Impianto mini-idroelettrico ad acqua fluente

“Molino di Fiorino”

RELAZIONE TECNICA

DESCRIZIONE DELL’INTERVENTO PROPOSTO



INDICE

1. Premessa 3
2. Introduzione 5
3. Il Molino di Fiorino 5
4. Idea progettuale 6
5. Aspetti normativi 9
6. Pianificazione del territorio 13
7. Descrizione del progetto 14
7.1. Opera di presa 14
7.1.1. Verifiche idrauliche 17
7.1.2. Verifica deflusso laterale come luce a battente 17
7.1.3. Verifica deflusso laterale come stramazzo in parete grossa 18
7.2. Canale a pelo libero 18
7.3. Controllo della portata derivata 20
7.4. Condotta forzata 21
7.4.1. Calcolo del tempo caratteristico della condotta forzata 22
7.5. Locale centralina 22
7.5.1. Girante Banki 25
7.5.2. Cassa turbina e iniettore 25
7.5.3. Gruppo di alimentazione 25
7.5.4. Generatore asincrono 25
7.5.5. Quadro elettrico di controllo 26
8. Analisi economica 28
8.1. Stima dei costi 28
8.2. Determinazione della produzione annua di energia elettrica 29

1. Premessa

Le energie rinnovabili o "integrative" sono costituite da quelle fonti che possono integrare la produzione di energia convenzionale ottenuta mediante l'utilizzo dei combustibili fossili come: petrolio, carbone, gas naturale. Si parla dunque di energia eolica, energia idroelettrica, energia solare (pannelli fotovoltaici), energia geotermica ed energia da biomassa. Le energie rinnovabili sono riconosciute ed incentivate a livello Europeo per i molteplici effetti positivi, tra cui è utile ricordare:

- Riduzione delle emissioni inquinanti di CO2 in atmosfera con conseguente riduzione dell'effetto serra (protocollo di Kyoto);
- Diversificazione delle fonti energetiche e riduzione dei consumi delle fonti energetiche fossili esauribili;
- Sviluppo di tecnologie ed economie e ambientalmente sostenibili;
- Contributo alla creazione di un rapporto armonico uomo-natura;
- Sostegno alle Comunità locali, in particolare quelle montane o disagiate, mediante la creazione di opportunità di lavoro, manutenzione del territorio, costituzione di punti di interesse per il turismo eco-sostenibile.

La Comunità Europea ha ufficialmente l'obiettivo comunitario del 20% di produzione di energia da fonti rinnovabili da raggiungere entro il 2020 da parte di tutti gli Stati membri, Italia inclusa.

La Fonte d'Energia Rinnovabile (FER) tradizionalmente utilizzata dall'uomo per la produzione di energia elettrica è l'energia idroelettrica. L'Italia ha una tradizione storica nel campo: fino al 1955 la quasi totalità di energia elettrica in Italia fu prodotta mediante impianti idroelettrici. Oggigiorno l'Italia produce una frazione generalmente superiore al 10% (12.7% nel 2006, 15.3% nel 2010, 17% nel 2020[1]) del proprio fabbisogno di energia elettrica dalla fonte idroelettrica: la produzione annua varia in base alla piovosità.

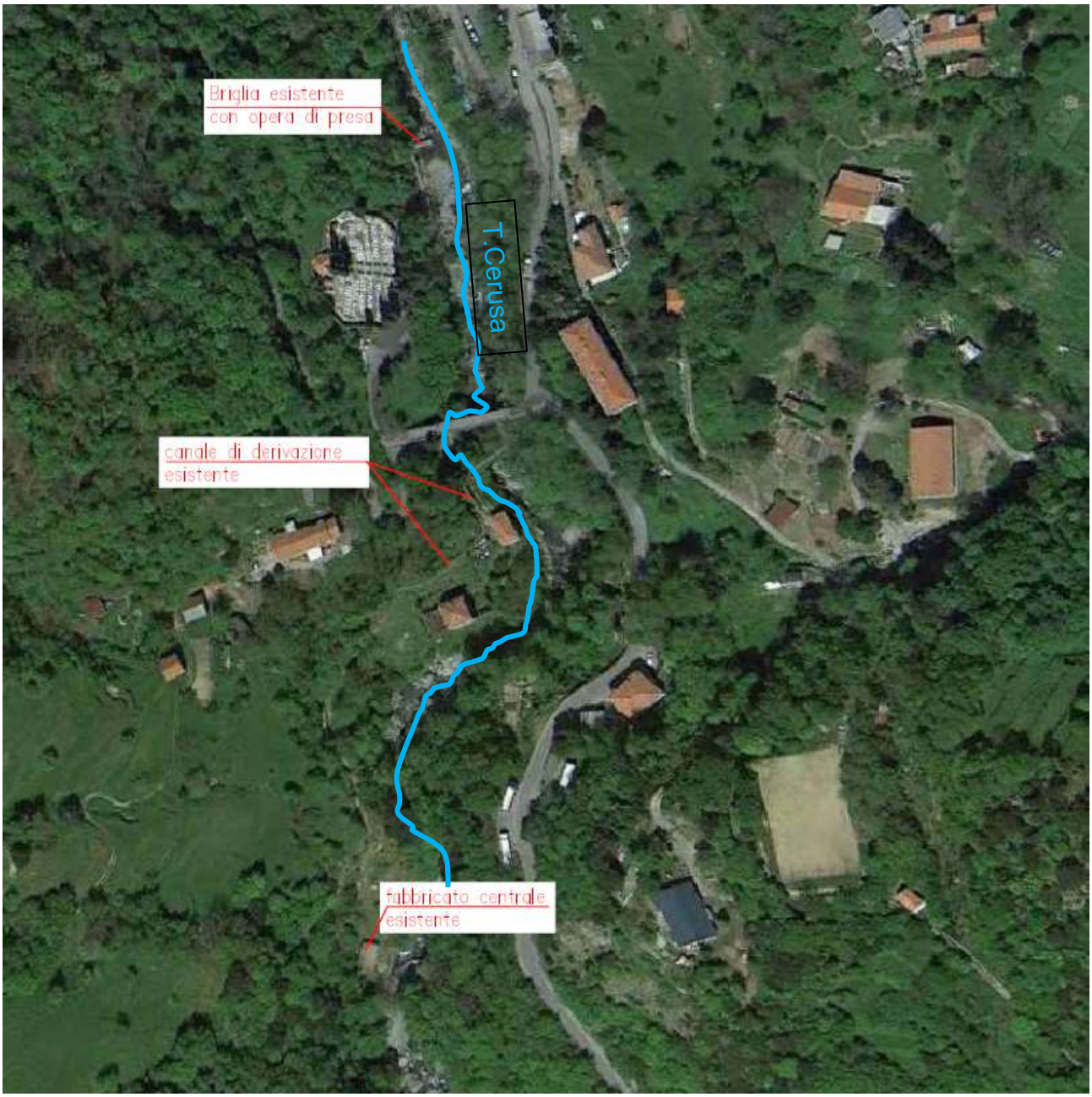
L'energia idroelettrica offre ancora oggi grandi opportunità di sfruttamento ambientalmente ed economicamente sostenibile, soprattutto nel campo del "mini-idroelettrico", cioè per impianti la cui potenza massima di picco è inferiore ad 1 MW elettrico[2].

In questo contesto Nazionale ed Internazionale, la presente iniziativa per la realizzazione di una centrale mini-idroelettrica in prossimità dell'abitato di Fiorino, andando a recuperare strutture che fanno parte dell'archeologia industriale dell'area vuole coniugare la produzione di energia rinnovabile con le

[1] https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche
http://www.gse.it/it/Dati%20e%20Bilanci/Osservatorio%20statistico/Pages/default.aspx,

[2] Il Libro Bianco dell'Energia in Italia, "Energia in Italia: problemi e prospettive (1990 - 2020)", Società Italiana di Fisica, 2008, identifica un potenziale non utilizzato in Italia pari al 50% della produzione idroelettrica Italiana attuale.

esigenze del territorio, caratterizzato da importanti problematiche di abbandono e di dissesto idrogeologico. La creazione di iniziative socialmente ed ambientalmente sostenibili vuole essere il punto di partenza di una rinascita e mantenimento dell’area attraverso la garanzia di un presidio continuo e costante.



2. Introduzione

Il presente Progetto si riferisce ad un impianto mini-idroelettrico di potenza inferiore a 100kWe con una portata di derivazione inferiore a 250 l/s per la generazione di energia elettrica che sarà realizzato sul territorio del Comune di Genova, Municipio del Ponente in località Fiorino.

L’iniziativa progettuale nasce dalla volontà del committente di recuperare alcuni manufatti storici, risalenti ad inizio ‘900, ed asserviti all’impianto idroelettrico utilizzato fino alla metà del secolo scorso.

3. Il Molino di Fiorino



Figura 1: *Edificio centrale esistente*

La frazione di Fiorino, appartenente al comune di Genova è situata in Val Cerusa, di cui è l’ultimo paese, ed è quasi totalmente posizionato in sponda orografica destra del torrente omonimo.

Il torrente Cerusa in prossimità dell’abitato di Fiorino scorre direzione prevalente N-S e andamento leggermente curvilineo, le sezioni sono assimilabili alla forma rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 15 e 40 m circa. La pendenza media è pari allo 7%.

Il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie e grosse dimensioni; entrambe le sponde sono delimitate dal versante naturale e non risultano pertanto arginate.

Come la maggior parte dei corsi d’acqua appenninici è caratterizzato da due massimi di piena, uno nel periodo primaverile ed uno nel periodo autunnale.

La scelta per una moderna conversione a mini-centralina ricade sul Molino di Fiorino per alcune motivazioni di aspetto logistico e di semplificazione progettuale.

Dal punto di vista logistico, sono facilmente accessibili, grazie alla strada comunale Fabbriche-Fiorino e in particolare da via Fiorino, sia la presa che il canale derivatore a pelo libero. L’area centrale è raggiungibile a piedi seguendo il canale derivatore e presenta un edificio in buono stato di conservazione e che andrà ad ospitare la macchina idraulica.

Dal punto di vista progettuale, il Molino di Fiorino presenta numerosi vantaggi a favore della semplificazione costruttiva e normativa.

Il canale derivatore a pelo libero, che è l’opera di maggior impatto in termini di lunghezza e superficie è in buono stato e verrà pertanto riutilizzato dopo adeguata manutenzione.

La funzionalità dell’opera di presa è invece legata ad un intervento di manutenzione della briglia esistente pesantemente danneggiata dall’alluvione del 2014 e ripristinata nell’anno 2020.

Il punto di presa e il punto di restituzione della portata che si vuole derivare dal torrente Cerusa sono già presenti nel database regionale, registrati ai numeri 13884 e 13885 rispettivamente.

La località è inoltre raggiunta da una linea di bassa tensione dell'ENEL, che facilita le operazioni di allacciamento riducendo notevolmente l’impatto ambientale ed i costi.

4. Idea progettuale

Prima di affrontare gli aspetti progettuali è utile ragionare sulle caratteristiche della struttura esistente e definire gli interventi necessari.

Le strutture esistenti erano asservite all’impianto di forza motrice funzionante fino agli anni ’50 e consistono in un’opera di presa posta in sponda orografica destra del Torrente Cerusa in prossimità dell’abitato di Fiorino ed in particolare circa 50 m prima del cimitero, e nel canale a pelo libero in pietra.

Il canale a pelo libero si estende per circa 300 m con una pendenza contenuta (0.05%) fino in prossimità della condotta forzata che lo collega, con un salto di circa 21 m al locale centrale.

Il progetto prevede di utilizzare l’esistente canale a pelo libero, a seguito di un adeguato intervento di pulizia e manutenzione restituendo la sua funzione ad una struttura di pregio di archeologia industriale. Analogamente verrà conservato il locale centrale che sarà oggetto di ristrutturazione parziale senza però demolizioni e rifacimenti e conservando quindi volumi di fabbricato esistenti.

Per quanto riguarda la captazione continuerà ad avvenire in sponda orografica destra grazie al ripristino della briglia ad essa asservita.

La quota dell’opera di derivazione è di **222,5 m s.l.m**, e le sue coordinate WGS84 per una precisa localizzazione sono 44.46143° N e 8.70824° E (GAUSS BOAGA LAT: 4923077.98 LONG: 1476733.96).

La captazione avverrà quindi in sponda orografica destra attraverso il recupero dell’opera di presa esistente, costituita da una luce di fondo posta sul muro di contenimento del canale a pelo libero, che adduce la portata derivata al canale stesso.

L’opera di presa prevede la realizzazione di una paratoia manuale che consente di regolare la derivazione fino ad annullarla nei periodi esclusi dalla richiesta di derivazione (GIUGNO SETTEMBRE), in casi di siccità nel periodo di concessione per garantire il deflusso minimo vitale, e in caso di interventi di manutenzione.

Il canale a pelo libero dovrà essere opportunamente ristrutturato al fine di mantenerne la funzionalità e garantirne l’impermeabilità.

L’esistente canale a pelo libero assolve la funzione di confluire la portata derivata dall’opera di presa alla condotta forzata che verrà realizzata in prossimità del locale centrale, sfruttando al meglio il salto esistente. Il canale estendendosi dalla presa alla condotta forzata per circa 300 m con una pendenza dello 0,1% assolve anche la funzione di sedimentazione delle particelle solide sospese nella lama fluida derivata.

L’opera a pelo libero è altresì dotata di sfioratore, posto a valle dell’opera di captazione, per la restituzione della portata derivata eccedente, di paratoie lungo il percorso per la manutenzione e di paratoia con funzione di scarico e di laminazione del troppo pieno nella sua sezione conclusiva.

Nella sezione finale del canale è collocato l’imbocco della condotta forzata che convoglia la portata derivata alla turbina idraulica. Tale condotta avrà una lunghezza di circa 30 m e garantisce un salto idraulico di circa 21,5 m.

Il locale centrale verrà ricavato dall’edificio esistente e ospiterà la macchina, i quadri elettrici e di controllo e da esso partirà il canale di restituzione delle portate turbinate al torrente Cerusa.



Figura 2: *traversa in prossimità dell’opera di presa, al centro la gaveta con profilo ribassato e la scala di risalita per l’ittiofauna, realizzata a seguito dei lavori di ripristinoper i danni dell’alluvione 2014 e, in sponda destra (a sinistra nella foto) canale a pelo libero*



Figura 3: *In sponda destra del torrente Cerusa a monte della traversa di fig.2 la bocca di presa esistente.*



Figura 4*: Tratto del canale a pelo libero (foto a sinistra) e sezione finale del canale stesso con imbocco condotta forzata e paratoia di scarico.*

La riattivazione dell’impianto mini-idroelettrico in progetto a seguito del recupero del canale a pelo libero esistente, della vasca di carico a ridosso della briglia, della realizzazione della condotta forzata nuova e di breve lunghezza, e con il recupero del locale turbina permette il conseguimento dei seguenti vantaggi:

1) Utilizzo del massimo salto disponibile a parità di portata derivata
2) Recupero di opere idrauliche in disuso (canale a pelo libero)
3) Recupero di volumetrie edificate ed in stato di semi-abbandono (locale centrale);
4) Minimo impatto ambientale anche attraverso l’azzeramento della costruzione di nuove volumetrie.



***Figura 5**: Tratto del torrente Cerusa a monte della briglia,*

L’impianto mini-idroletterico verrà connesso in bassa tensione, utilizzando la linea esistente posta in prossimità dell’edificio centrale.

5. Aspetti normativi

La necessità di recepire gli standard internazionali (Protocollo di Kyoto) e Comunitari ha spinto il legislatore italiano a definire una normativa specifica per la promozione dell’energia elettrica da fonti rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità. Si riportano nel seguito alcuni estratti delle Leggi e Decreti più significativi.

LEGGE 9 gennaio 1991, n. 10

Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

Articolo 1.

1. Al fine di migliorare i processi di trasformazione dell'energia, di ridurre i consumi di energia e di migliorare le condizioni di compatibilita' ambientale dell'utilizzo dell'energia a parita' di servizio reso e di qualita' della vita, le norme del presente titolo favoriscono ed incentivano, in accordo con la politica energetica della Comunita' economica europea, l'uso razionale dell'energia, il contenimento dei consumi di energia nella produzione e nell'utilizzo di manufatti, l'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia, la riduzione dei

consumi specifici di energia nei processi produttivi, una piu' rapida sostituzione degli impianti in particolare nei settori a piu' elevata intensita' energetica, anche attraverso il coordinamento tra le fasi di ricerca applicata, di sviluppo dimostrativo e di produzione industriale.

2. La politica di uso razionale dell'energia e di uso razionale delle materie prime energetiche definisce un complesso di azioni organiche dirette alla promozione del risparmio energetico, all'uso appropriato delle fonti di energia, anche convenzionali, al miglioramento dei processi tecnologici che utilizzano o trasformano energia, allo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia, alla sostituzione delle materie prime energetiche di importazione.

3. Ai fini della presente legge sono considerate fonti rinnovabili di energia o assimilate: il sole, il vento, l'energia idraulica, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione dei rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali. Sono considerate altresi' fonti di energia assimilate alle fonti rinnovabili di energia: la cogenerazione, intesa come produzione combinata di energia elettrica o meccanica e di calore, il calore recuperabile nei fiumi di scarico e da impianti termici, da impianti elettrici e da processi industriali, nonche' le altre forme di energia recuperabile in processi, in impianti e in prodotti ivi compresi i risparmi di energia conseguibili nella climatizzazione e nell'illuminazione degli edifici con interventi sull'involucro edilizio e sugli impianti. Per i rifiuti organici ed inorganici resta ferma la vigente disciplina ed in particolare la normativa di cui al decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915, e successive modificazioni ed integrazioni, al decreto-legge 31 agosto 1987, n. 361, convertito, con modificazioni, dalla legge 29 ottobre 1987, n. 441, e al decreto-legge 9 settembre 1988, n. 397, convertito, con modificazioni, dalla legge 9 novembre 1988, n. 475.

4. L'utilizzazione delle fonti di energia di cui al comma 3 e' considerata di pubblico interesse e di pubblica utilita' e le opere relative sono equiparate alle opere dichiarate indifferibili e urgenti ai fini dell'applicazione delle leggi sulle opere pubbliche.

Decreto Legislativo 29 dicembre 2003 n° 387/2003

Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità.

Articolo 12

“Razionalizzazione e semplificazione delle procedure autorizzative

1**.** Le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono **di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti**.

2. Restano ferme le procedure di competenza del Mistero dell'interno vigenti per le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi.

3. La costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, gli interventi di modifica, potenziamento, rifacimento totale o parziale e riattivazione, come definiti dalla normativa vigente, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, sono soggetti ad una **autorizzazione unica, rilasciata dalla Regione o dalle Province delegate dalla Regione, nel rispetto delle normative vigenti in materia di tutela dell'ambiente, di tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico , che costituisce, ove occorra, variante allo strumento urbanistico** . A tal fine la Conferenza dei servizi è convocata dalla Regione entro trenta giorni dal ricevimento della domanda di autorizzazione. Resta fermo il pagamento del diritto annuale di cui all'articolo 63, commi 3 e 4, del Testo Unico delle disposizioni legislative concernenti le imposte sulla produzione e sui consumi e relative sanzioni penali e amministrative, di cui al decreto legislativo 26 ottobre 1995, n. 504, e successive modificazioni. Per gli impianti offshore l'autorizzazione è rilasciata dal Ministero dei trasporti, sentiti il Ministero dello sviluppo economico e il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, con le modalità di cui al comma 4 e previa concessione d'uso del demanio marittimo da parte della competente autorità marittima.

4. **L'autorizzazione di cui al comma 3 è rilasciata a seguito di un procedimento unico, al quale partecipano tutte le Amministrazioni interessate, svolto nel rispetto dei principi di semplificazione e con le modalità stabilite dalla legge 7 agosto 1990, n. 241, e successive modificazioni e integrazioni. Il rilascio dell'autorizzazione costituisce titolo a costruire ed esercire l'impianto in conformità al progetto approvato e deve contenere l'obbligo alla rimessa in pristino dello stato dei luoghi a carico del soggetto esercente a seguito della dismissione dell'impianto o, per gli impianti idroelettrici, l'obbligo alla esecuzione di misure di reinserimento e recupero ambientale. Fatto salvo il previo espletamento, qualora prevista, della verifica di assoggettabilità sul progetto preliminare, di cui all'articolo 20 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152**, e successive modificazioni, il termine massimo per la conclusione del procedimento unico non può essere superiore a novanta giorni, al netto dei tempi previsti dall'articolo 26 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, per il provvedimento di valutazione di impatto ambientale.

4-bis. Per la realizzazione di impianti alimentati a biomassa e per impianti fotovoltaici, ferme restando la pubblica utilità e le procedure conseguenti per le opere connesse, il proponente deve dimostrare nel corso del procedimento, e comunque prima dell'autorizzazione, la disponibilità del suolo su cui realizzare l'impianto.

5. All'installazione degli impianti di fonte rinnovabile di cui all'articolo 2, comma 1, lettere b) e c) per i quali non è previsto il rilascio di alcuna autorizzazione, non si applicano le procedure di cui ai commi 3 e 4. Ai medesimi impianti, quando la capacità di generazione sia inferiore alle soglie individuate dalla tabella A

allegata al presente decreto, con riferimento alla specifica fonte, si applica la disciplina della denuncia di inizio attività di cui agli articoli 22 e 23 del testo unico di cui al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, e successive modificazioni. Con decreto del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, d'intesa con la Conferenza unificata di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, e successive modificazioni, possono essere individuate maggiori soglie di capacità di generazione e caratteristiche dei siti di installazione per i quali si procede con la medesima disciplina della denuncia di inizio attività.

6. L'autorizzazione non può essere subordinata né prevedere misure di compensazione a favore delle Regioni e delle Province.

7. Gli impianti di produzione di energia elettrica, di cui all'articolo 2, comma 1, lettere b) e c), possono essere ubicati anche in zone classificate agricole dai vigenti piani urbanistici. Nell'ubicazione si dovrà tenere conto delle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali, alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale di cui alla legge 5 marzo 2001, n. 57, articoli 7 e 8, nonché del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 228, articolo 14.

9. Le disposizioni di cui ai precedenti commi si applicano anche in assenza della ripartizione di cui all'articolo 10, commi 1 e 2, nonché di quanto disposto al comma 10.

10. In Conferenza unificata, su proposta del Ministro delle attività produttive, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del Ministro per i beni e le attività culturali, si approvano le linee guida per lo svolgimento del procedimento di cui al comma 3. Tali linee guida sono volte, in particolare, ad assicurare un corretto inserimento degli impianti, con specifico riguardo agli impianti eolici, nel paesaggio. In attuazione di tali linee guida, le Regioni possono procedere alla indicazione di aree e siti non idonei alla installazione di specifiche tipologie di impianti. Le Regioni adeguano le rispettive discipline entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore delle linee guida. In caso di mancato adeguamento entro il predetto termine, si applicano le linee guida nazionali."

DGR n. 691 del 03 agosto 2018

Deliberazioni n.3/2017 CIP dell'Autorità di distretto idrografico del fiume Po e dell'Appennino Settentrionale di adozione della "Direttiva per la valutazione del rischio ambientale delle derivazioni - Adempimenti conseguenti.

Il documento riporta le modalità attuative della "Valutazione del rischio ambientale connesso alle derivazioni idriche" di cui all’Art. 37 delle Norme di Attuazione del Piano di Tutela delle Acque, per la regione Liguria.

DGR n.609 del 25 luglio 2018 e DGR n.961 del 23 novembre 2018

Deliberazioni n. 4/2017 delle Conferenze Istituzionali Permanenti dell'Autorità di distretto idrografico del fiume Po e dell'Appennino Settentrionale di adozione della "Direttiva Deflussi Ecologici" - Adempimenti conseguenti.

DGR n.961 del 23 novembre 2018

Modifica alla DGR n.609/2018 relativamente alla definizione del fattore correttivo N nella determinazione del minimo deflusso vitale (DMV) relativo al Piano di Tutela delle Acque

6. Pianificazione del territorio

Il progetto si inserisce armoniosamente all’interno del Piano Urbanistico Comunale del Comune di Genova che definisce l’area di intervento Area di Conservazione del Verde Urbano strutturato e consente interventi su edilizia esistente con incrementi fino al 20% dei volumi. Il progetto, come evidenziato, non prevede l’ampliamento di volumi rispetto all’esistente.

Si osserva la non-interferenza con altre opere idrauliche, prelievi di acqua a fini irrigui, acquedotti. Infatti, il tratto del torrente Cerusa oggetto dell’intervento non viene attualmente utilizzato.

Con riferimento alla normativa ambientale vigente, si producono le seguenti osservazioni:

L’impianto ricade al di sotto dei limiti dimensionali oltre i quali è necessario sottoporre a procedura di assoggettabilità di V.I.A.

L’acqua pubblica del torrente Cerusa è riportata al punto 69 dell’elenco acque pubbliche della Provincia di Genova.

Per quanto riguarda l’aspetto urbanistico si pone in evidenza il minimo impatto sul contesto urbanistico esistente e sull’ambiente in particolare per i seguenti aspetti di dettaglio:

- Il progetto non prevede la realizzazione di nessun nuovo edificio, con naturale minimo impatto ambientale e visivo.
- Le opere sono state dimensionate secondo criteri di soddisfacimento minimo delle specifiche progettuali e attraverso il recupero dell’esistente
- La presenza della linea elettrica di Fiorino consentirà la connessione senza la necessità di realizzare un elettrodotto dedicato.

In merito alla compatibilità con altre derivazioni, come si evince anche dalla documentazione cartografica allegata, l'intervento che si propone risulta compatibile con le norme di attuazione del Piano di Tutela delle acque della Regione Liguria in quanto soddisfa i criteri di cui all'**art. 31 comma 1** e **comma 4 lettera e).**

Il progetto infatti non prevede la realizzazione di nuovi sbarramenti ma prevede la riattivazione di un'opera di presa dismessa ma ancora esistente e già destinata alla produzione di energia idroelettrica prima del 1962.

Considerando gli aspetti del possibile impatto da un punto di vista giuridico, in riferimento anche alla normativa vigente richiamata precedentemente, ai sensi del comma 4, art. 1 della Legge 10/9, e del comma 1, art. 12, del decreto legislativo n.387/2003, "*Le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti*".

Si segnala inoltre come l'intero progetto si sviluppa in aree di proprietà del Proponente.

7. Descrizione del progetto

L'impianto mini-idroelettrico sfrutta l'energia idraulica del torrente Cerusa, captato ad una quota di 222,5 m s.l.m. e inviato tramite un canale a pelo alla condotta forzata e, di qui, alla centralina sita in sponda orografica destra del medesimo torrente alla quota di 201,0 m s.l.m, (circa 1,0 m sotto il piano di campagna, posto a 202, m) a valle dell'abitato di Fiorino.

L'impianto presenta le seguenti caratteristiche generali:

- superficie totale del sottobacino pari a 8,8 km^2;
- salto lordo complessivo pari a 21,5 m, salto netto pari a 20,5 m;
- canale a pelo libero, lunghezza pari a circa 300 m, sezione 0,9x0,7 m
- portata di derivazione nominale pari a 200 l/s;
- diametro interno condotta forzata pari a 380,4 mm;
- lunghezza complessiva della condotta forzata pari a 1230 m;
- potenza elettrica nominale pari a 40,19 kW;

7.1. Opera di presa

L'opera di presa sul torrente Cerusa è localizzata alla quota di 222,5 m s.l.m. immediatamente a monte di una briglia esistente parzialmente distrutta dall'evento alluvionale dell'ottobre 2014 e ripristinata nell'anno 2020.

La presa si configura come una luce di fondo con stramazzo in parete grossa posta nella stessa sezione della vecchia presa asservita all’impianto funzionante nei primi decenni del ‘900 e della ferriera, anch’essa abbandonata da decenni.



Figura 6: *Posizione dell'opera di presa e della traversa immediatamente a valle, sul Torrente Cerusa*

Il punto risulta ottimale anche per il ripristino proposto dal presente intervento in quanto permette di minimizzare la realizzazione di nuovi manufatti;

Il manufatto di presa ha svolgimento longitudinale rispetto al corso d’acqua, presenta una bocca, ricavata nela parete in pietra del canale di derivazione esistente, ha lunghezza pari a circa 1,5 m e altezza pari a 0,45 m, la sua quota inferiore posta circa 5 cm al di sopra del ciglio inferiore della traversa sul torrente.

Il progetto prevede che la portata derivata dalla presa raggiunga il canale a pelo libero esistente subito a valle della bocca e di qui, dopo un percorso di circa 300 m, sia convogliata alla condotta forzata. Tale canale assolve anche la funzione di carico, dissabbiatore e sedimentazione della lama fluida derivata.

In prossimità della bocca di presa nella parte interna del canale verrà realizzata una paratoia avente lo scopo di impedire la derivazione dell’acqua quando si rendono necessarie manutenzioni e quando, per ragioni idrologiche e/o ambientali (eventi di siccità) si renda necessario interrompere il prelievo.

Nel progetto proposto viene realizzata una paratoia in corrispondenza della bocca di presa per poter regolare la derivazione e inibirla nei 4 mesi dell’anno esclusi dal periodo richiesto di concessione (GIUGNO-OTTOBRE)

La presa lavorerà come luce a stramazzo in parete grossa per livelli di tirante idraulico fino a 19 cm sopra il livello della bocca di presa; quando il tirante idraulico sale sopra i 19 cm, la presa lavorerà come luce a battente e la paratoia potrà essere regolata per assicurare la derivazione della portata di progetto (200 l/s)



Figura 7 *Bocca dell'opera di presa in sponda destra*

Il canale a pelo libero, risalente agli inizi del ‘900, costruito in calcestruzzo e pietra, verrà ripristinato e recuperato al fine di garantirne la funzionalità e l’impermeabilità.

L’opera di presa dal punto di vista geometrico presenta mediamente una sezione di 1,5x0,45 m, le pareti sono spesse circa 0,3 m. Il canale, immediatamente a valle della traversa asservita all’opera di presa, presenta

uno sfioratore per la restituzione dell'eventuale eccesso di portata ed una paratia di fondo che consente lo svuotamento e la pulizia.

7.1.1. Verifiche idrauliche

L'opera di presa sarà quindi ricavata a monte della briglia esistente e, come visto, si svilupperà longitudinalmente al corso d'acqua, in sponda orografica destra.
Il rispetto del rilascio **DMV** è assicurato dal profilo conferito alla briglia di dimensioni tale da assicurare un deflusso della portata superiore al valore calcolato nell'Allegato1 alla presente relazione e pari a **18**,7 l/s.
La bocca di presa si configura come una luce di fondo che in esercizio ordinario, cioè con un tirante idraulico inferiore alla sua altezza, si comporta come uno stramazzo in parete grossa.

Conferendo una larghezza di 1.6 m il dimensionamento della bocca di presa, per l'impianto a progetto deve essere adeguato a derivare la portata richiesta, pari a **200** l/s.

Si eseguono due verifiche idrauliche sulla funzionalità della presa ovvero della capacità della bocca di captare la portata di progetto.

Come descritto in precedenza la presa si configura come un deflusso laterale che lavora come luce a battente quanto il tirante idraulico è superiore alla sua altezza, pari a 0,3 m, e come uno stramazzo in parete grossa nelle altre condizioni. L'altezza della bocca di presa potrà essere regolata da una apposita paratoia quando le condizioni di lavoro saranno quelle di "luce a battente", ovvero per livelli di tirante idraulico sulla bocca che determinano portate derivate superiori ai 200 l/s .

7.1.2. Verifica deflusso laterale come luce a battente

La relazione che regola il deflusso attraverso una luce a battente, con le ipotesi di luce piccola e carico costante sulla bocca, è quella formulata da Bazin:

$$Q = C_c \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \qquad (7.1)$$

Dove:

Q: portata che defluisce dalla luce a battente, nel progetto deve essere garantita la massima derivabile, pari a 200 l/s.

C_c: coefficiente di contrazione della vena fluida che nel caso a progetto, assimilabile ad un efflusso da paratoia si può considerare pari a 0,611 (Kirchoff)

A: ampiezza della luce, nel presente progetto pari alla lunghezza della bocca di presa **1,6 m**

h: tirante idraulico, misurato tra la media quota della luce e il pelo libero della corrente nel corso d'acqua; la verifica viene condotta nella condizione in cui il livello del pelo libero inizia a rendere la luce a battente, condizione più sfavorevole per il deflusso della portata massima derivabile, pari a 200 l/s.

Conducendo la verifica per la condizione sopra esposta in cui la bocca di presa si comporta come luce a battente, con h pari a 0,18 m si avrà 216 l/s > 200 l/s, pertanto la verifica risulta soddisfatta.

7.1.3. Verifica deflusso laterale come stramazzo in parete grossa

La relazione che regola il deflusso attraverso uno stramazzo a parete grossa è la seguente:

$$Q = 0{,}385 \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot H^{\frac{3}{2}} \qquad (7.2)$$

Dove:

Q: portata che defluisce dalla luce a stramazzo in parete grossa, nel progetto deve essere garantita la massima derivabile, pari a 200 l/s

b: larghezza della luce, nel presente progetto pari alla lunghezza della bocca di presa **1,6** m

H: tirante idraulico rispetto all’estradosso dello stramazzo

Per ottenere il deflusso della portata massima derivabile, pari a 200 l/s, basta garantire un tirante idraulico pari a 0,18 m che consente un deflusso di 208 l/s > 200 l/s.

7.2. Canale a pelo libero

Il canale a pelo libero assolve la duplice funzione di addurre la portata derivata alla condotta forzata e di garantire la sedimentazione delle particelle solide sospese nella portata fluida derivata. La parte terminale del canale prevede in parete sinistra la bocca della condotta forzata e nell’ultima sezione uno sfioratore ed una paratoia avente il compito di svuotare il canale per effettuare interventi di manutenzione ordinaria e/o straordinaria;

Il canale nel tratto finale, in prossimità dell’imbocco della condotta forzata, ha anche una minima funzione di carico, garantendo la sommersione della bocca della condotta forzata.

Il progetto prevede di sfruttare il canale esistente, realizzato agli inizi del ‘900 quando serviva il tornio e l’impianto della cartiera.

Realizzato in calcestruzzo e pietra il canale verrà conservato nella sua struttura attuale avendo cura di provvedere alla necessaria pulizia conseguente agli anni di inutilizzo, eseguendo una manutenzione straordinaria al fine di garantirne l’efficienza nel trasporto della portata derivata.



Figura 8: *Canale di derivazione in prossimità della presa, e paratoia di restituzione*

Si prevede inoltre la sostituzione di parte delle paratoie in ferro che assolvono la funzione di scarico del canale per la pulizia del canale.

In particolare si andranno a sostituire e/o installare ex novo paratoie manuali a:

- bocca di presa
- scarico a valle della presa
- sezione finale del canale, immediatamente a valle dell’imbocco della condotta forzata.

Dal punto di vista idraulico il canale esistente dovrà garantire il deflusso della portata massima derivabile, pari a 200 l/s.

Tale verifica viene condotta applicando la relazione di Chezy con coefficiente di Gauckler Strickler per le condotte a pelo libero:

$$Q = k_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \cdot A \qquad \textbf{(7.3)}$$

Dove:

Q: portata che defluisce nel canale a pelo libero, nel progetto deve essere garantita la massima derivabile, pari a 200 l/s

k_s: coefficiente Gauckler-Strickler che esprime la scabrezza del canale e nel presente progetto, canale con fondo in calcestruzzo, assunto pari a 65 $m^{1/3}/s$.

i: pendenza al fondo del primo tratto di canale pari allo 0,1 %

A: sezione media del canale pari a 0,63 m^2 (0,9x0,7 m)

Il canale esistente, applicando la relazione (7.3) con i valori sopra riportati, consente il deflusso di 516 l/s > 200 l/s pertanto risulta idoneo al deflusso della massima portata derivabile a progetto.

7.3. Controllo della portata derivata

Il progetto prevede di installare due misuratori di livello con tecnologia elettromagnetica/ultrasuoni per eseguire un monitoraggio della portata derivata e verificare il mantenimento del DMV nel corso del torrente.

I misuratori di livello avranno le seguenti caratteristiche:

- principio di misura elettromagnetico/ultrasuoni
- campo di misura velocità 0,1÷6m/s - livello 0÷2m
- indicazione portata istantanea e totalizzazione
- Segnale d'uscita 4÷20mA – Relè
- Datalogger per la registrazione

Lo strumento consentirà di misurare il livello del pelo libero in 2 punti specifici, il primo in prossimità della traversa che si trova immediatamente a valle della bocca di presa. Questo dispositivo misurerà il livello del pelo libero in corrispondenza della traversa il cui profilo risulterà elevato rispetto al livello della bocca di presa. Se nel periodo di concessione, il misuratore rileva livelli inferiori a quelli corrispondenti al deflusso della portata minima in alveo, viene eseguita la chiusura della paratoia sulla bocca di presa interrompendo la derivazione.

Un secondo misuratore di livello, analogo al precedente, sarà installato opportunamente nel canale di adduzione consentendo la misura della portata derivata tramite il rilievo del livello nel canale stesso, e quindi consentirà di effettuare le regolazioni della macchina idraulica per il funzionamento ottimale.



Figura 9: *Misuratore di livello per la misura della portata derivata nel canale di derivazione*

7.4. Condotta forzata

La condotta forzata si estende dal canale a pelo libero a quota 221,5 m s.l.m. (quota fondo canale) sino alla quota della centrale posta a 201,0 m s.l.m. con uno sviluppo complessivo lineare di circa 30 m. La condotta forzata è realizzata con tubo di PVC rigido per condotte in pressione conforme alla norma UNI EN 1452, con PN6 per l’intero tratto, del diametro esterno DN400. La restituzione dell’acqua captata avviene nel torrente Cerusa.

La condotta, considerato il breve percorso, circa 30 m, e la morfologia del tratto che scende con forte pendenza lungo il pendio, sarà posta in opera in superficie utilizzando adeguati appoggi e sistemi di ancoraggio al terreno.

Si provvederà a ricoprirla con geotessuto al fine favorire lo sviluppo della vegetazione e l’inserimento dell’opera nell’ambiente.







Figura 10: *Vista del locale centrale dal canale di derivazione, imbocco della condotta forzata, punto di ingresso della condotta forzata nel locale centrale*

7.4.1. Calcolo del tempo caratteristico della condotta forzata

Ai fini di prevenire il colpo d'ariete e programmare opportunamente i tempi di apertura e chiusura della condotta forzata, si esegue di seguito la stima del tempo caratteristico della condotta.

Si assume la densità dell'acqua ρ = 1000 kg/m^3.

La celerità, cioè la velocità della propagazione delle onde di pressione all'interno della condotta, viene calcolata mediante la formula per tubazione PVC (derivata dalla formula completa di Allievi):

$$celerità = \frac{9990}{\sqrt{\frac{6660}{PN} + 15}} = 193.0\ m/s \qquad (7.4)$$

ove la pressione nominale di esercizio è stata posta pari a quella massima, cioè PN=2,5 bar.

Si calcola quindi il tempo caratteristico di condotta □:

$$\theta = 2\frac{LunghezzaCondotta}{celerità} = 0.31\,s \qquad (7.5)$$

Si calcolano le pressioni min e max per chiusura brusca (t<θ) mediante la formula di Joukowski, riportando le pressioni relative (pressione atmosferica = 0) e considerando una velocità massima dell'acqua c=0.7 m/s :

Pmax_regime = Hteorico·g·ρ = 22,5·9,81·1000 = 2.2 bar
Pmax_brusca = Pmax_regime + ρ·celerità·c = 2.35 bar
Pmin_brusca = Pmax_regime - ρ·celerità·c = 2.05 bar

Si calcolano ora le pressioni min e max per chiusura lenta (t>θ, t = 5·θ) mediante la formula di Allievi-Michaud, riportando le pressioni relative (pressione atmosferica = 0):

Pmax_lenta = Pmax_regime + 2·ρ·c·LunghezzaCondotta / t = 2.06 bar
Pmin_lenta = Pmax_regime - 2·ρ·c·LunghezzaCondotta / t = 2.36 bar

7.5. Locale centralina

La centralina è posizionata sulla sponda destra dell'alveo ad una quota di 202,0 m s.l.m. (quota piano campagna) all'interno di un locale esistente che ospitava una vecchia turbina Francis del 1911 che fino agli anni '50 forniva elettricità alla cartiera della famiglia che ne era proprietaria.
L'edificio esistente, pur necessitando di manutenzione conseguente allo stato di semi-abbandono in cui versa dagli anni '50, presenta ancora buone condizioni di stabilità e di tenuta alla permeabilità della copertura; si procederà tuttavia ad una adeguata manutenzione.
L'edificio sarà adibito a sala macchine ed al suo interno saranno posizionate la turbina idraulica, il generatore elettrico e i quadri elettrici.
Nella sala macchine si trova anche la vasca di scarico, sottostante la turbina, collegata direttamente all'opera di restituzione nel torrente Cerusa.



Figura 11: *locale centralina e sottostante scarico in alveo nello stato di conservazione attuale*



Figura 12: *Interno del locale centralina, con la turbina di tipo Francis ancora installata*

L’impianto idroelettrico proposto viene realizzato per il funzionamento in parallelo alla rete elettrica Nazionale, con la quale opererà in regime di cessione totale dell’energia elettrica generata.

La scelta della tecnologia di conversione idraulica è fatta in relazione alle caratteristiche dei salti e delle portate e si è previsto l’utilizzo di una turbina di tipo Banki con distributore regolabile, che consente di mantenere un rendimento alto anche per piccole frazioni di portata nominale.

E’ riportato in Figura 13 una rappresentazione del caratteristico rotore Banki.

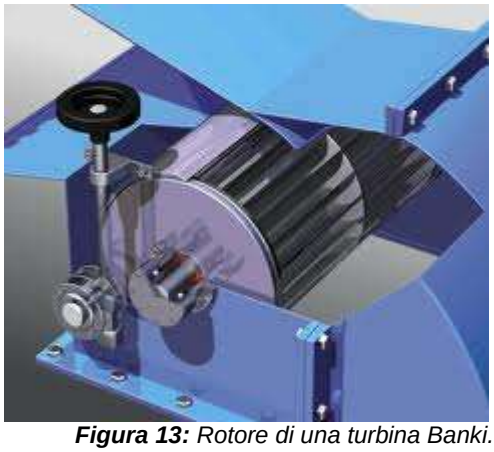


Figura 13: *Rotore di una turbina Banki.*

La girante viene montata direttamente sull'albero del generatore asincrono. La cassa turbina è costituita da un composto saldato in lamiera d'acciaio. In essa è alloggiato il tegolo per la regolazione dell'acqua. La regolazione avviene automaticamente mediante un servomotore elettrico completo di fine corsa. Una scala graduata indica il grado di apertura del tegolo.

Il tegolo di regolazione non ha funzione di fermata della turbina per cui non è prevista la sua totale chiusura. Nell'iniettore è ricavato uno sportello per poter accedere facilmente all'interno del medesimo ed alla ruota, per consentire l'ispezione e l'eventuale pulizia.

All’avviamento il tegolo di regolazione della portata può essere posizionato in qualsiasi posizione. Effettuate le verifiche dei parametri controllati, si procede all’avviamento della turbina con l’apertura della valvola a farfalla. La turbina si avvia ed al raggiungimento dei giri si effettua la chiusura del parallelo rete. Il tegolo di regolazione portata si posiziona secondo le indicazioni dei controlli di livello o di pressione inseriti nell’impianto o secondo i comandi ricevuti

Al momento della fermata dell'impianto (mancanza di rete elettrica, fermata volontaria, guasti) si chiuderà la valvola a farfalla azionata elettricamente e si aprirà la valvola di by-pass di scarico nel caso di impianti su acquedotti.

La scelta dell'azionamento elettrico semplifica l’automazione dell'impianto con il solo utilizzo di un semplice sistema di carica ed accumulo. Inoltre l’assenza della centralina oleodinamica garantisce la totale impossibilità di contaminazione dell’acqua con olio.

L'avvio e l'arresto dell'impianto è subordinato al controllo dei parametri elettrici (tensione, frequenza, ecc.) ed impiantistici tensione batterie mentre la regolazione della portata sarà subordinata ai valori di livello o pressione.

La scelta dell'azionamento elettrico semplifica l’automazione dell'impianto con il solo utilizzo di un semplice sistema di carica ed accumulo. Inoltre l’assenza della centralina oleodinamica garantisce la totale impossibilità di contaminazione dell’acqua con olio.

L'avvio e l'arresto dell'impianto è subordinato al controllo dei parametri elettrici (tensione, frequenza, ecc.) ed impiantistici tensione batterie mentre la regolazione della portata sarà subordinata ai valori di livello o pressione.

7.5.1. Girante Banki

La girante è composta da pale saldate direttamente ai dischi laterali. Tutta la girante è in acciaio INOX AISI 316/L. L'albero è bloccato sulla girante mediante due pinze coniche. Esso ruota su due cuscinetti a rulli esterni alla turbina, dove è impedito alcun contatto con l'acqua. I cuscinetti sono dotati di ingrassatori per la lubrificazione periodica. Un moltiplicatore di giri a cinghia dentata trasmette il moto al generatore.

7.5.2. Cassa turbina e iniettore

La cassa turbina è costituita da un composto saldato in lamiera d'acciaio. In essa è alloggiato il tegolo per la regolazione dell'acqua. La regolazione avviene automaticamente mediante un servomotore elettrico completo di fine corsa. Una scala graduata indica il grado di apertura del tegolo. Il tegolo di regolazione non ha funzione di fermata della turbina per cui non è prevista la sua totale chiusura.

Nell'iniettore è ricavato uno sportello per poter accedere facilmente all'interno del medesimo ed alla ruota, per consentire l'ispezione e l'eventuale pulizia. La cassa turbina ed i particolari non in acciaio inox vengono sabbiati, zincati a spruzzo a caldo e successivamente verniciati con vernici epossidiche.

7.5.3. Gruppo di alimentazione

Consente il collegamento alla condotta forzata della cassa turbina. Ad esso è collegata la valvola a farfalla di comando dell'impianto ed un attacco per la presa del manometro. La valvola a farfalla è azionata da un attuatore pneumatico o elettrico. La valvola a farfalla è azionabile anche manualmente. Il collegamento alla condotta avviene mediante un raccordo flangiato.

7.5.4. Generatore asincrono

Per il generatore asincrono si utilizza un motore asincrono opportunamente dimensionato. Ai piedini del generatore è fissata un'apposita piastra che ne facilita il posizionamento. E' previsto un ulteriore trattamento

per ambienti umidi, per gli avvolgimenti e per la vernice esterna. Su richiesta possono essere inserite delle scaldiglie anticondensa e dei contatti bimetallici sugli avvolgimenti.

Scheda tecnica riassuntiva dati del generatore idroelettrico	
Potenza attiva	45kW
Tensione	400 V
Cosϕ	0.80 a 4/4
Rendimento	0,90 a 4/4
Velocità di rotazione nominale	1520 giri/min
Velocità di fuga	2700 giri/min
Raffreddamento	ventilazione in aria
Isolamento	classe F
Protezione	IP 55
Grado di equilibratura	ridotta
Posizione di funzionamento	verticale
Cuscinetti	a sfera
Peso generatore con turbina	200 kg circa

7.5.5. Quadro elettrico di controllo

Il quadro elettrico di controllo e comando è progettato per il funzionamento in parallelo con l'ENEL in bassa tensione BT. E' previsto il funzionamento in manuale o automatico.

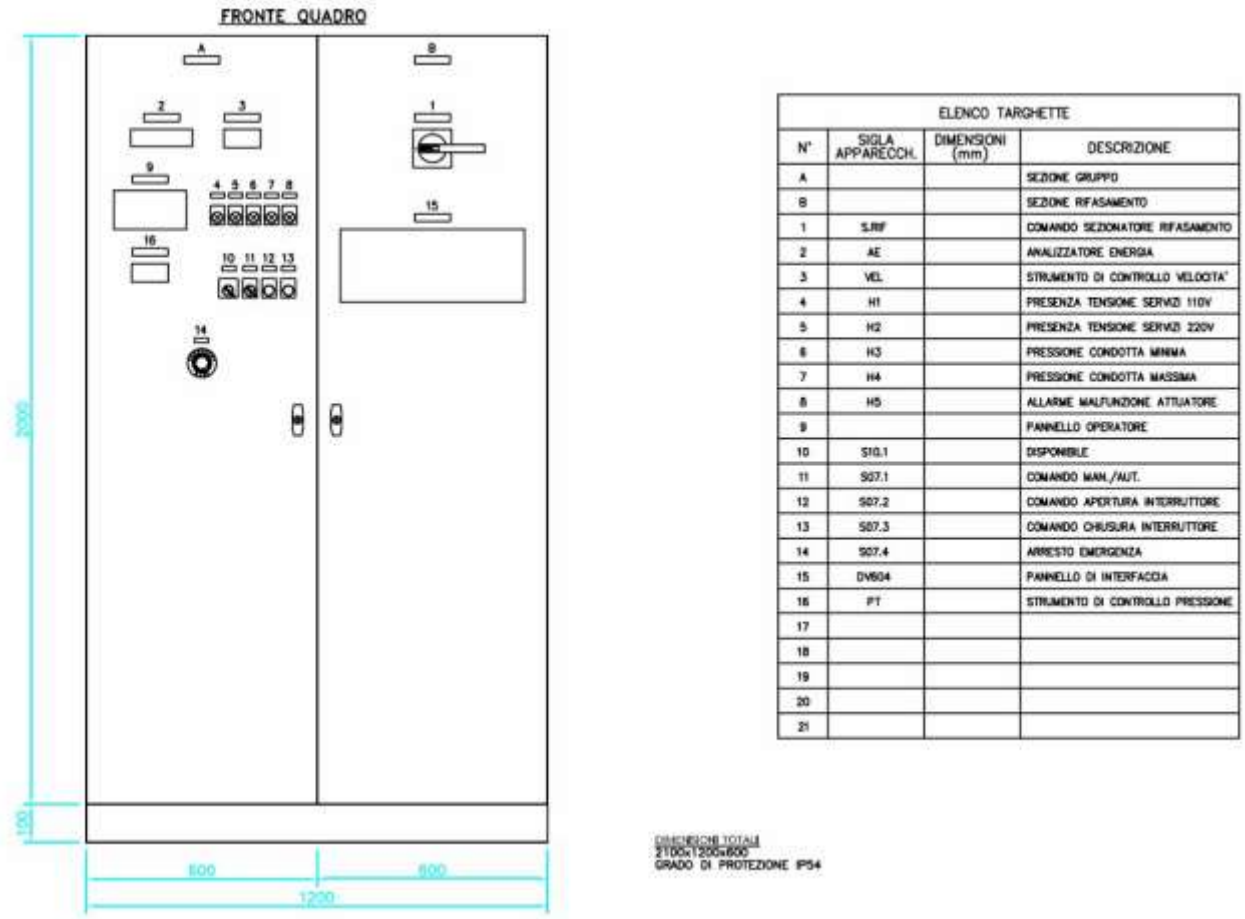
Il quadro elettrico è costituito da un armadio metallico suddiviso generalmente in due sezioni contenenti le apparecchiature necessarie al buon funzionamento dell’impianto.

Il quadro è costruito e collaudato secondo le vigenti norme CEI. L’apparecchiatura progettata e costruita secondo normativa EN 60439-1.

Le caratteristiche principali sono le seguenti:

- Interruttore di parallelo composto da interruttore magnetotermico motorizzato o teleruttore.
- Strumento digitale multifunzione per misura di tensione, corrente, potenza attiva, potenza reattiva, cosϕ, frequenza ed altri parametri elettrici.

- Pannello operatore con visualizzazione allarmi e possibilità di modifica parametri variabili sul programma.
- Batteria condensatori di rifasamento tale da soddisfare le richieste di cosϕ del gruppo.
- Sezionatore e teleruttore per inserimento batteria condensatori.
- Controllore programmabile di gestione di tutte le funzioni di controllo e regolazione
- Tachimetro elettronico controllo giri.
- Dispositivo lampeggiante presenza tensione.
- Interruttori magnetotermici modulari di protezione servizi e comandi.
- Parametri controllati: minima tensione batteria, minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minimo e massimo livello o pressione condotta.
- Sistema di telesegnalazione su linea commutata
- Energia ausiliaria: fornita da accumulatori ermetici al piombo con adeguato caricabatteria
- Peso: 350 kg. ca. max.
- Dimensioni: 1600x600x2000mm



ELENCO TARGHETTE			
N°	SIGLA APPARECCH.	DIMENSIONI (mm)	DESCRIZIONE
A			SEZIONE GRUPPO
B			SEZIONE RIFASAMENTO
1	SRF		COMANDO SEZIONATORE RIFASAMENTO
2	AE		ANALIZZATORE ENERGIA
3	VEL		STRUMENTO DI CONTROLLO VELOCITA'
4	H1		PRESENZA TENSIONE SERVIZI 110V
5	H2		PRESENZA TENSIONE SERVIZI 220V
6	H3		PRESSIONE CONDOTTA MINIMA
7	H4		PRESSIONE CONDOTTA MASSIMA
8	H5		ALLARME MALFUNZIONE ATTUATORE
9			PANNELLO OPERATORE
10	S10.1		DISPONIBILE
11	S07.1		COMANDO MAN./AUT.
12	S07.2		COMANDO APERTURA INTERRUTTORE
13	S07.3		COMANDO CHIUSURA INTERRUTTORE
14	S07.4		ARRESTO EMERGENZA
15	DV604		PANNELLO DI INTERFACCIA
16	PT		STRUMENTO DI CONTROLLO PRESSIONE
17			
18			
19			
20			
21			

Figura 14: *Quadro di controllo e di comando del gruppo idroelettrico*

8. Analisi economica

Al fine di verificare la fattibilità economico-finanziaria dell’iniziativa si è proceduto a stilare il computo metrico estimativo, la valutazione della produzione annua media di energia elettrica ed, infine, l’analisi della gestione economica.

8.1. Stima dei costi

Si effettua una stima dei costi prevedibili in fase di realizzazione dell’impianto, facendo riferimento alle principali voci che intervengono nella progettazione e costruzione di un impianto idroelettrico in relazione allo specifico caso in esame. Tutti i costi si intendono IVA esclusa.

a. **Opera di presa:** costo comprensivo di calcestruzzo avente una R'bk non minore di 250 kg/cmq, casseformi, scavi in terreno roccioso e non, acciaio per l’armatura minima prevista dalla normativa vigente, rinterri, paratoie, rinfranco in pietrame, ogni onere compreso e compensato, pozzetti prefabbricati per scarico di acque piovane, di dimensioni minime esterne cm 50 x 50 x 50, compresi scavo, rinterro, collegamento alle condotte in afflusso e deflusso ed ogni onere. Prezzi ricavati dal prezziario della Regione Liguria.

Costo di una opera di presa: **15.000 €**

b. **Canale a pelo libero:** intervento di manutenzione del canale al fine di renderlo funzionale e impermeabilizzarlo.costo. Prezzi ricavati dal prezziario della Regione Liguria.

Costo totale ripristino canale a pelo libero: **8.000 €**

c. **Condotta forzata:** costo comprensivo di scavo in terreno non roccioso, letto di posa in materiale arido, rinterro e tubazione in PVC, in grado di portare la portata di derivazione stimata e un opportuno numero di raccordi e curve per la lunghezza necessaria. Tubo di PVC PN6 per il trasporto di acqua potabile e da potabilizzare, conforme alla norma UNI EN 1452 del diametro esterno DN400 per una lunghezza L = 30 m che garantisce la portata nominale Qd = 200 l/s.

Costo specifico: 100 €/m
Costo totale: **3.000 €**

d. **Centralina:** manutenzione locale centrale per sala macchine e locale ENEL, opere complementari, pavimentazione industriale, serramenti, fondazioni, canale di restituzione ed impianto igienico-sanitario.

Costo totale: **12.000 €**

e. **Opere elettromeccaniche:** Gruppo elettro-meccanico comprensivo di generatore elettrico e girante Banki, quadri di comando e controllo, sensori di pressione e di livello, linea di terra, quadro di interfaccia rete elettrica, allacciamento alla rete ENEL, trasporto, montaggio e collaudo.

Costo totale: **120.000 €**

f. **Imprevisti:** 5% della somma delle precedenti voci.

Costo totale: **7.900 €**

g. Progettazione, Autorizzazione, Sicurezza e Direzione Lavori: progettazione, pratiche autorizzative, pratiche connessione e incentivazione, direzione lavori, sicurezza ai sensi della 81/08

Costo totale: **30.000 €**

TOTALE COSTI: 195.900 €

I prezzi indicati sono da ritenersi IVA esclusa, e sono stati ottenuti per quanto riguarda le opere civili facendo riferimento a preventivi già ottenuti ed al prezzario della Regione Liguria, la stima di costo della macchina è soggetta alle possibili variazioni dovute al mercato dell'acciaio e delle apparecchiature elettriche particolarmente variabile in questo periodo.

8.2. Determinazione della produzione annua di energia elettrica

Per la valutazione della produzione annua stimata di energia elettrica, si considerano i seguenti dati:

- Dislivello statico tra imbocco della condotta forzata, e scarico turbina pari in questo caso a 21,5 m.
- Perdite di carico nella condotta forzata
- Portata naturale nel torrente e DMV
- Deflusso Minimo Vitale, fissato in questo caso pari a 20 l/s.
- Portata di derivazione disponibile.

A questo punto facendo riferimento alle portate derivabili dopo aver sottratto il deflusso minimo vitale, è possibile valutare l'energia teorica disponibile in base al salto netto disponibile: il salto netto è ottenuto dal salto lordo a meno delle perdite di carico distribuite lungo la condotta forzata.
L'energia elettrica reale netta è ottenuta dall' energia teorica disponibile sottraendo le perdite dovute a:

- l'efficienza della ruota Banki;
- il rendimento elettrico-meccanico del generatore,
- il rendimento di linea elettrica.

Ai fini pratici si possono trascurare gli autoconsumi di centrale, che nel caso di questi impianti sono minimi, e quindi considerare l'energia reale lorda pari all'energia reale netta ceduta alla rete.

Si è quindi proceduto al calcolo delle perdite di carico relative alla condotta per la sua lunghezza pari a 30 m, trascurando le perdite di carico concentrate a causa dell'assenza di variazioni di sezione o di direzione repentine.
per flussi turbolenti come nel caso in esame, è possibile utilizzare la formula di Colebrook-White di seguito riportata.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2Log\left(\frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}} + \frac{\frac{\varepsilon}{d}}{3{,}71}\right) \qquad (8.1)$$

Dove d è il diametro interno della tubazione DN400 adottata per il progetto ed ε il coefficiente di scabrezza, che per tubi in PVC e PE si assume pari a 0.02: si è quindi ottenuto, per la tubazione di diametro DN400 in corrispondenza della portata di derivazione di progetto (200 l/s), una perdita di carico di circa **6 mm/m**, ovvero pari a circa 18 cm considerando la lunghezza della condotta pari a 30 m.
Il salto netto che si va quindi a considerare per la stima della conversione energetica della portata derivata è di **21.32** m.
Quindi per calcolare i valori di energia producibile mensilmente, in accordo alle portate disponibili nel torrente e quelle richieste dal progetto dettagliate nella specifica relazione, si calcola la potenza relativa ai valori di portata media mensile e si moltiplica per il tempo in cui le portate si verificano secondo la relazione (7.3), ove Q rappresenta la portata media giornaliera (l/s), ρ la densità dell'acqua (0.997 kg/l), g l'accelerazione di gravità (9.8 m/s^2), H il salto netto (m), η il rendimento di conversione elettromeccanica (0.88), GG il numero dei giorni nel mese considerato, e 24 le ore presenti in un giorno.

$$E = Q * \rho * g * H * \eta * GG * 24 \quad \text{kWh/mese} \qquad (7.3)$$

MESE	GG	Q naturale Molino Fiorino [l/s]	DMV [l/s]	Q derivata Molino Fiorino [l/s]	P [kW]	Energia prodotta [kWh]	
Gennaio	31	361	18.5	200	33,4	24.872	
Febbraio	28	362	18.5	200	33,4	22.465	
Marzo	31	387	18.5	200	33,4	24.872	
Aprile	30	374	18.5	200	33,4	24.069	
Maggio	31	349	18.5	200	33,4	24.872	
Giugno	30	208	18.5	0	0,0	0	
Luglio	31	113	18.5	0	0,0	0	
Agosto	31	68	18.5	0	0,0	0	
Settembre	30	149	18.5	0	0,0	0	
Ottobre	31	367	18.5	200	33,4	24.872	
Novembre	30	416	18.5	200	33,4	24.069	
Dicembre	31	387	18.5	200	33,4	24.872	
					TOTALE	194.962	kWh/anno

L'energia reale netta calcolata tiene conto di un rendimento globale assumendo i valori medi per i seguenti sottosistemi:

- efficienza media della ruota Banki e della condotta, posto pari a 85%;
- rendimento elettrico-meccanico medio del generatore, posto pari a 96%;
- rendimento di linea elettrica, posto pari a 98%.

Il rendimento globale di centrale sarà quindi pari a 0.85 *0.96 *0.98 = 0.80.

L'energia reale netta mediamente prodotta all'anno ed interamente ceduta alla rete elettrica è quindi pari a **194.962 kWh**. Tale produzione di energia elettrica corrisponde al fabbisogno elettrico medio annuo di circa 65 famiglie, e rappresenta quindi un positivo e significativo contributo per il territorio, che virtualmente potrà contare su una fonte di energia rinnovabile a soddisfare le esigenze delle famiglie della località di Fiorino (GE).