

Realizzazione di una microcentrale idroelettrica sulla condotta di adduzione tra le captazioni delle sorgenti e il serbatoio di Caviano.

Studio preliminare. Gennaio 2008.

Progetto Nr. 102162

Elaborato da:
Studio Ingegneria Sciarini SA
CH-6574 Vira Gambarogno

Per incarico di:
Municipio di Caviano, Società Elettrica Sopracenerina, Svizzera Energia per le Infrastrutture



Committente:

Municipio di Caviano, Società Elettrica Sopracenerica, Svizzera Energia per le Infrastrutture

Comune di Caviano

CH-6578 Caviano

Tel. +41 91 794 25 25 , Fax. +41 91 794 29 46

Con il sostegno dell'Ufficio Federale dell'Energia

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11 , Fax +41 31 323 25 00

Incaricato:

Studio Ingegneria Sciarini SA

CH-6574 Vira Gambarogno

Tel. +41 91 785 90 30 , Fax +41 91 785 90 39

Autore:

Matteo Mutti

Indice

1	Introduzione	p. 1
2	Situazione attuale	p. 3
3	Disponibilità d'acqua	p. 6
4	Soluzioni proposte per il recupero energetico	p. 8
4.1	Analisi tecnica: calcoli idraulici, potenza erogabile ed energia prodotta	p. 8
4.2	Analisi economica: costi, ricavi e redditività	p. 19
5	Conclusioni	p. 22

Allegato: Preventivo di massima

1. Introduzione

A nome del lodevole Municipio di Caviano in data 30 aprile 2007 il nostro studio d'ingegneria ha inoltrato all'Ufficio Federale dell'Energia (Programma Svizzera Energia Microcentrali Elettriche) la richiesta di un contributo per la progettazione preliminare di un recupero energetico sulla condotta di adduzione dell'acqua potabile tra le captazioni sorgive ed il serbatoio che alimenta la rete di distribuzione del paese. La richiesta è stata accompagnata dal preventivo d'onorario di progettazione del 30 aprile 2007.

Il 29 maggio 2007 l'Ufficio Federale dell'Energia ha accolto tale richiesta, con un sussidio del 44% sull'onorario di progettazione.

Attualmente la portata delle sorgenti dalla camera di raccolta a quota 910 m s.m. viene addotta al serbatoio di Caviano a quota 460 m s.m. tramite tubazioni di piccolo diametro (con due condotte parallele in PE Ø_e 80 mm e PE Ø_e 60 mm per un tratto di circa 1150 m e con una condotta singola in PE Ø_e 60 mm per un tratto di circa 200 m).

Tali condotte riforniscono inoltre il serbatoio Monti a quota 730 m s.m. (tale serbatoio provvede a compensare i consumi della rete di distribuzione della frazione omonima) e sono interrotte da diverse camere di rottura, disposte lungo il percorso in modo piuttosto irregolare, che dissipano l'energia idraulica in eccesso.

La condotta di adduzione nel suo complesso copre peraltro un dislivello molto interessante (circa 450 m) su un percorso di lunghezza significativa (circa 1350 m).

Appare quindi subito chiaro come, nel caso in cui si presentasse la necessità di sostituire la tubazione attuale per vetustà o altre ragioni, una soluzione tecnica che preveda l'adozione di condotte di diametro e resistenza maggiori e l'inserimento di uno o più gruppi turbina-generatore lungo il tracciato che raggiunge il serbatoio di Caviano sia senz'altro meritevole di attenzione, poiché ne risulterebbe un migliore sfruttamento delle risorse idriche disponibili, producendo energia elettrica pulita e rinnovabile con un impatto ambientale pressoché nullo.

Nel novembre 2006, per incarico del Municipio di Caviano, il nostro studio aveva già allestito un rapporto preliminare inerente la fattibilità di un recupero energetico sulla tratta citata, nel quale erano state analizzate alcune differenti possibilità progettuali, valutandone preliminarmente le caratteristiche tecniche e finanziarie¹.

—

¹ Comune di Caviano, "Acquedotto comunale, studio di fattibilità di recupero energetico", novembre 2006

Questo studio si propone dunque di approfondire quanto analizzato nel 2006 limitatamente alle soluzioni ritenute complessivamente più vantaggiose, sviluppando i seguenti aspetti:

- valutare il quantitativo d'acqua disponibile presso le sorgenti di Caviano (sulla base della registrazione delle misurazioni di portata in entrata del serbatoio principale, disponibili a partire dal giugno '06);
- verificare la fattibilità tecnica del collegamento idraulico tra la camera di raccolta delle sorgenti e il serbatoio principale di Caviano ipotizzando la sostituzione delle condotte esistenti con una condotta di diametro e resistenza adeguate e l'inserimento di un gruppo turbina-generatore presso il serbatoio;
- individuare i tratti più critici in relazione alle variazioni di pressione a cui la condotta sarebbe soggetta in seguito alla realizzazione di una tale scelta progettuale;
- verificare la potenza elettrica che potrebbe erogarsi con un tale impianto e valutare l'energia che potrebbe prodursi annualmente, tenendo conto delle variazioni di portata che vengono naturalmente a verificarsi durante il corso delle stagioni;
- valutare la realizzabilità dell'impianto anche dal punto di vista economico stimandone la redditività;
- verificare inoltre che l'opera sia compatibile con l'integrazione e l'alimentazione del serbatoio intermedio Monti (a quota 730 m s.m.) situato lungo la tratta per l'alimentazione della frazione omonima.

2. Situazione attuale

In base a rilievi in situ e a informazioni forniteci dal Municipio, attualmente le condotte di adduzione (due tubazioni parallele in PE Ø_e 80 mm e PE Ø_e 60 mm per un tratto di circa 1150 m e una tubazione singola in PE Ø_e 60 mm per un tratto di circa 200 m) dalla camera di raccolta delle sorgenti (a quota 910 m s.m.) raggiungono il serbatoio di Caviano (a quota 460 m s.m.) attraverso un percorso piano-altimetrico irregolare (si consulti per i dettagli la Planimetria alla pagina seguente e la Figura 2.1). La lunghezza complessiva del tracciato è pari a circa 1350 m mentre il dislivello geodetico o salto lordo risulta di circa 450 m.

Tali condotte, vetuste e in stato precario, presentano peraltro diametri inadeguati a svolgere le funzioni richieste da un impianto per la produzione di energia elettrica sia perché incapaci di resistere meccanicamente alle pressioni di esercizio sia perché il flusso d'acqua transitante, a causa degli sforzi di natura viscosa, dissiperebbe troppa energia tra la camera di carico e il gruppo turbina-generatore. Esse, come già evidenziato nel precedente lavoro, andrebbero perciò sostituite.

Il serbatoio di Caviano è stato invece costruito nel 1985 e versa in buone condizioni. Nella camera di manovra al piano superiore del serbatoio, dove giunge la condotta di adduzione, è già presente una cameretta di raccolta dell'acqua (dalla quale l'acqua si dirama nelle due vasche principali), sopra la quale sarebbe possibile l'installazione di un gruppo turbina-generatore, tuttavia con diverse modifiche e aggiunte alle armature idrauliche esistenti (tubi di raccordo, saracinesche, condotta di by-pass della turbina, ecc.).

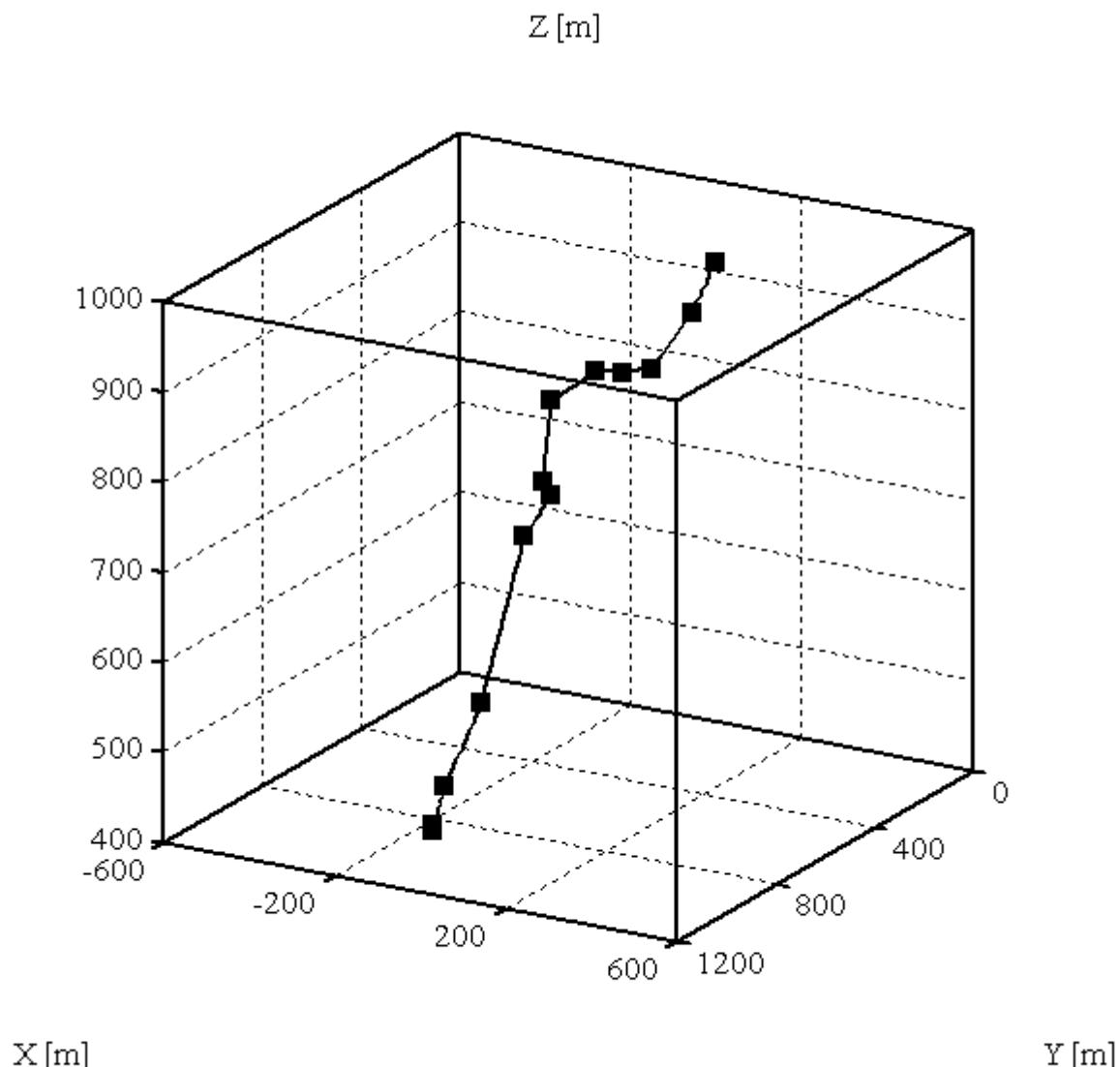


Figura 2.1. Schema piano-altimetrico (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi) della condotta di adduzione tra la camera di raccolta delle sorgenti (quota 910 m s.m.) e il serbatoio di Caviano (quota 460 m s.m.).

3. Disponibilità d'acqua

Il Municipio di Caviano ha reso disponibili i valori giornalieri e medi mensili misurati dal contatore sulla condotta in entrata del serbatoio nel periodo 2006-2007. Come può dedursi dai valori medi complessivi relativi al periodo di osservazione (in Tabella 3.1), si tratta di una portata media poco significativa con scarti limitati tra le portate minime e massime registrate. Occorre tuttavia osservare che i quantitativi d'acqua sorgiva affluenti al serbatoio sono limitati dalla capacità idraulica dell'attuale condotta di adduzione ($\mathcal{Q}_{\text{est}} 60 \text{ mm} / \mathcal{Q}_{\text{int}} \text{ ca. } 50 \text{ mm}$), valutati in ca. 300÷340 l/min.

Tabella 3.1. Caratteristiche medie delle sorgenti di Caviano nel periodo 2006-2007.

Sorgenti di Caviano	$Q \left[\frac{1}{\text{s}} \right]$	$Q \left[\frac{1}{\text{min}} \right]$	$Q \left[\frac{\text{m}^3}{\text{g}} \right]$
Portata minima	~4.5	~277.8	~400.0
Portata media	~5.0	~302.0	~435.0
Portata massima	~5.5	~326.4	~470.0

Per procedere a una analisi più precisa della disponibilità d'acqua nel corso dell'anno, le frequenze di distribuzione delle portate sono state valutate adottando una funzione di distribuzione di probabilità di tipo lognormale a due parametri (media e deviazione standard) e stimando la media $\mathbf{m}(\ln Q)$ e la deviazione standard $\mathbf{s}(\ln Q)$ della distribuzione in funzione della media campionaria $m(Q)$ e della deviazione standard campionaria $s(Q)$ (i.e. $\mathbf{m}(\ln Q) = f(\mathbf{m}(Q), \mathbf{s}(Q))$ e $\mathbf{s}(\ln Q) = g(\mathbf{m}(Q), \mathbf{s}(Q))$ dove $\mathbf{m}(Q) = m(Q)$ e $\mathbf{s}(Q) = s(Q) = 0.1m(Q)$).

Nelle Figure 3.1 e 3.2 sono riportate la funzione densità di probabilità (Figura 3.1) e la funzione densità di probabilità cumulata (Figura 3.2) utilizzate per stimare la produttività delle sorgenti nel corso dell'anno.

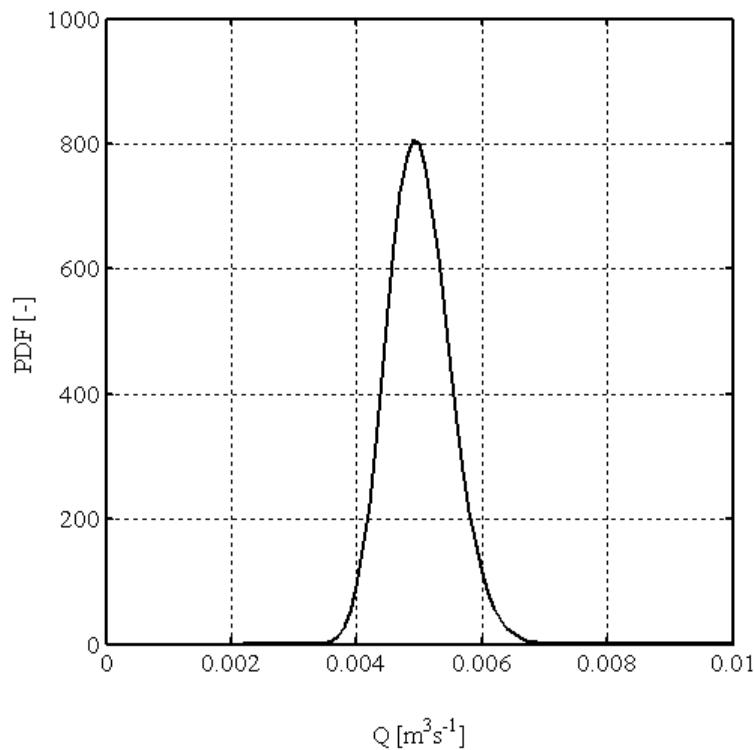


Figura 3.1. Funzione densità di probabilità di tipo lognormale per le portate delle sorgenti di Caviano stimata in base ai dati disponibili sull'intero periodo.

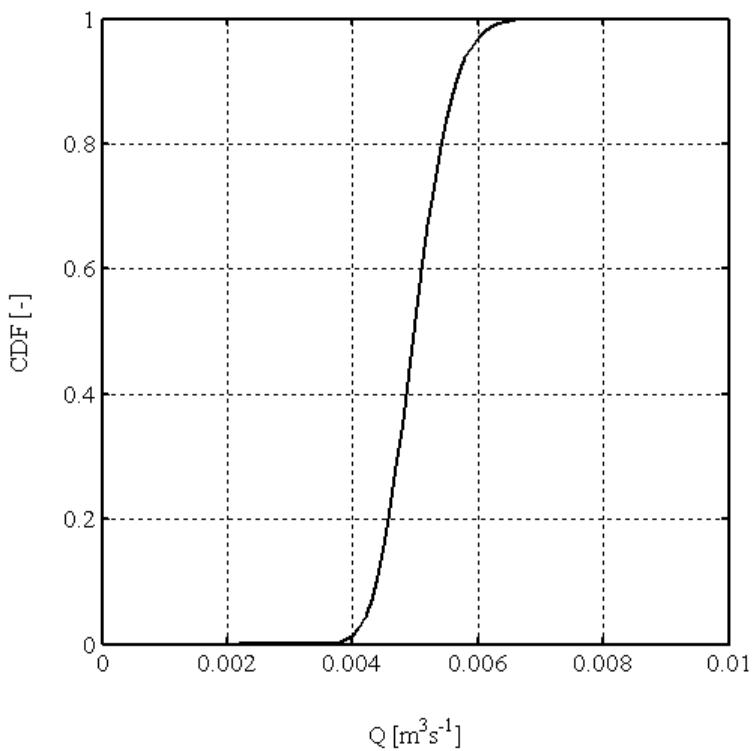


Figura 3.2. Funzione densità di probabilità cumulata di tipo lognormale per le portate delle sorgenti di Caviano stimata in base ai dati disponibili sull'intero periodo.

4. Soluzioni proposte per il recupero energetico

Nel caso in cui la condotta dovesse essere sostituita per raggiunti limiti di esercizio, si prospetterebbero due soluzioni alternative.

Una prima soluzione sarebbe quella di posare una condotta a bassa pressione con nuove camere di dissipazione dell'energia disposte lungo il percorso. Una seconda soluzione consisterebbe invece nel posare una condotta forzata ad alta resistenza e nell'installare un gruppo turbina-generatore per la produzione di energia elettrica nel serbatoio di Caviano.

Ci occuperemo dell'analisi di fattibilità tecnica ed economica di questa ultima soluzione.

4.1. Analisi tecnica: calcoli idraulici, potenza erogabile ed energia prodotta

Si presentano nel seguito le diverse soluzioni elaborate. Tutte risultano integrabili con le esigenze di alimentazione del serbatoio Monti.

Variante n. 1

Una prima soluzione prevede di sfruttare integralmente il carico lordo disponibile per la generazione di energia.

Tale obiettivo risulta perseguitabile sostituendo la camera di raccolta delle sorgenti a quota 910 m s.m. con una nuova che serva anche da camera di carico e sostituendo l'attuale condotta con una tubazione \varnothing 100 mm di adeguata resistenza tra la camera di carico e il gruppo turbina-generatore a quota 465 m s.m. (si consultino per ulteriori dettagli la Planimetria a pag. 12 e la Figura 4.4).

Il maggior diametro della condotta è reso necessario dalla condizione che, per i diversi valori della portata eventualmente turbinabile, le perdite di carico distribuite lungo la condotta non riducano eccessivamente il carico netto disponibile sulla turbina e non inducano depressioni in punti sfavorevoli del percorso.

Con tale scelta la potenza media dell'impianto (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata media delle sorgenti) risulterebbe quindi di circa 15 kW mentre la potenza massima (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata massima delle sorgenti) potrebbe raggiungere all'incirca i 20 kW. Complessivamente l'energia prodotta nell'arco di un anno ammonterebbe a circa 130'000 kWh (si consultino la Figura 4.2 e la Figura 4.3 per ulteriori dettagli).

Per completezza in Figura 4.1 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione (\varnothing 100 mm) tra la camera di raccolta e carico delle

sorgenti e il serbatoio di Caviano per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 10 l/s. Inoltre nelle Figure 4.2 e 4.3 sono riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

Vantaggi:

- Il salto disponibile sarebbe sfruttato integralmente;
- la gestione e automazione del sistema sarebbe semplice.

Svantaggi:

- sarebbe necessario adeguare/sostituire la camera di raccolta delle sorgenti a quota 910 m s.m. in modo che possa fungere da camera di carico per l'impianto;
- sarebbe necessaria una derivazione d'acqua al serbatoio Monti, tramite l'installazione di valvole di riduzione della pressione e di regolazione de flusso in entrata del serbatoio;
- la tubazione attuale dovrebbe essere sostituita con una condotta di diametro e resistenza maggiori e ciò si tradurrebbe in un investimento economico considerevole data la sua significativa lunghezza.

Maggiori dettagli sono deducibili dalla Planimetria alla pagina seguente e dalla Figura 4.4 in cui è riportato sinteticamente lo schema idraulico previsto.

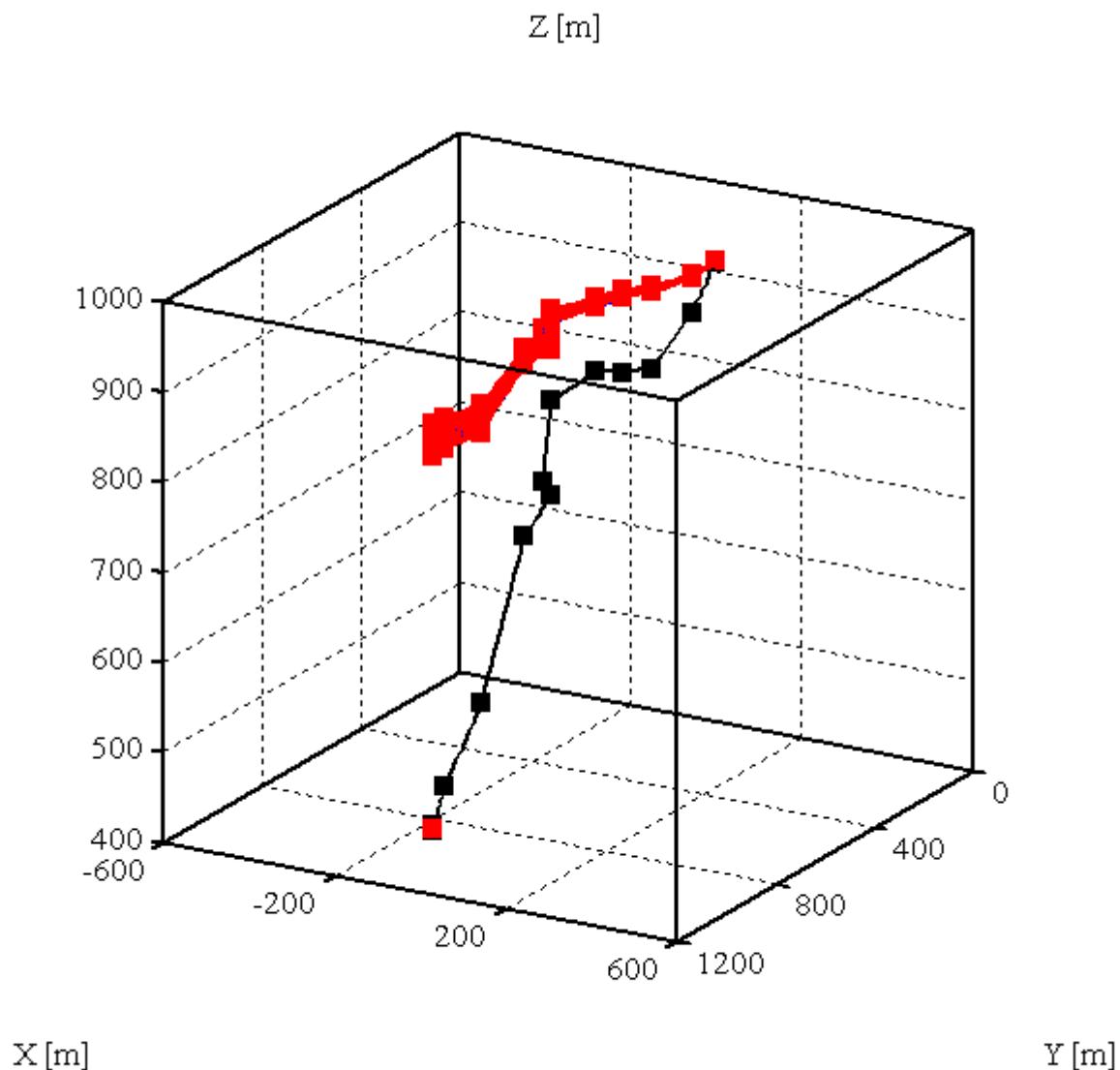


Figura 4.1. Variante n. 1. Quote geometriche (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi), quote piezometriche (linee blu per le condotte e quadrati blu per i nodi) e carichi totali (linee rosse per le condotte e quadrati rossi per i nodi) sulla condotta di adduzione ($\varnothing 100$ mm) tra la camera di raccolta e carico delle sorgenti (quota 910 m s.m.) e il gruppo turbina-generatore da collocare nella camera di manovra al piano superiore (quota 465 m s.m.) del serbatoio di Caviano per diverse condizioni di portata turbinata.

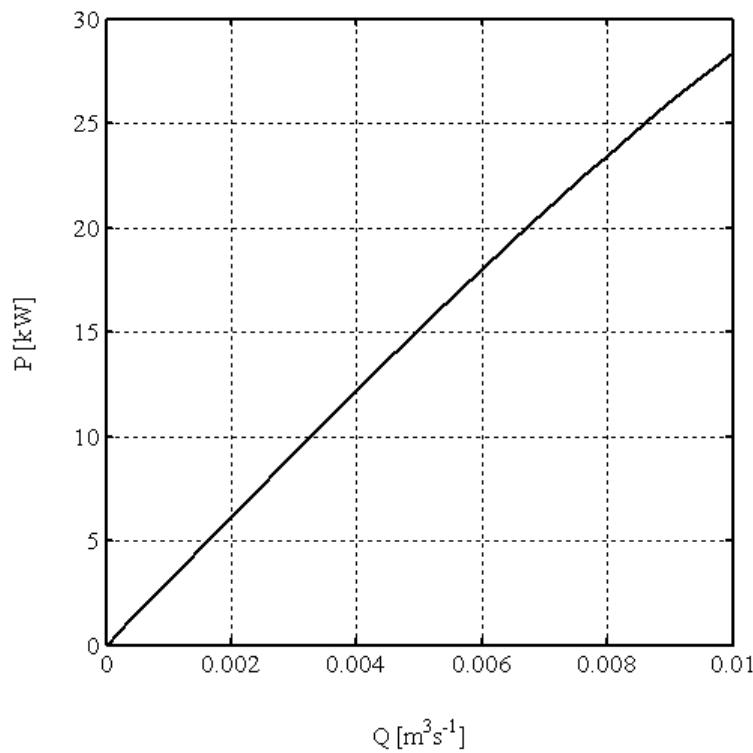


Figura 4.2. Variante n. 1. Potenza generata per diverse condizioni di portata turbinata.

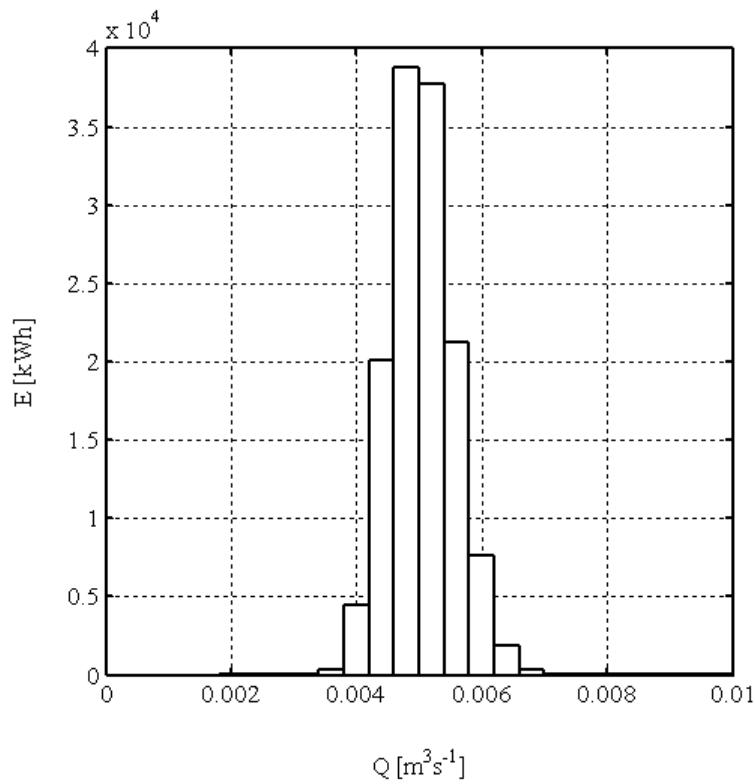


Figura 4.3. Variante n. 1. Energia prodotta nell'arco di un anno per diverse condizioni di portata turbinata.

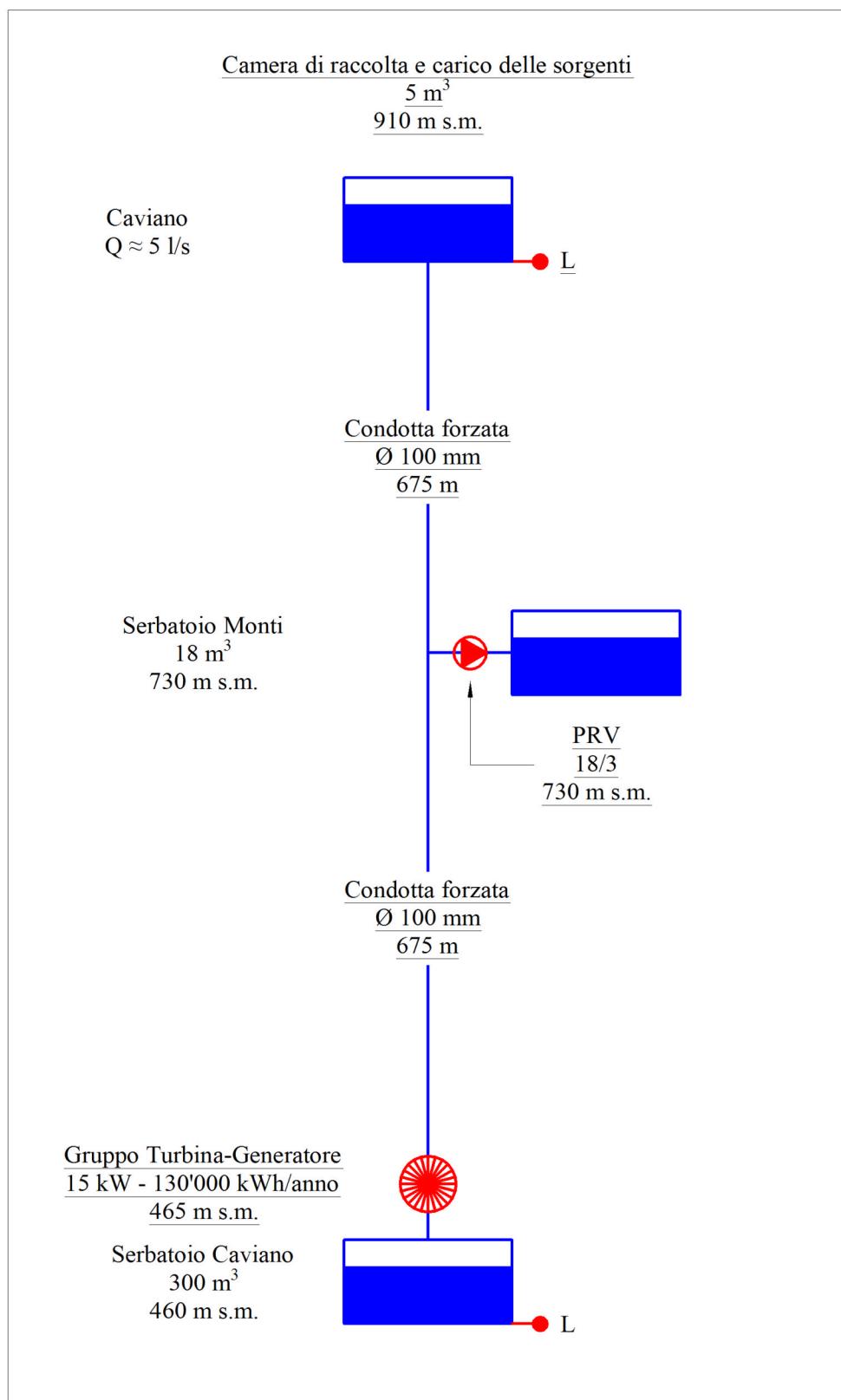


Figura 4.4. Variante n. 1. Schema idraulico dell'impianto e degli organi di controllo e regolazione. Le grandezze non sono in scala. Le nuove opere sono identificate dalle sottolineature.

Variante n. 2

Un seconda soluzione prevede di sfruttare solo il salto disponibile tra il serbatoio Monti e il serbatoio di Caviano così che il tratto della condotta di adduzione da sostituirsi sia significativamente più limitato.

L'impianto potrà essere realizzato utilizzando il serbatoio esistente Monti a quota 730 m s.m. come camera di carico e sostituendo l'attuale condotta con una tubazione Ø 100 mm di adeguata resistenza tra la camera di carico e il gruppo turbina-generatore a quota 465 m s.m. nel serbatoio di Caviano (si consultino la Planimetria a pagina seguente e la Figura 4.8).

Con tale scelta la potenza media della minicentrale (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata media delle sorgenti) risulterebbe di circa 9 kW mentre la potenza massima (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata massima delle sorgenti) potrebbe raggiungere il valore di circa 11 kW. Complessivamente l'energia prodotta nell'arco di un anno ammonterebbe a circa 80'000 kWh (si consultino la Figura 4.6 e la Figura 4.7 per ulteriori dettagli).

Per completezza in Figura 4.5 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione (Ø 100 mm) tra il serbatoio Monti e il serbatoio Caviano per portate turbinate comprese tra 0 e 10 l/s. Inoltre nelle Figure 4.6 e 4.7 sono riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta in un anno.

Vantaggi:

- la tubazione attuale dovrebbe essere sostituita con una condotta di diametro e resistenza maggiori solo per tratti limitati con investimenti più contenuti;
- è possibile sfruttare il serbatoio Monti come camera di carico, sebbene siano necessari alcuni interventi di adeguamento;
- la gestione e automazione del sistema sarebbe semplice.

Svantaggi:

- Il salto disponibile non sarebbe sfruttato integralmente.
- Il risanamento del sistema d'adduzione dell'acquedotto sarebbe limitato alla tratta serbatoio Monti - serbatoio Caviano e rimarrebbe quindi da sostituire, in un prossimo futuro, la condotta sulla tratta sorgenti - serbatoio Monti.

Maggiori dettagli sono deducibili dalla Planimetria alla pagina seguente e dalla Figura 4.8 in cui è riportato sinteticamente lo schema idraulico previsto.

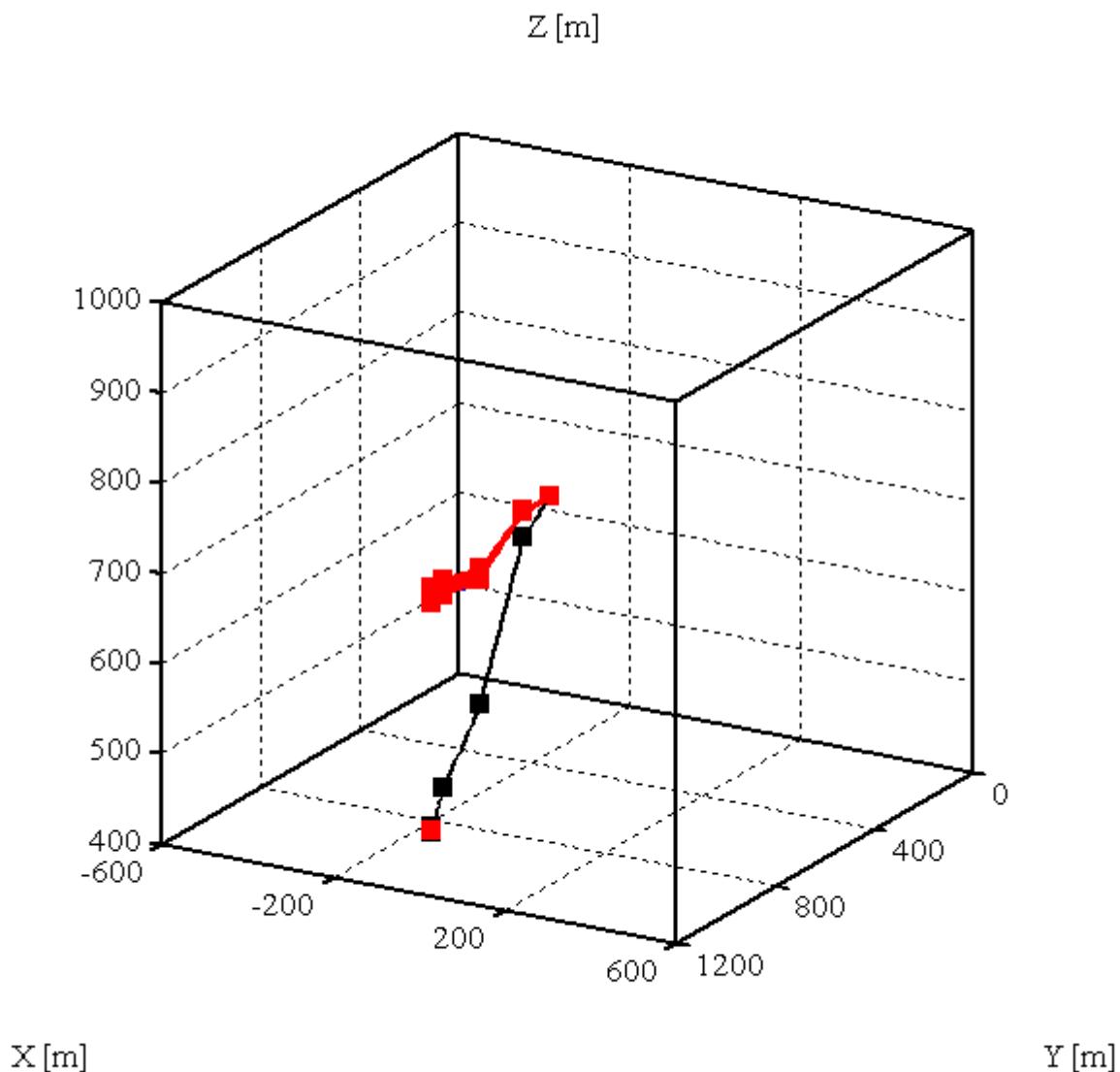


Figura 4.5. Variante n. 2. Quote geometriche (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi), quote piezometriche (linee blu per le condotte e quadrati blu per i nodi) e carichi totali (linee rosse per le condotte e quadrati rossi per i nodi) sulla condotta di adduzione (\varnothing 100 mm) tra il serbatoio Monti (quota 730 m s.m.) e il gruppo turbina-generatore da collocare nella camera di manovra al piano superiore (quota 465 m s.m.) del serbatoio di Caviano per diverse condizioni di portata turbinata.

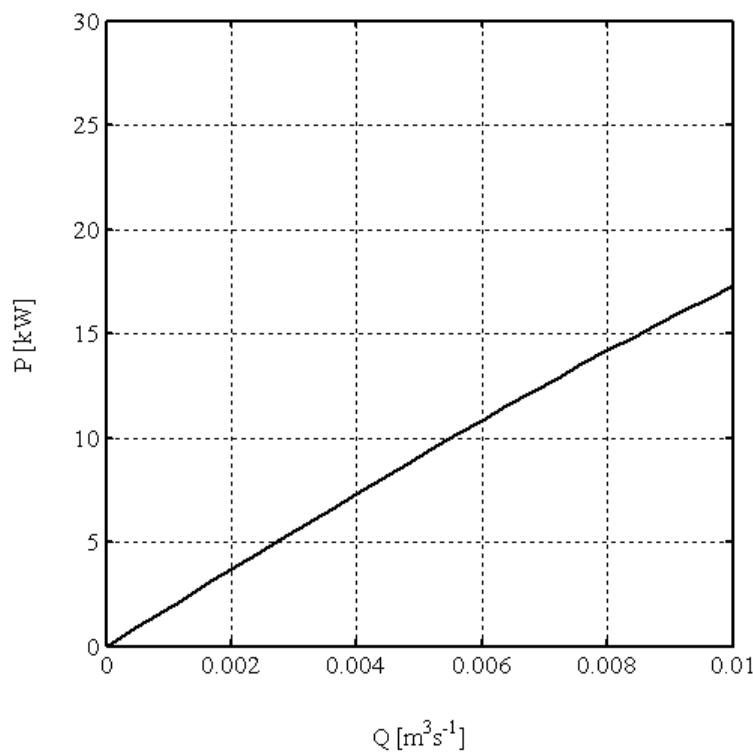


Figura 4.6. Variante n. 2. Potenza generata per diverse condizioni di portata turbinata.

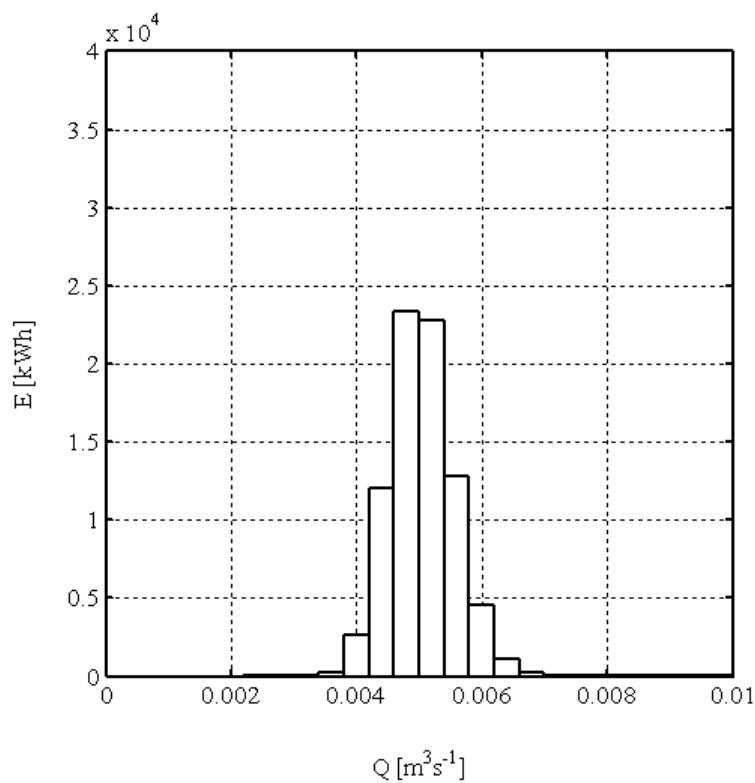


Figura 4.7. Variante n. 2. Energia prodotta nell'arco di un anno per diverse condizioni di portata turbinata.

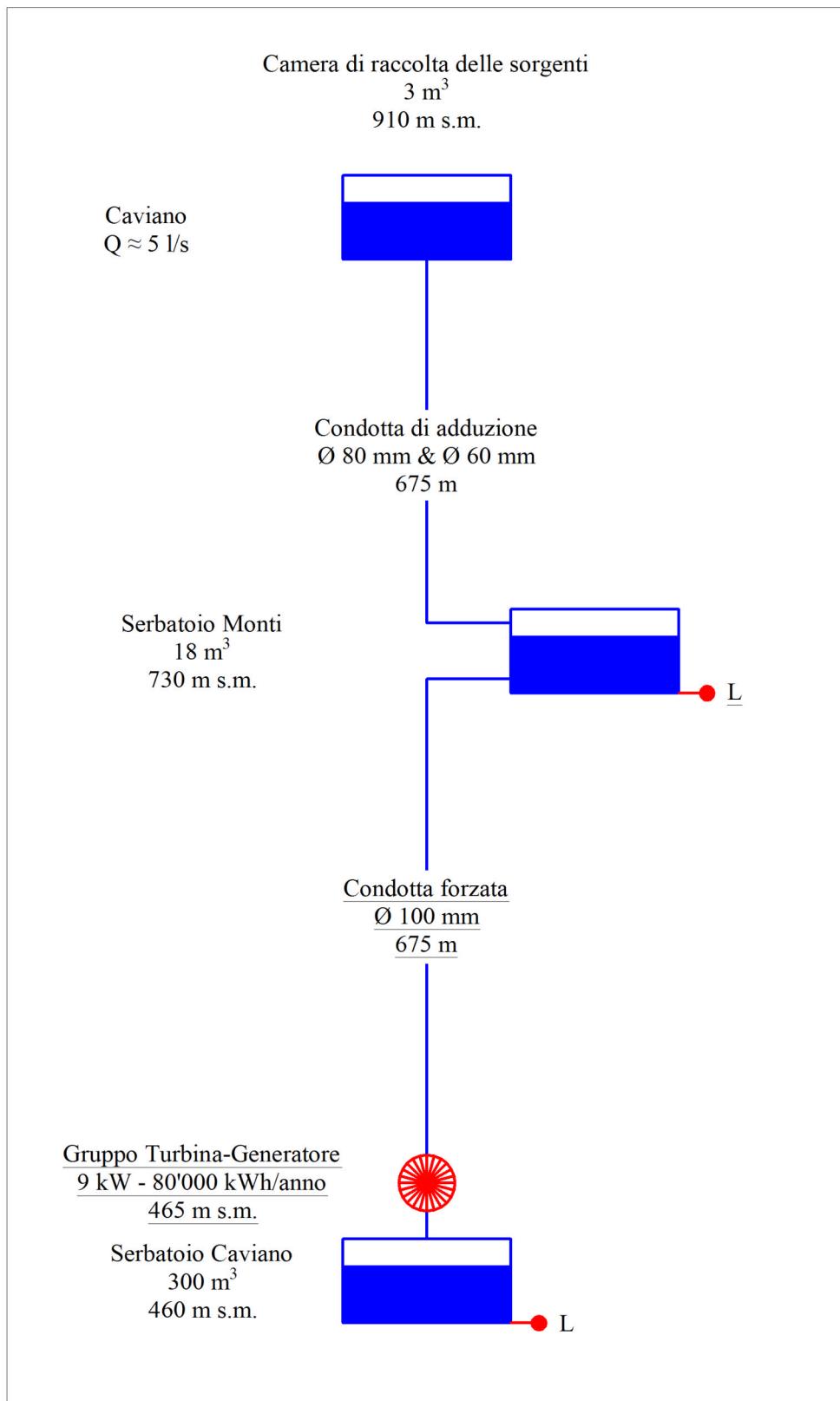


Figura 4.8. Variante n. 2. Schema idraulico dell'impianto e degli organi di controllo e regolazione. Le grandezze non sono in scala. Le nuove opere sono identificate dalle sottolineature.

4.2. Analisi economica: costi, ricavi e redditività

Vista la fattibilità tecnica dell'impianto si procede a valutare il progetto dal punto di vista finanziario.

Il costo annuo complessivo degli investimenti necessari per le opere civili e per l'equipaggiamento elettromeccanico necessari alla produzione di energia elettrica (considerando un interesse del denaro annuo pari al 3%, una vita delle opere civili di 50 anni e una vita dei macchinari di 20 anni) risulta pari a circa 51'986.00 CHF e 33'661.00 CHF annui per la Variante n. 1 e la Variante n. 2 rispettivamente. Maggiori dettagli sono deducibili dalla Tabella 4.1, dalla Tabella 4.2 e dal Preventivo generale allegato (preventivo di massima). Nel costo annuo dell'investimento sono inclusi circa 2'000.00 CHF annui per l'esercizio e la manutenzione dell'impianto (i.e. sostituzione dei cuscinetti del generatore, etc.)

Nel caso in cui tali possibilità di recupero energetico non venissero prese in considerazione (ancora considerando un interesse del denaro annuo pari al 3% e una vita delle opere civili di 50 anni) il costo annuo delle opere civili per il risanamento totale o parziale della condotta di adduzione risulterebbe comunque significativo e pari a circa 29'888.00 CHF annui e 15'430.00 CHF annui per la Variante n. 1 e la Variante n. 2 rispettivamente.

In base all' "Ordinanza sull'Energia RU 2007" (in consultazione) il prezzo di vendita dell'energia risulta definito sulla base di una remunerazione di base dipendente dalla classe di prestazione dell'impianto (potenza equivalente erogata) e da altri bonus. La remunerazione deve in ogni caso essere mantenuta inferiore al valore di 0.35 CHF per kWh.

Nel caso in oggetto (potenza equivalente erogata pari a circa 10-20 kW, salto lordo di circa 450-250 metri e costi di costruzione delle armature idrauliche superiori al 30% del valore dell'investimento totale) il prezzo di vendita risulterebbe di circa 0.30 CHF per kWh per la Variante n. 1 garantendo un ricavo annuo di circa 39'000 CHF e di circa 0.34 CHF per kWh per la Variante n. 2 garantendo un ricavo annuo di circa 27'200 CHF.

Ne consegue che:

- nel caso della Variante n. 1 il maggior costo dell'investimento (51'986.00 CHF/anno - 29'888.00 CHF/anno ~22'098.00 CHF/anno) verrebbe recuperato garantendo utili per circa 16'902 CHF/anno;
- nel caso della Variante n. 2 il maggior costo dell'investimento (33'661.00 CHF/anno - 15'430.00 CHF/anno ~18'231.00 CHF/anno) verrebbe recuperato garantendo utili per circa 8'969 CHF/anno.

A titolo di ricapitolazione in Figura 4.9 e in Figura 4.10, i maggiori costi di investimento per la costruzione e la manutenzione dell'impianto di produzione di energia elettrica sono confrontati con i ricavi che conseguirebbero alla vendita dell'energia prodotta in funzione del prezzo di vendita dell'energia stessa per le due varianti considerate.

Tabella 4.1. Variante n. 1. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (ipotizzando un interesse annuo pari al 3%, l'ammortamento delle opere civili in 50 anni e l'ammortamento delle opere elettromeccaniche in 20 anni) e ricavi ottenibili dalla vendita dell'energia.

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[\frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	~833'000.00	~32'375.00
Opere elettromeccaniche	~262'000.00	~17'611.00
Esercizio e manutenzione	-	~2'000.00
Costo totale	~1'095'000.00	~51'986.00
Costo per la sostituzione della condotta con camere di rottura dell'energia	~769'000.00	~29'888.00
Maggiori costi	-	~22'098.00
Ricavo dall'impianto	-	~39'000.00
Utile	-	~16'902.00

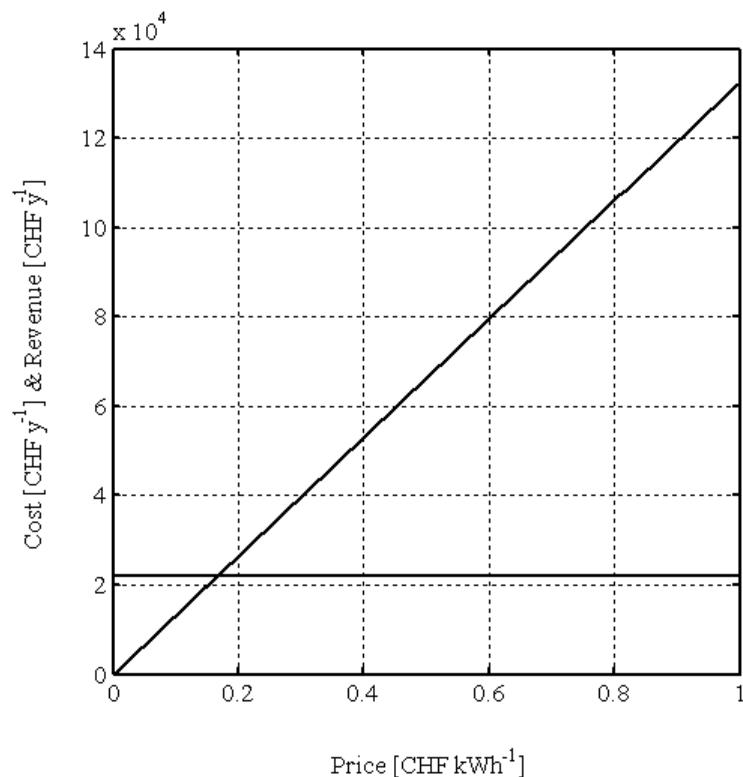


Figura 4.9. Variante n. 1. Maggiori costi annui di costruzione dell'impianto di produzione dell'energia elettrica e ricavi annui in funzione del prezzo di vendita dell'energia.

Tabella 4.2. Variante n. 2. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (ipotizzando un interesse annuo pari al 3%, l'ammortamento delle opere civili in 50 anni e l'ammortamento delle opere elettromeccaniche in 20 anni) e ricavi ottenibili dalla vendita dell'energia.

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[\frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	~384'000.00	~14'924.00
Opere elettromeccaniche	~249'000.00	~16'737.00
Esercizio e manutenzione	-	~2'000.00
Costo totale	~633'000.00	~33'661.00
Costo per la sostituzione della condotta con camere di rottura dell'energia	~397'000.00	~15'430.00
Maggiori costi	-	~18'231.00
Ricavo dall'impianto	-	~27'200.00
Utile	-	~8'969.00

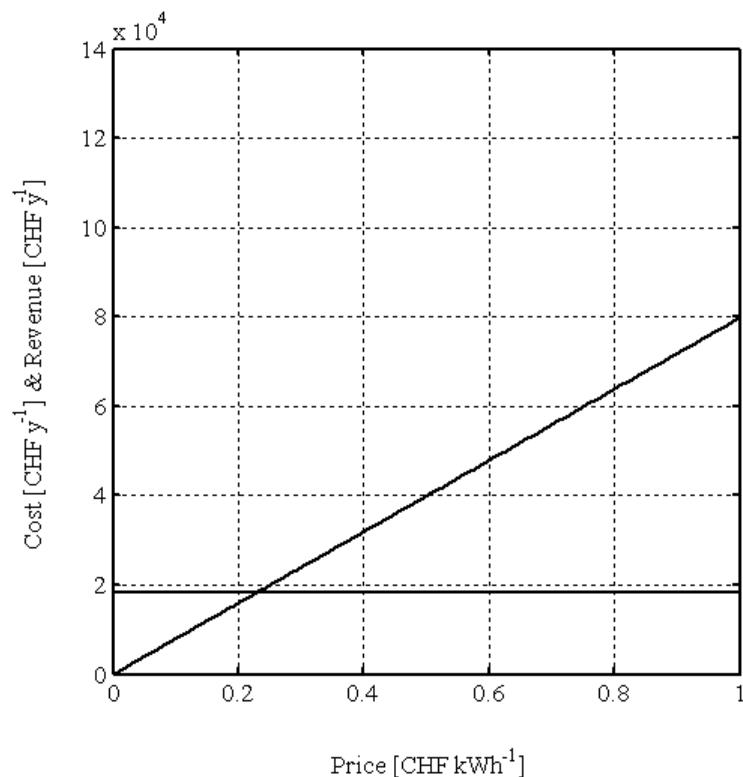


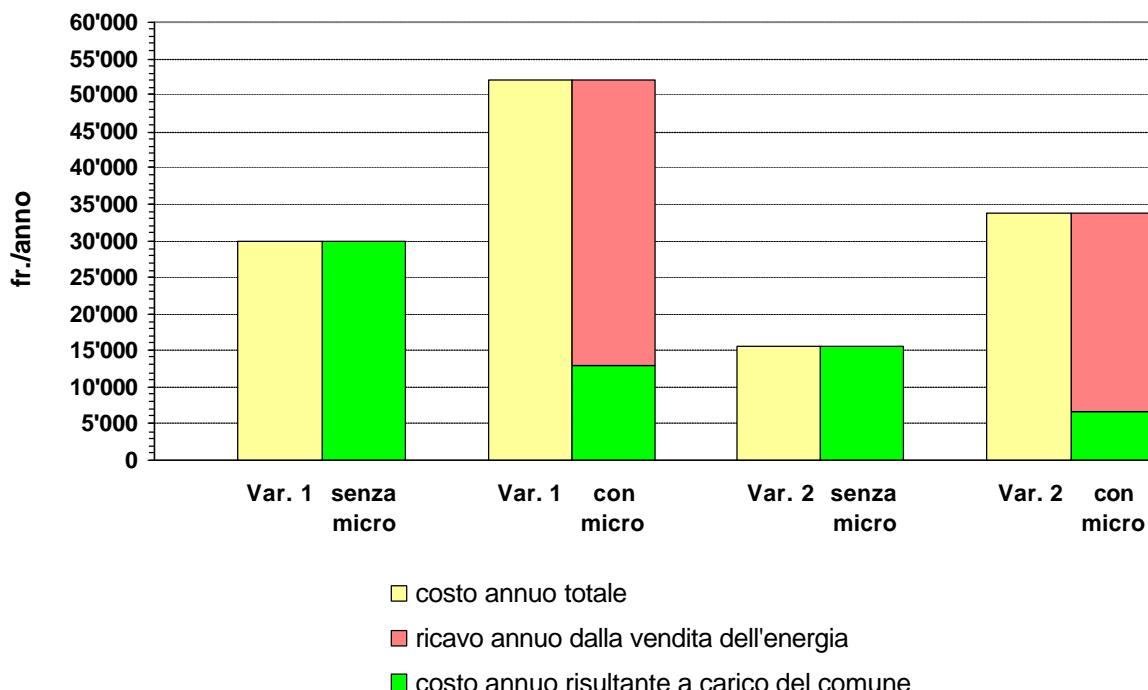
Figura 4.10. Variante n. 2. Maggiori costi annui di costruzione dell'impianto di produzione dell'energia elettrica e ricavi annui in funzione del prezzo di vendita dell'energia.

5. Conclusioni

In base alle informazioni raccolte e alle nostre analisi, la realizzazione di una microcentrale idroelettrica sulla condotta di adduzione tra la camera di raccolta delle sorgenti e il serbatoio di Caviano risulta tecnicamente fattibile.

Infatti, in relazione alla posizione della camera di carico dell'impianto, del mantenimento della condotta di adduzione esistente o della sua sostituzione parziale o integrale, posizionando un gruppo turbina-generatore (potenza nominale 10-20 kW) presso il serbatoio di Caviano è infatti possibile produrre circa 130'000 kWh e 80'000 kWh all'anno nelle due varianti considerate.

Dal punto di vista economico la costruzione dell'impianto ex-novo non risulta finanziariamente giustificabile. Considerando però che il costo annuo delle opere civili per il risanamento della condotta di adduzione con camere di dissipazione dell'energia risulterebbe comunque significativo e pari a circa 29'888.00 CHF annui (tutta la tratta) e 15'430.00 CHF annui (tratta parziale) e che gli impianti di generazione di energia elettrica garantirebbero ricavi per circa 39'000.00 CHF e 27'200.00 CHF all'anno per le due varianti considerate, si è constatato che i maggiori costi di costruzione di tali impianti verrebbero sempre recuperati, garantendo inoltre utili per circa 16'900.00 CHF e circa 8'900.00 CHF all'anno. Questi ultimi andrebbero a coprire una parte della spesa rimanente, riducendo il costo finale dell'opera a circa 13'000.00 CHF all'anno (intervento su tutta la tratta dalle sorgenti al serbatoio Caviano) e circa 6'500.00 CHF all'anno (intervento parziale dal serbatoio Monti al serbatoio Caviano).



Nel caso in cui si realizzasse l'opera occorre anche tenere presente che, grazie alla maggiore capacità idraulica della condotta di adduzione la portata affluente al serbatoio potrebbe superare, nei momenti di forte gettito delle sorgenti, la portata massima indicata al capitolo 3; questo aspetto andrebbe quindi considerato nella scelta della potenza massima del gruppo turbina-generatore.

Direttore:

Resp. progetto:

(Dipl.Ing. G.Sciarini)

(Ing. Ph.D. Matteo Mutti)