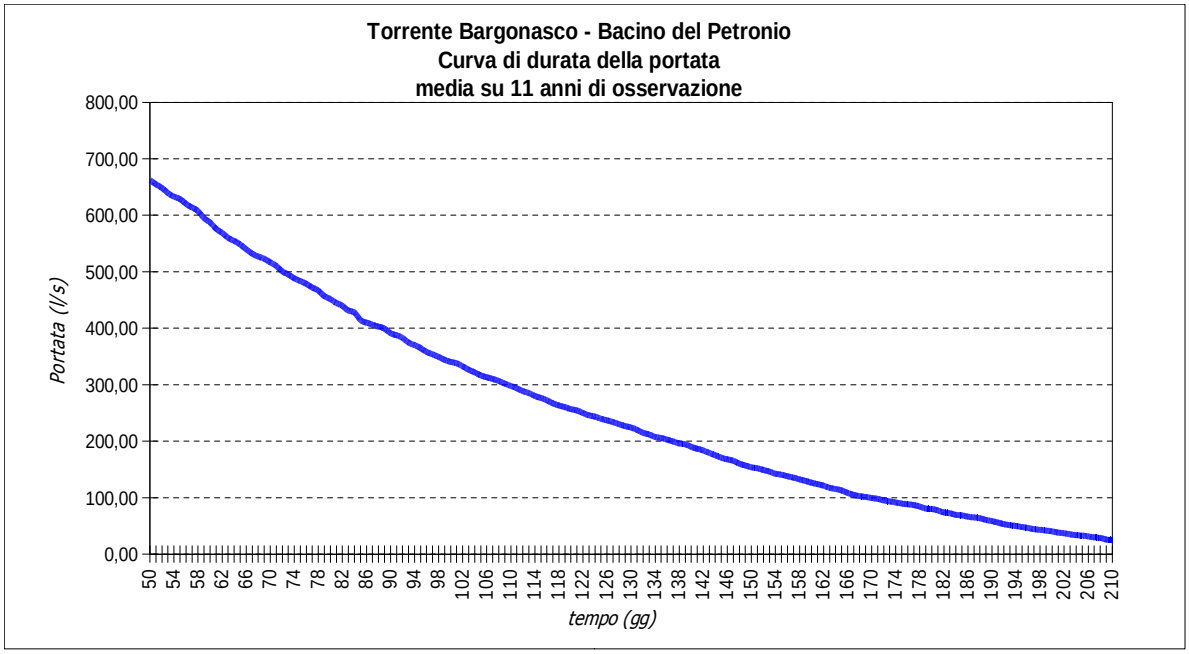
Rispetto al classico modello del Soil Conservation Service, che tiene unicamente conto del ruscellamento superficiale, quello ora proposto consente di tener conto del volume d'acqua presente all'interno del sistema prima di eseguire un nuovo step temporale.

- **Curva di durata delle portate**

L'elaborazione dei dati di pioggia giornalieri relativi stazioni pluviometriche site in zona per un periodo di osservazione pari a 11 anni (1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998) secondo l'approccio metodologico appena proposto, ha portato alla determinazione della seguente curva di durata delle portate:



Di seguito viene proposto uno stralcio della curva sopra riportata che meglio inquadra l'area di interesse specifico:



Dalla curva sopra proposta si evince come il modello preveda periodi di assenza di portata, corrispondenti ai mesi estivi.

Durata [gg]	Qn [l/s]
30	905,20
60	587,15
90	391,34
120	256,83
150	153,92

- **Deflusso minimo Vitale (DMV)**

Per la determinazione del Deflusso minimo Vitale (DMV), si utilizza l'algoritmo definito sulla Delibera di Giunta Provinciale n. 158 del 7 novembre 2012:

$$\mathbf{DMV = K\ Q_{media}\ S}$$

con:

$K = -2{,}24 \times 10^{-5}\ S + 0{,}086 = 0{,}0857$

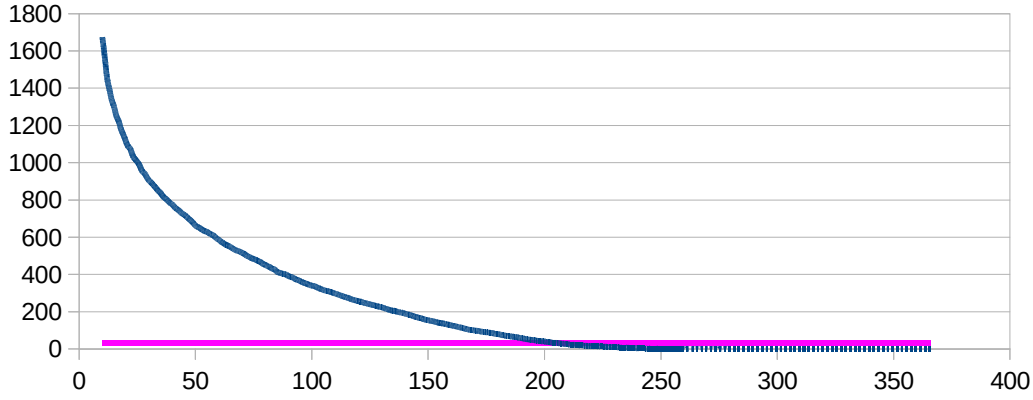
Q_{media} = 32,56 l/s km^2 = portata specifica media annua per unità di superficie in litri/secondi al km^2; tale valore viene assunto pari alla media aritmetica delle portate specifiche medie annue dei bacini idrografici studiati;

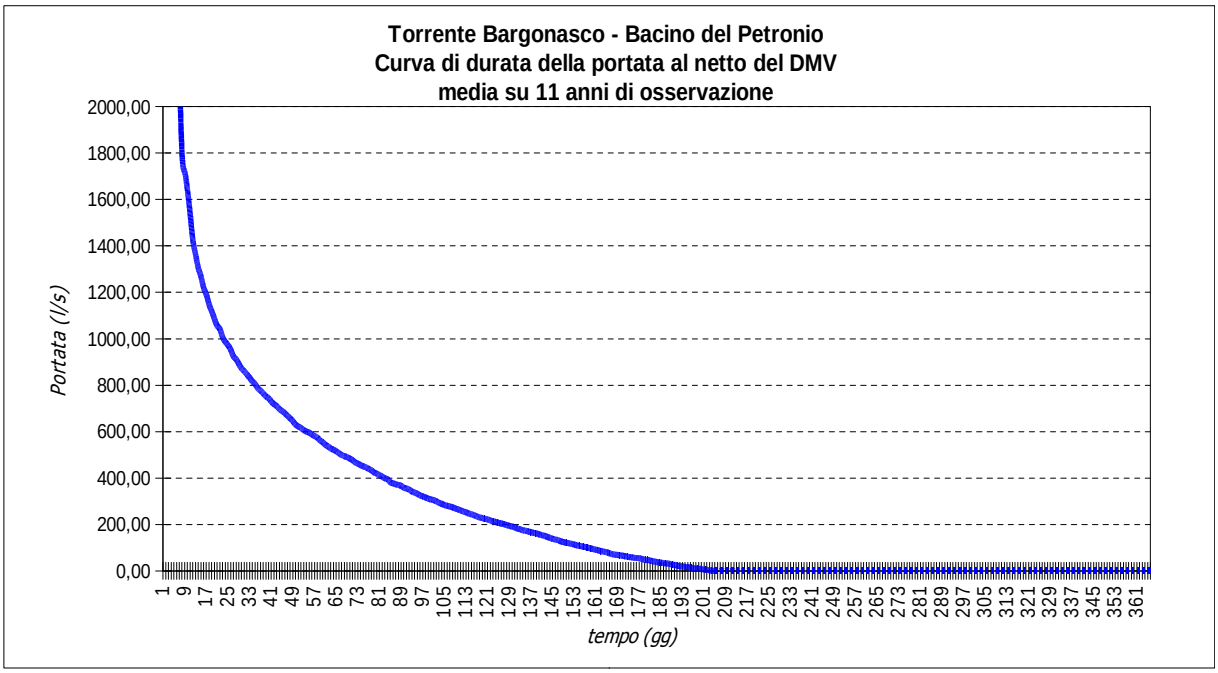
S = superficie di bacino sottesa alla sezione del corso d'acqua espressa in km^2.

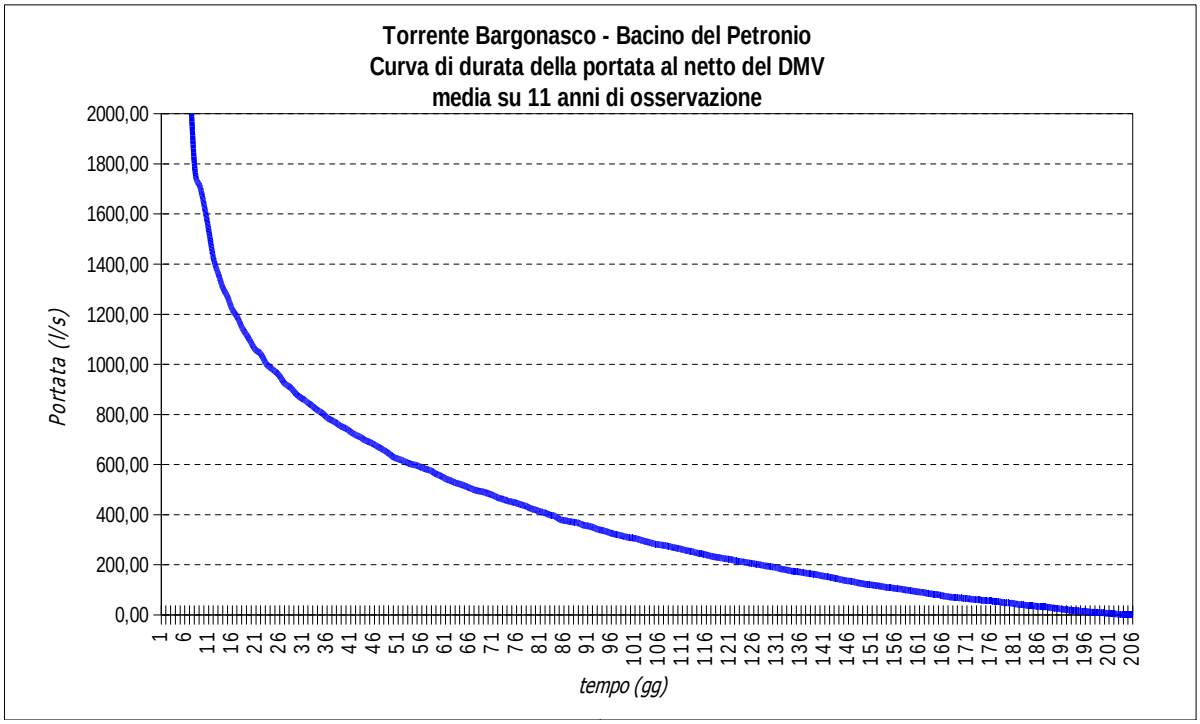
Pertanto:

$$\mathbf{DMV = 32{,}58\ l/s}$$

Torrente Bargonasco - Bacino del Petronio
Confronto ctra la curva di durata della portata e il DMV
media su 11 anni di osservazione







Durata [gg]	Qn [l/s]
30	872,62
60	554,57
90	358,76
120	224,25
150	121,34

5 VERIFICA DEL CANALE ESISTENTE

Segue verifica del canale che corre dal dissabbiatore fino alla vasca di carico, che deve garantire la portata massima prevista:

$$Q = A\ k\ R^{2/3}\ i^{1/2}$$

(Chezy con cotante Gaucler Strickler)

K= 60 (valido per canali in muratura di pietrame parzialmente intonacata)

b= 1,10 m (larghezza effettiva del canale)

h= 0,85 m (altezza massima del pelo libero dell'acqua)

A= 0,94 m2

i= 0,010 m/m

Raggio idraulico: R=A/P= 0,77 (canale pieno)

Portata del canale: Q= 4,74 m3/s = 4740 l/s > 700 l/s = Qmax

Velocita effettiva: Qmax/A= 0,74 m/s

6 DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA

VERIFICA DELLA CONDOTTA

Si assume che la velocità massima del fluido in condotta sia minore di 2 m/s, pertanto:

Diametro condotta in polietilene PN16= ϕ = 800 mm

Sezione idraulica della condotta = A = 0.46 m2

Portata massima di progetto = Qmax = 700 l/s

Velocità massima fluido in condotta = Qmax/A = 1,51 m/s < 2 m/s

PERDITE DI CARICO

Le perdite di carico sono cosi calcolate:

La condotta in progetto e in polietilene PN16= ϕ = 800 mm.

Si valutano i valori delle perdite di carico utilizzando la consueta formula di Chezy:

$$J = Q^2 / (A^2 c^2 R)$$

posti : ϕ = 0,80 m

con: Q = portata in transito [mc/s]

A = area condotta [m2] = 0,46 m2

$c = k R^{1/6} = 68.24$

dove k= coeff. Strickler = 90 per tubi nuovi

R = raggio idraulico = D/4 = 0,19 m

La perdita di carico totale e pari a J x L

In cui L e la lunghezza della condotta forzata, pari a : 164 m

Nella tabella seguente, per diversi valori delle portate si individuano le perdite di carico.

Q = Portata	J unitaria (m/m)	J tot	perdita %
700	0,004485056	0,735549103	0,45%
300	0,001922167	0,31523533	0,19%

7 RISPONDENZA A PRESCRIZIONI PARTICOLARI

Al fine di garantire anche la tutela della fauna ittica presente nel corso d'acqua soggetto all'opera di derivazione in progetto, è prevista la realizzazione, in corrispondenza dello sbarramento, di una struttura artificiale che consenta a pesci e ad altri organismi acquatici il superamento dell'opera di presa, struttura che comunque dovrà essere concordata in fase di progettazione esecutiva con la competente Area dell'Amministrazione Provinciale

In questo modo, gli organismi acquatici, potranno non solo effettuare gli spostamenti giornalieri in cerca di cibo, ma anche quelli periodici per la riproduzione e quelli occasionali per la fuga da stress ambientali locali.

Verrà inoltre installato, immediatamente a monte dell'opera di presa, uno strumento per la misurazione della portata naturale, e allo sbocco della condotta di restituzione un misuratore in continuo della portata rilasciata.

8 STIMA DELLA PRODUZIONE E DELLA POTENZA MASSIMA

L'impianto sarà composto da 1 turbina di tipo Pelton accoppiata ad un generatore sincrono della potenza di 400 kW.

La turbina è stata dimensionata in ragione della portata derivata Q_1

Q_1 = 700l/s

H_{eff} = salto al netto delle perdite di carico = 58,00 – 0,73 = 57,27m

$P_1 = g\ H_{eff}\ Q_1$ = 400kW

Da cui ne discende la seguente stima dell'energia prodotta su base annua:

E1 = energia prodotta dalla turbina che lavora a pieno regime per 45 gg/anno

$E1 = P_1\ \eta\ (45x24)$ = 346.000 kWh

E2 = energia prodotta dalla turbina che lavora non a pieno regime per 120 gg/anno

$E2 = P_2\ \eta\ (120x24)$ = 394.000 kWh

dove P_2 = 170 kW

per una produzione di energia all'anno pari a:

E = E1+E2 = 740 MWh

con $\eta = 0.8$

9 CONCLUSIONI

La derivazione massima che si intende utilizzare, e per la quale si presenta dunque domanda di concessione, risulta pari a:

Q = 700 l/s

Avendo analizzato la geomorfologia del bacino in esame e la sua idrologia, calcolato il valore di portata media e quella derivabile ai fini progettuali, tenuto conto della normativa esistente ma soprattutto della naturale necessità di preservare la qualità e le caratteristiche ecologiche del corso d'acqua e dell'intero ambiente fluviale, si è pervenuti alla stima della portata per cui si inoltra la presente domanda di concessione: essa è valutata in mod. 7, pari a 700 l/s.

Genova, 21 Novembre 2013

Studio Augusti

(Dott. Ing. Antonio Augusti)