



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'Ambiente, dei Trasporti e delle Comunicazioni  
**Ufficio Federale dell'Energia UFE**

# **REALIZZAZIONE DI UNA MICROCENTRALE IDROELETTRICA SULLA CONDOTTA DI ADDUZIONE TRA IL SERBATOIO MONTI DI FOSANO E IL SERBATOIO FOSANO**

## **PROGRAMMA**

## **PICCOLE CENTRALI IDRAULICHE**

### **Studio di fattibilità**

Elaborato da

**Michela Conti, Studio Ingegneria Sciarini SA**

CH-6574 Vira Gambarogno, [info@sciarini.ch](mailto:info@sciarini.ch) , [www.sciarini.ch](http://www.sciarini.ch)



**Programma piccole  
centrali idrauliche**  
[www.smallhydro.ch](http://www.smallhydro.ch)

## **Impressum**

Data: 24 Febbraio 2009

**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

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Responsabile del settore dell'UFE : [bruno.guggisberg@bfe.admin.ch](mailto:bruno.guggisberg@bfe.admin.ch)

**Gli autori del presente rapporto sono considerati gli unici responsabili del contenuto e dei risultati ivi riportati.**



## **Indice**

<b>1.</b>	<b>Introduzione</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>La situazione attuale</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Le risorse idriche disponibili</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>Considerazioni generali</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>Analisi tecnica</b>	<b>11</b>
<b>5.1.</b>	<b>Variante n. 1A</b>	<b>12</b>
<b>5.2.</b>	<b>Variante n. 1B</b>	<b>15</b>
<b>5.3.</b>	<b>Variante n. 2A</b>	<b>18</b>
<b>5.4.</b>	<b>Variante n. 2B</b>	<b>21</b>
<b>6.</b>	<b>Analisi economica</b>	<b>24</b>
<b>6.1.</b>	<b>Variante n. 1A</b>	<b>26</b>
<b>6.2.</b>	<b>Variante n. 1B</b>	<b>26</b>
<b>6.3.</b>	<b>Variante n. 2A</b>	<b>27</b>
<b>6.4.</b>	<b>Variante n. 2B</b>	<b>27</b>
<b>7.</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>28</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>29</b>
<b>9.</b>	<b>Documenti tecnici</b>	<b>29</b>
<b>10.</b>	<b>Allegati</b>	<b>30</b>
<b>10.1.</b>	<b>Preventivi</b>	<b>30</b>
<b>10.2.</b>	<b>Piani</b>	<b>30</b>



## 1. Introduzione

Nel mese di Settembre 2007, il Municipio di Vira Gambarogno, in accordo con la Società Elettrica Sopracenerina e Svizzera Energia per le Infrastrutture, ha incaricato lo Studio Ingegneria Sciarini SA di effettuare una valutazione tecnica e finanziaria sulla possibilità di installare un piccolo impianto per la produzione di energia elettrica sulla condotta di adduzione che collega il serbatoio Monti di Fosano (720 m s.l.m.) al serbatoio Fosano (460 m s.l.m.).

Al serbatoio Monti di Fosano (720 m s.l.m.) affluiscono le acque delle sorgenti Bassetti 1-2 (825-835 m s.l.m.), della sorgente Nuova (815 m s.l.m.) e della sorgente Monti di Fosano (760 m s.l.m.). La condotta di adduzione copre un dislivello interessante (circa 260 m) su un percorso di lunghezza significativa (circa 1000 metri) ed è idraulicamente interrotta dal serbatoio Birker (620 m s.l.m., 100 m<sup>3</sup>) oltre che da alcune camere di rottura del carico (700 m s.l.m. e 650 m s.l.m.). Le condotte, vetuste e di piccolo diametro, risultano insufficienti a trasportare a valle le massime portate delle sorgenti e presentano uno stato di conservazione precario.

Stante la favorevole situazione topografica, risulta ragionevole valutare la possibilità di inserire un gruppo turbina-generatore nei pressi del serbatoio Fosano (460 m s.l.m., 300 m<sup>3</sup>) prevedendo di sostituire le tubazioni attuali con condotte di diametro e resistenza maggiori. In tal modo, tenuto conto che l'investimento per la sostituzione delle vecchie condotte di adduzione sarebbe comunque necessario per la funzionalità dell'acquedotto stesso, ne risulterebbe un migliore sfruttamento delle risorse idriche disponibili, producendo energia elettrica pulita e rinnovabile con un impatto ambientale pressoché nullo.

Questo studio si propone pertanto di:

- valutare il quantitativo d'acqua disponibile presso le sorgenti;
- verificare quali siano le soluzioni tecniche più adatte per inserire un gruppo turbina-generatore presso il serbatoio Fosano sostituendo al contempo parzialmente o totalmente la condotta di adduzione esistente con una tubazione di diametro e resistenza adeguate;
- individuare i tratti più critici in relazione alle variazioni di pressione a cui la condotta sarebbe soggetta in seguito alla realizzazione delle scelte progettuali previste;
- 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 fattibilità di collegamento alla rete elettrica SES;
- valutare la realizzabilità dell'impianto anche dal punto di vista economico stimandone la redditività;
- verificare che l'opera sia compatibile con la necessità di erogare acqua potabile alle case sparse irregolarmente lungo il pendio e abitate prevalentemente durante il periodo estivo.



## 2. Situazione attuale

La rete di adduzione predisposta alla costruzione di un impianto di recupero energetico consta di un primo tratto che connette le sorgenti Bassetti 1-2 (825-835 m s.l.m.), la sorgente Nuova (815 m s.l.m.) e la sorgente Monti di Fosano (760 m s.l.m.) al serbatoio Monti di Fosano (720 m s.l.m.) e di un secondo tratto che connette quest'ultimo al serbatoio Fosano (460 m s.l.m.) passando per il serbatoio intermedio Birker (620 m s.l.m.).

Al serbatoio Birker affluisce anche la sorgente Perosa (670 m s.l.m.).

Il serbatoio Monti di Fosano ( $12 \text{ m}^3$ ) serve la zona Monti di Fosano. Il serbatoio Birker ( $100 \text{ m}^3$ ) rifornisce la zona Pianascio e la zona sopra il nucleo di Fosano. Il serbatoio Fosano ( $300 \text{ m}^3$ ) è invece adibito alla distribuzione nel nucleo di Fosano sino alla zona Bellavista.

La lunghezza complessiva della condotta di adduzione tra il serbatoio Monti di Fosano e il serbatoio Fosano è di circa 1000 m mentre il dislivello geodetico o salto lordo risulta di circa 260 m. Per maggiori dettagli sul percorso piano-altimetrico si veda la Figura 2.1.

Il sistema idraulico di tutto il comune di Vira Gambarogno (ivi comprendendo anche la parte oggetto di approfondimento in questo studio) è già stato oggetto di estesa analisi in precedenti lavori dello Studio Ingegneria Sciarini SA (cfr. Documenti Tecnici) e a essi si rimanda per una trattazione dettagliata. Riprendiamo qui, brevemente e per garantire una maggior chiarezza dell'esposizione, soltanto gli elementi critici che tali studi avevano già evidenziato.

La captazione delle sorgenti Bassetti 1 e Nuova (anche detta Km7) è stata risanata nel 1997; mentre i manufatti di captazione delle sorgenti Bassetti 2 e Monti di Fosano sono vetusti e a medio termine dovranno essere risanati.

Il serbatoio Monti di Fosano è alimentato dalla condotta di adduzione a pelo libero proveniente dalle captazioni sorgive, tramite una valvola a galleggiante che richiama acqua nel serbatoio in funzione del suo livello (quindi in funzione del consumo d'acqua della rete di distribuzione dei Monti). L'acqua non prelevata dal serbatoio Monti di Fosano prosegue in una condotta a pelo libero sino al serbatoio Fosano (passando dal serbatoio intermedio Birker). Tale condotta è vetusta, parzialmente corrosa e presenta diametri inadeguati ( $\varnothing 50-60 \text{ mm}$ ) per le funzioni richieste da un impianto per la produzione di energia elettrica, sia perché incapace di resistere meccanicamente alle pressioni di esercizio sia perché il flusso d'acqua transittante, a causa degli sforzi di natura viscosa, dissiperebbe troppa energia tra la camera di carico (serbatoio Monti di Fosano) e il gruppo turbina-generatore (al serbatoio Fosano). Essa andrebbe pertanto sostituita.

La condotta principale della rete di distribuzione dell'acqua ai Monti di Fosano (condotta in partenza dal serbatoio Monti di Fosano) è invece stata sostituita nel 2007 con una nuova condotta PE PN10  $\varnothing 90/79.2 \text{ mm}$  e PE PN16  $\varnothing 90/73.6 \text{ mm}$ .



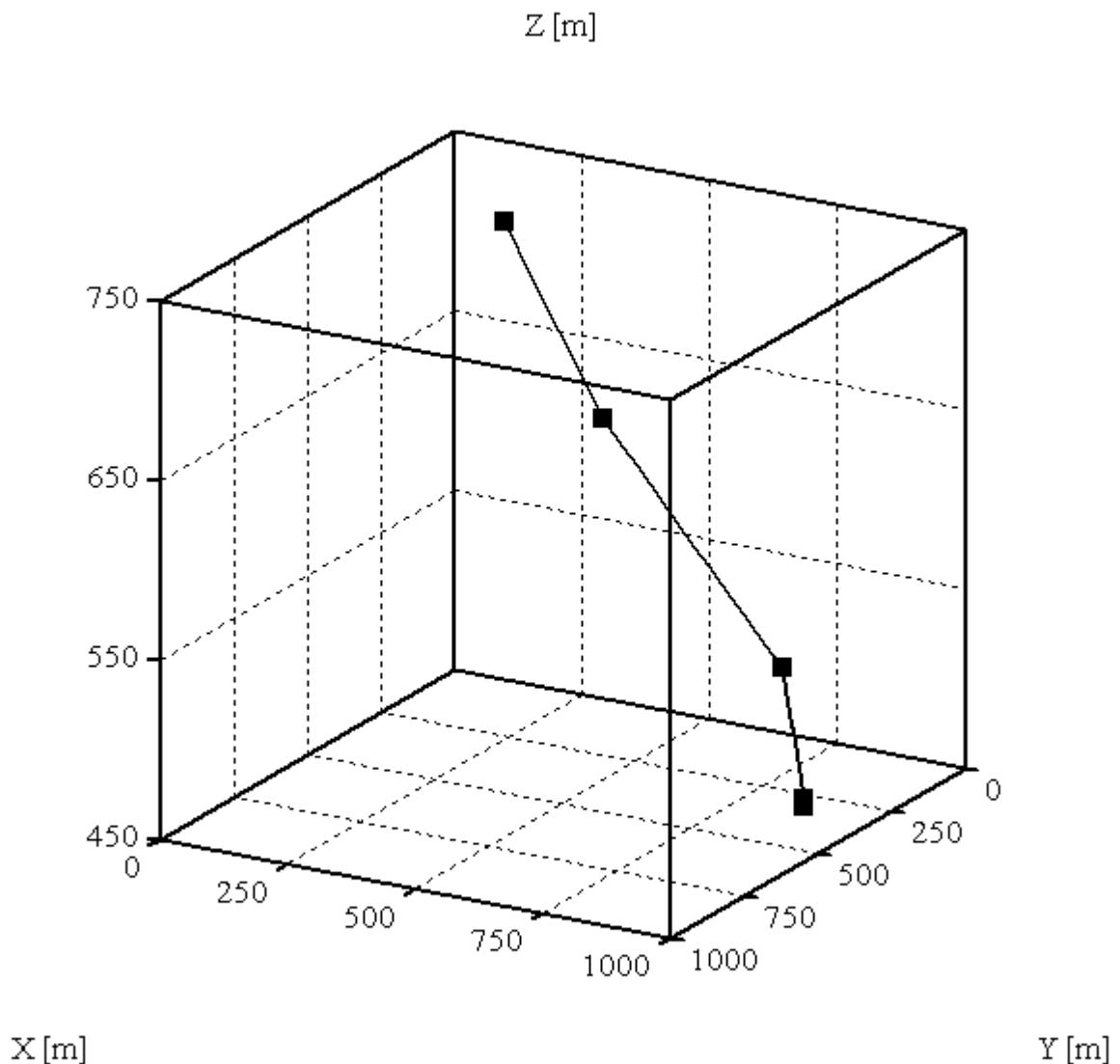
Il serbatoio Monti di Fosano (720 m s.l.m.) presenta un volume di accumulo di 12 mc per l'alimentazione dei Monti di Fosano. Si tratta di un vecchio manufatto, per il quale il Piano Generale di Approvvigionamento Idrico del comune di Vira Gambarogno (cfr. cap. 9) prevede interventi radicali di risanamento o rifacimento, tuttavia ritenuti al momento non prioritari rispetto ad altri interventi previsti sull'acquedotto comunale. Un suo futuro risanamento o rifacimento dovrebbe anche includere un ampliamento del volume di stoccaggio, soprattutto in relazione alla lotta antincendio.

Il serbatoio Birker (620 m s.l.m.) ha un volume di stoccaggio di ca. 100 mc e presenta uno stato discreto. Il Piano Generale di Approvvigionamento Idrico prevede il suo futuro abbandono, con il collegamento delle condotte di distribuzione da esso alimentate direttamente ad una nuova condotta in pressione tra il serbatoio Monti di Fosano ed il serbatoio Fosano. L'eliminazione del serbatoio Birker potrà dunque avvenire al momento i cui sarà posata questa nuova condotta e sarà costruito un nuovo e più ampio serbatoio ai Monti di Fosano.

La sorgente Perosa andrà ad alimentare direttamente il serbatoio Fosano tramite una specifica condotta di adduzione a pelo libero (utilizzando eventualmente la tubazione esistente).

Il serbatoio Fosano (460 m s.l.m) ha un volume di stoccaggio di 150 mc e si presenta in genere in uno stato piuttosto precario. Il Piano Generale di Approvvigionamento Idrico del comune di Vira Gambarogno come pure il Piano Cantonale di Approvvigionamento Idrico del Gambarogno (PCAI) prevedono il suo futuro rifacimento, con un ampliamento del volume di stoccaggio sino a 1500 mc, necessari per coprire il futuro fabbisogno nei comuni di Vira, Piazzogna, Magadino e S. Nazzaro. La costruzione di questo nuovo serbatoio è tuttavia prevista dopo la realizzazione della nuova captazione a lago e della relativa condotta di pompaggio sino al nuovo serbatoio, quale potenziamento delle fonti di approvvigionamento della regione. Nel presente studio si considera pertanto la realizzazione a lato del serbatoio esistente di un nuovo manufatto di alloggio della microcentrale, da integrare in futuro nel nuovo serbatoio (anche considerato che il serbatoio esistente non dispone comunque degli spazi necessari all'installazione della microcentrale).





**Figura 2.1.**  
Schema piano-altimetrico (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi) della condotta di adduzione tra il serbatoio Monti di Fosano (720 m s.l.m.) e il serbatoio Fosano (460 m s.l.m.).



### 3. Le risorse idriche disponibili

Un'analisi approfondita della portata delle sorgenti che alimentano il serbatoio Monti di Fosano (sorgenti Bassetti 1-2, sorgente Nuova e sorgente Monti di Fosano) è difficilmente realizzabile poiché le misure di portata svolte dagli addetti comunali, sebbene coprano un periodo relativamente lungo (a partire dal 1980), non sono state eseguite a scadenza regolare ma solo saltuariamente. In base ai dati disponibili è stato comunque possibile definire alcune caratteristiche medie della disponibilità idrica complessiva.

Come può dedursi dai valori medi relativi a ciascuna sorgente (cfr. Tabella 3.1 e Tabella 3.2) e da quelli complessivi (cfr. Tabella 3.3), la disponibilità idrica presenta portate medie poco rilevanti con scarti importanti tra le portate minime e massime registrate.

Tabella 3.1. Caratteristiche delle sorgenti Bassetti 1-2 e della sorgente Nuova.

	$Q\left[\frac{1}{s}\right]$	$Q\left[\frac{1}{min}\right]$	$Q\left[\frac{m^3}{g}\right]$
Portata minima	≈0.83	≈50.0	≈72.0
Portata media	≈3.33	≈200.0	≈288.0
Portata massima	≈16.67	≈1000.0	≈1440.0

Tabella 3.2. Caratteristiche della sorgente Monti di Fosano.

	$Q\left[\frac{1}{s}\right]$	$Q\left[\frac{1}{min}\right]$	$Q\left[\frac{m^3}{g}\right]$
Portata minima	≈0.17	≈10.0	≈14.4
Portata media	≈0.67	≈40.0	≈57.6
Portata massima	≈1.67	≈100.0	≈144.0

Tabella 3.3. Caratteristiche delle risorsa idrica che raggiunge il serbatoio Monti di Fosano (sorgenti Bassetti 1-2 + sorgente Nuova + sorgente Monti di Fosano).

	$Q\left[\frac{1}{s}\right]$	$Q\left[\frac{1}{min}\right]$	$Q\left[\frac{m^3}{g}\right]$
Portata minima	≈1.00	≈60.0	≈86.4
Portata media	≈4.00	≈240.0	≈345.6
Portata massima	≈8.00	≈480.0	≈691.2



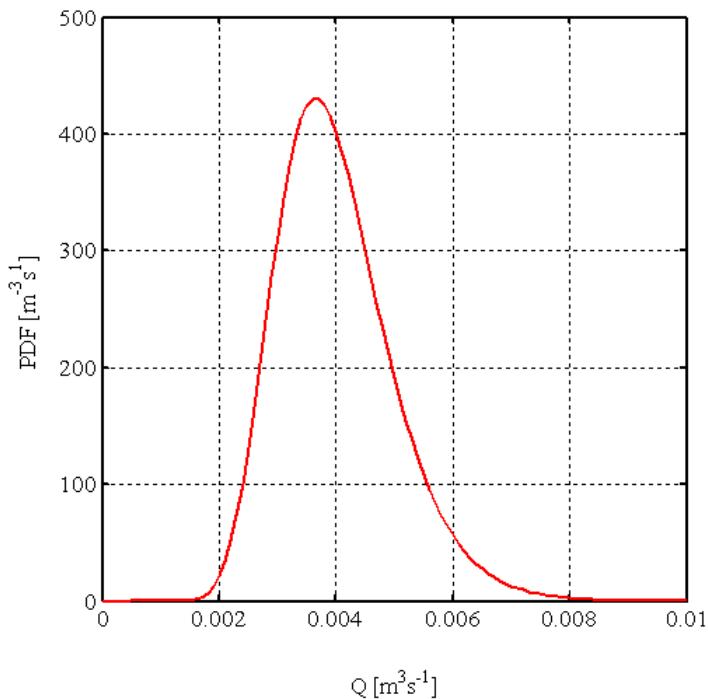


Figura 3.1.

Funzioni densità di probabilità di tipo lognormale per le portate delle sorgenti che alimentano il serbatoio Monti di Fosano. Le stime sono state effettuate in base ai dati disponibili.

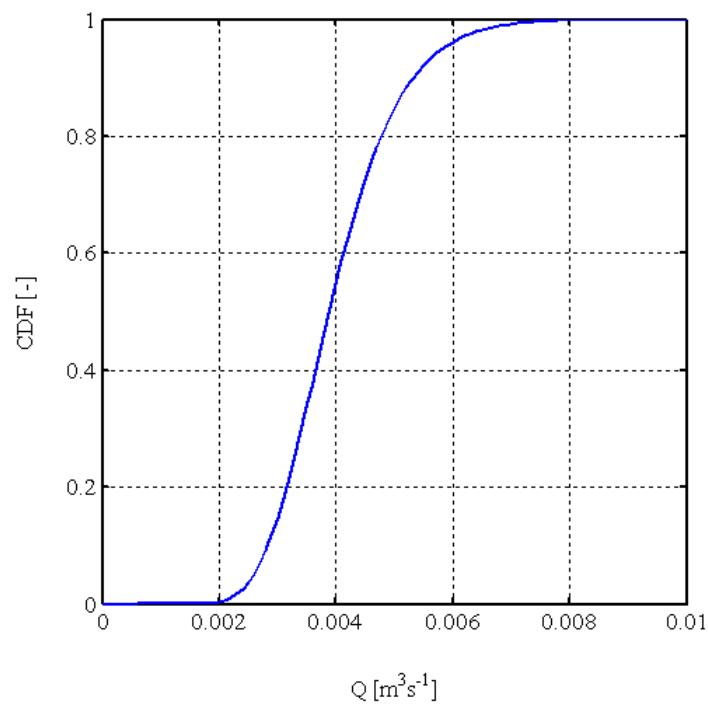


Figura 3.2.

Funzioni densità di probabilità cumulata di tipo lognormale per le portate delle sorgenti che alimentano il serbatoio Monti di Fosano. Le stime sono state effettuate in base ai dati disponibili.



Va osservato come la stima della massima portata affluente al serbatoio Monti di Fosano ( $\approx 480$  l/min) sia in realtà inferiore a quella effettivamente disponibile ( $\approx 1100$  l/min). Ciò è dovuto sia all'insufficiente capacità idraulica delle condotte di adduzione tra le captazioni ed il serbatoio, sia al carattere superficiale delle sorgenti Bassetti 1-2 e sorgente Nuova che rende le stesse fortemente e rapidamente variabili con le precipitazioni. Infatti le massime portate ( $\approx 1000$  l/min) sono sempre state osservate in presenza di forti eventi meteorici e per brevi periodi successivi all'esaurimento degli stessi.

Per procedere a un'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  $\mu(\ln Q)$  e la deviazione standard  $\sigma(\ln Q)$  della distribuzione in funzione della media campionaria  $m(Q)$  e della deviazione standard campionaria  $s(Q)$  (i.e.  $\mu(\ln Q) = f(\mu(Q), \sigma(Q))$  e  $\sigma(\ln Q) = g(\mu(Q), \sigma(Q))$  dove  $\mu(Q) = m(Q)$  e  $\sigma(Q) = s(Q) = 0.25 m(Q)$ ).

La funzione densità di probabilità e la funzione densità di probabilità cumulata utilizzate per stimare la potenzialità della risorsa idrica nel corso dell'anno sono riportate in Figura 3.1 e in Figura 3.2 rispettivamente.

#### 4. Considerazioni generali

Stante la situazione generale esistente, abbiamo considerato nell'analisi di fattibilità gli interventi soddisfacenti i seguenti requisiti tecnici:

- risanamento generale del sistema di adduzione e distribuzione;
- semplificazione degli attuali schemi idraulici e migliore gestione e regolazione dei deflussi;
- compatibilità con le esigenze di alimentazione delle frazioni disposte lungo il pendio in condizioni di normale esercizio e in caso di incendio;
- possibilità di realizzare gli interventi in diverse fasi distribuendo finanziariamente nel tempo gli investimenti.

Alla luce di quanto esposto si sono previste due tappe per la realizzazione delle opere complementari alla costruzione di un impianto di recupero energetico.



### Situazione a breve termine

- i serbatoi Monti di Fosano ( $12 \text{ m}^3$ ) e Birker ( $100 \text{ m}^3$ ) saranno conservati quasi integralmente nello stato attuale;
- la sorgente Perosa (portata media  $\approx 85 \text{ l/min}$ ) continuerà ad alimentare il serbatoio Birker e a rifornire le utenze della zona Pianascio;
- eventuali carenze idriche della sorgente Perosa (portata minima  $\approx 20 \text{ l/min}$ ) potranno essere compensate dalle sorgenti che alimentano il serbatoio Monti di Fosano (portata minima  $\approx 60 \text{ l/min}$ ) realizzando un collegamento alla condotta forzata con una valvola a galleggiante regolata dal livello dell'acqua nel serbatoio Birker.

### Situazione a lungo termine

- i serbatoi Monti di Fosano ( $12 \text{ m}^3$ ) e Birker ( $100 \text{ m}^3$ ) verranno smantellati;
- le sorgenti che alimentano il serbatoio Monti di Fosano (portata media  $\approx 240 \text{ l/min}$ ) verranno raccolte e stoccate in una nuova camera ( $100 \text{ m}^3$ ) nei pressi dell'attuale serbatoio Monti di Fosano; il nuovo serbatoio conterrà i volumi idrici necessari al compenso dei consumi giornalieri delle frazioni, alla riserva antincendio e alla regolazione del gruppo turbina-generatore;
- la sorgente Perosa (portata media  $\approx 85 \text{ l/min}$ ) andrà ad alimentare direttamente il serbatoio Fosano;
- le alimentazioni della zona Pianascio verranno garantite da una derivazione sulla condotta forzata.

## 5. Analisi tecnica

I collegamenti carrabili sono abbastanza buoni. Le possibilità di allacciamento alla rete elettrica sono agevoli. Le pressioni in gioco assumono valori elevati soprattutto nella parte terminale del tracciato ma non richiedono particolari accorgimenti tecnici sulle derivazioni che si trovano invece nella parte superiore del tracciato.

Nel seguito si propongono alcune soluzioni tecniche per sfruttare il carico idraulico disponibile per la generazione di energia tra il serbatoio Monti di Fosano e il serbatoio Fosano.

Tutte le soluzioni presentano i seguenti vantaggi:

- il sistema di adduzione dell'acqua verrebbe quasi completamente risanato;
- la gestione e automazione del sistema sarebbe semplice;
- gli interventi sulla rete di distribuzione esistente sarebbero ridotti al minimo.

Si evidenziano i seguenti aspetti negativi:

- l'investimento economico sarebbe in generale significativo;
- la scarsità di dati sulla produttività delle sorgenti e le significative fluttuazioni riscontrate nei diversi periodi di osservazione rendono incerta la stima sulla capacità produttiva dell'impianto.



## **5.1. Variante n. 1A**

### Ipotesi di lavoro

- mantenimento delle attuali captazioni delle sorgenti (760 m s.l.m. – 835 m s.l.m.);
- sfruttamento del serbatoio Monti di Fosano per la raccolta e lo stoccaggio dell'acqua delle sorgenti (720 m s.l.m., 12 m<sup>3</sup>,) con funzioni di camera di carico per l'impianto;
- posizionamento del gruppo turbina-generatore in una nuova camera presso il serbatoio Fosano (460 m s.l.m., 150 m<sup>3</sup>);
- utilizzo della condotta principale della rete di distribuzione dei Monti di Fosano di recente realizzazione (PN 10-16 Ø 80 mm) anche come condotta forzata e suo prolungamento fino al serbatoio Fosano con la posa di una tubazione Ø 80 mm e resistenza PN 16-25 (cfr. Piano 2581-004).

### Risultati e commenti

- la potenza media dell'impianto risulterebbe di circa 7 kW mentre la potenza massima potrebbe raggiungere all'incirca i 10 kW (cfr. Figura 5.1.2);
- la produzione dell'impianto ammonterebbe a circa 55'000 kWh annui (cfr. Figura 5.1.3);
- per completezza in Figura 5.1.1 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione tra il bacino di carico e il serbatoio Fosano per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 10 l/s; inoltre nelle Figure 5.1.2 e 5.1.3 sono riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

### Vantaggi

- grazie all'integrazione della condotta di distribuzione dei Monti anche come condotta forzata per l'impianto di recupero energetico, i costi sono più contenuti rispetto alle soluzioni presentate di seguito.

### Svantaggi

- il diametro Ø 80 mm genera perdite di carico relativamente importanti, a scapito della produzione energetica.



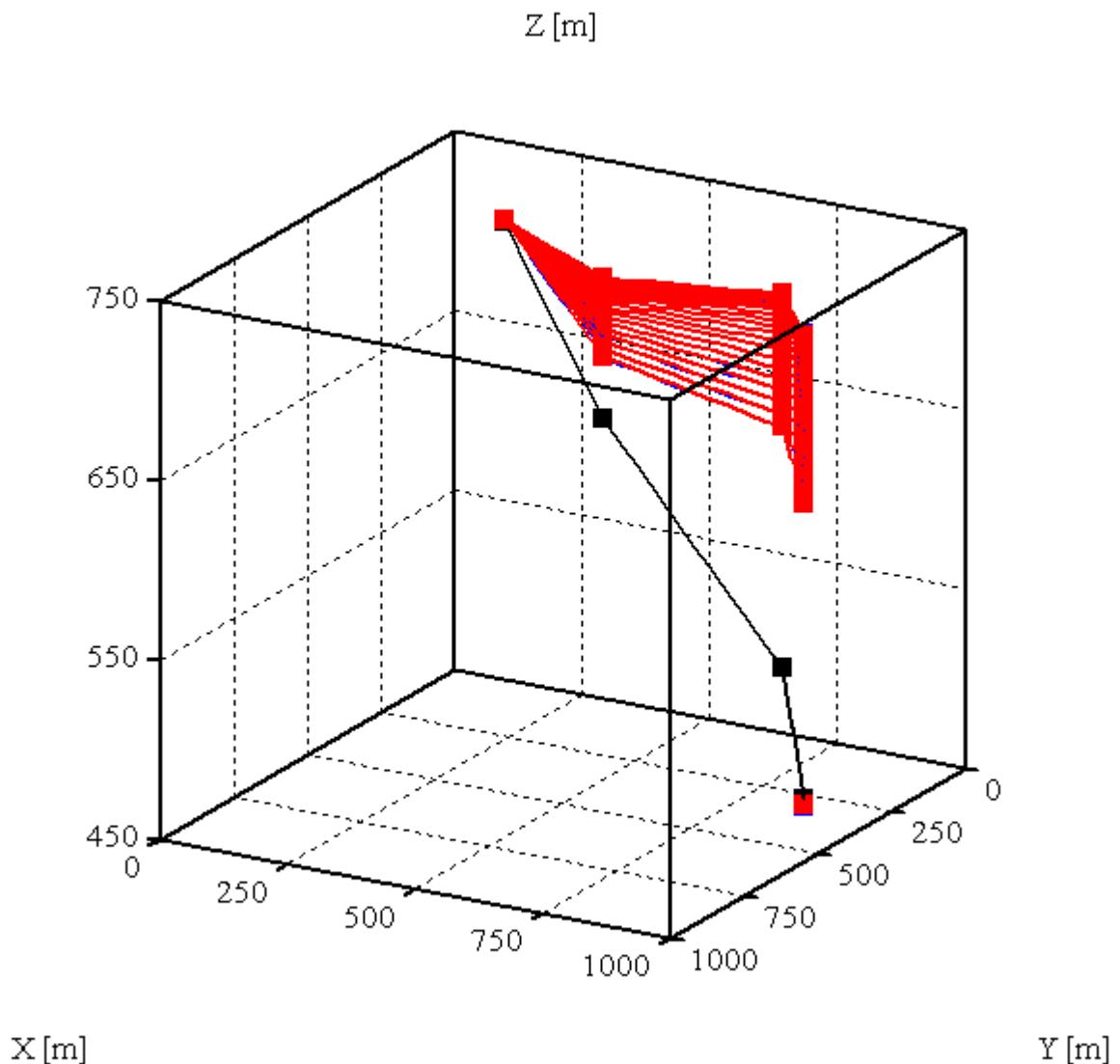


Figura 5.1.1.

Variante n. 1A. 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 (PN 10-16-25 Ø 80 mm) tra la camera di raccolta e carico (720 m s.l.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (465 m s.l.m.) da costruirsi presso il serbatoio Fosano (460 m s.l.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.



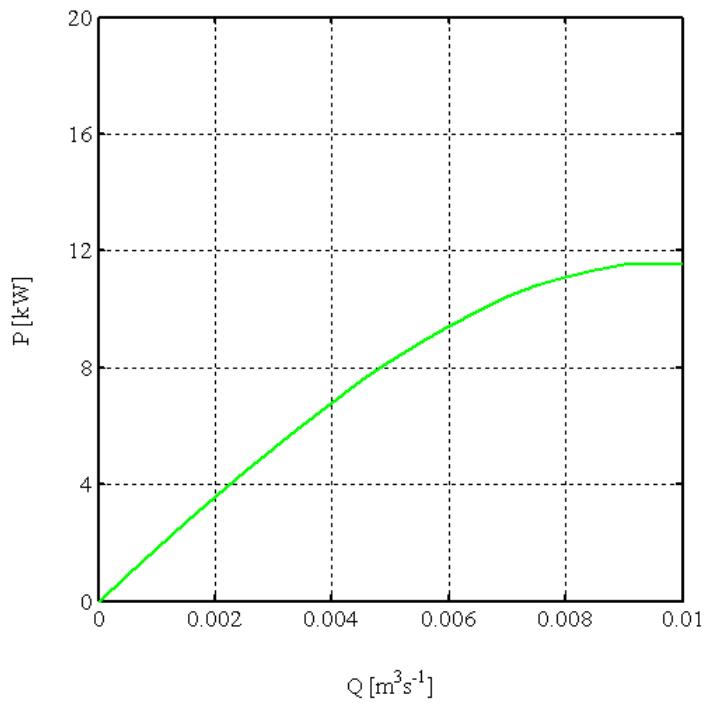


Figura 5.1.2.

Variante n. 1A. Potenza generata dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

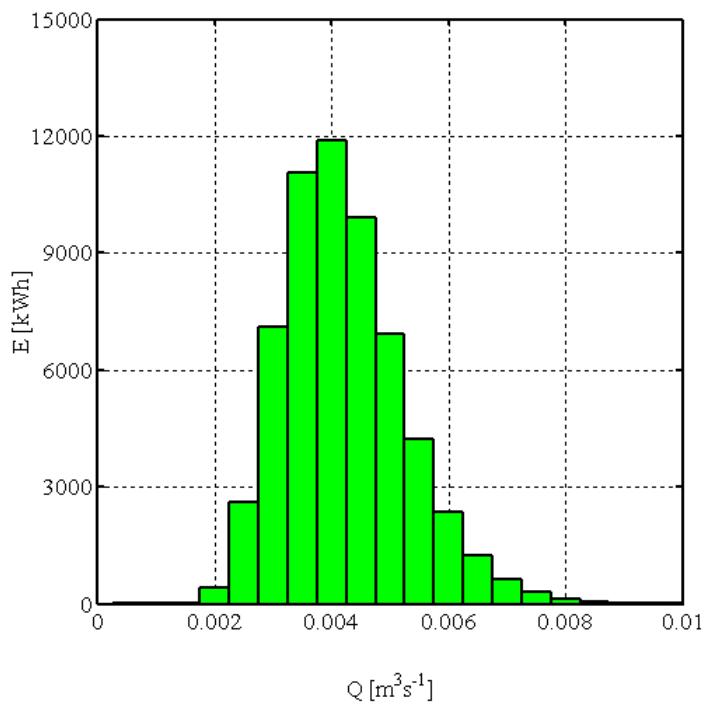


Figura 5.1.3.

Variante n. 1A. Energia prodotta dall'impianto nell'arco di un anno per diverse condizioni di portata turbinata.



## **5.2. Variante n. 1B**

### Ipotesi di lavoro

- mantenimento delle attuali captazioni delle sorgenti (760 m s.l.m. – 835 m s.l.m.);
- sfruttamento del serbatoio Monti di Fosano per la raccolta e lo stoccaggio dell'acqua delle sorgenti (720 m s.l.m., 12 m<sup>3</sup>,) con funzioni di camera di carico per l'impianto;
- posizionamento del gruppo turbina-generatore in una nuova camera presso il serbatoio Fosano (460 m s.l.m., 150 m<sup>3</sup>);
- utilizzo della condotta principale della rete di distribuzione dei Monti di Fosano di recente realizzazione (PN 10-16 Ø 80 mm) anche come condotta forzata e suo prolungamento fino al serbatoio Fosano con la posa di una tubazione Ø 100 mm e resistenza PN 16-25 (cfr. Piano 2581-005).

### Risultati e commenti

- la potenza media dell'impianto risulterebbe di circa 7 kW mentre la potenza massima potrebbe raggiungere all'incirca i 10 kW (cfr. Figura 5.2.2);
- la produzione dell'impianto ammonterebbe a circa 57'500 kWh annui (cfr. Figura 5.2.3);
- per completezza in Figura 5.2.1 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione tra il bacino di carico e il serbatoio Fosano per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 10 l/s; inoltre nelle Figure 5.2.2 e 5.2.3 sono riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

### Vantaggi

- grazie all'integrazione della condotta di distribuzione dei Monti anche come condotta forzata per l'impianto di recupero energetico, i costi sono più contenuti rispetto alle soluzioni presentate di seguito (ma leggermente maggiori rispetto alla variante n. 1A);
- rispetto alla variante n. 1A il diametro Ø 100 mm dalla rete dei Monti sino al serbatoio Fosano genera perdite di carico inferiori.

### Svantaggi

- il diametro Ø 80 mm della rete dei Monti genera perdite di carico relativamente importanti.



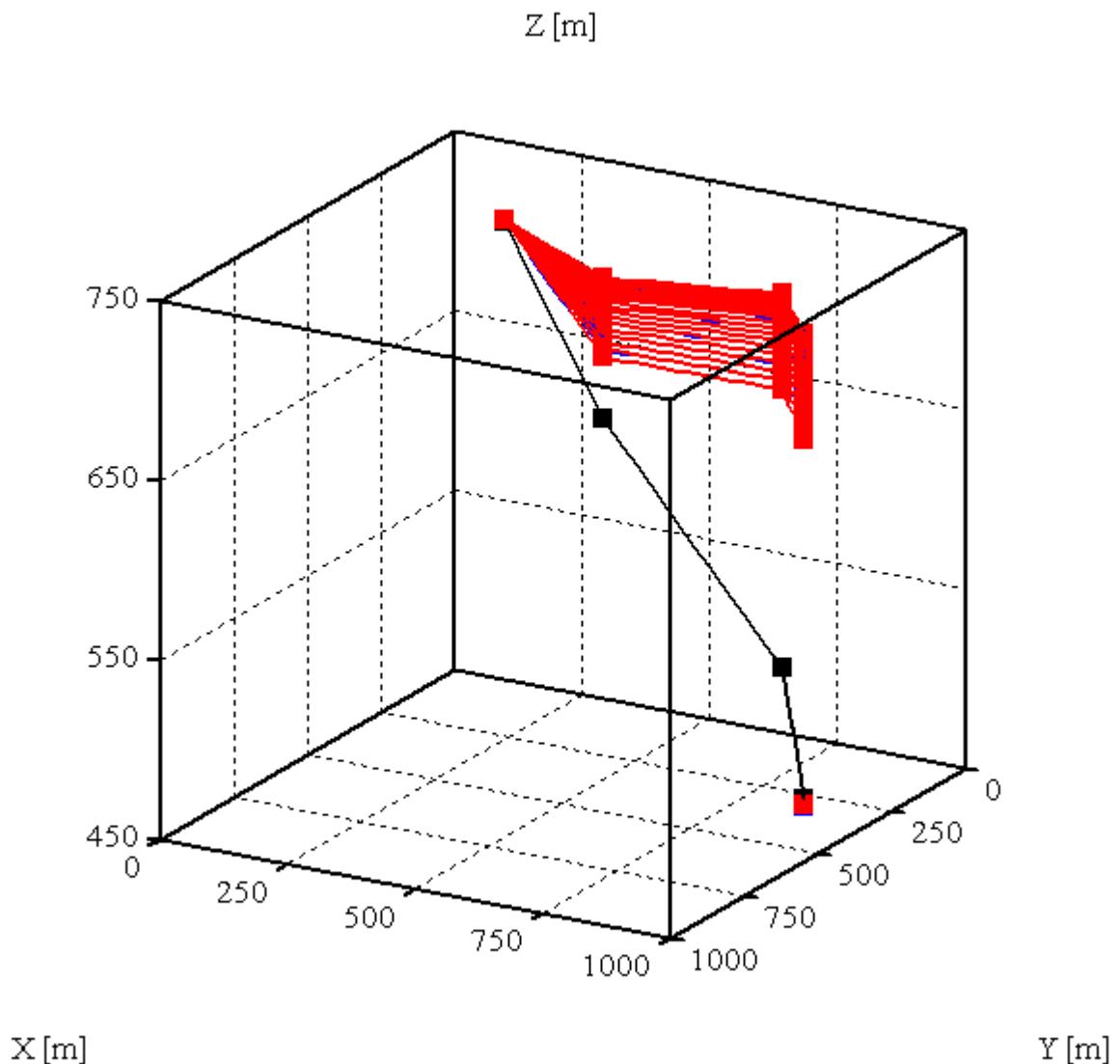


Figura 5.2.1.

Variante n. 1B. 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 (PN 10-16-25 Ø 80-100 mm) tra la camera di raccolta e carico (720 m s.l.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (465 m s.l.m.) da costruirsi presso il serbatoio Fosano (460 m s.l.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.



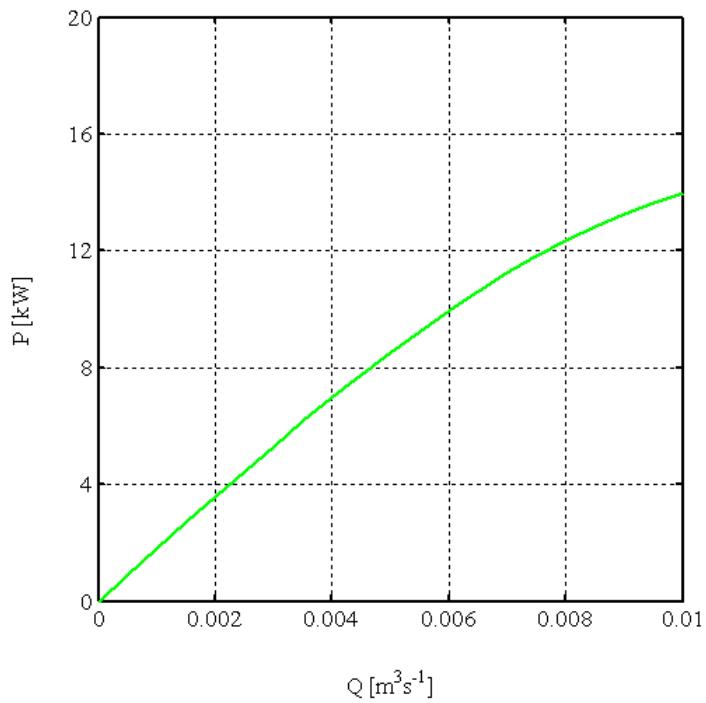


Figura 5.2.2.

Variante n. 1B. Potenza generata dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

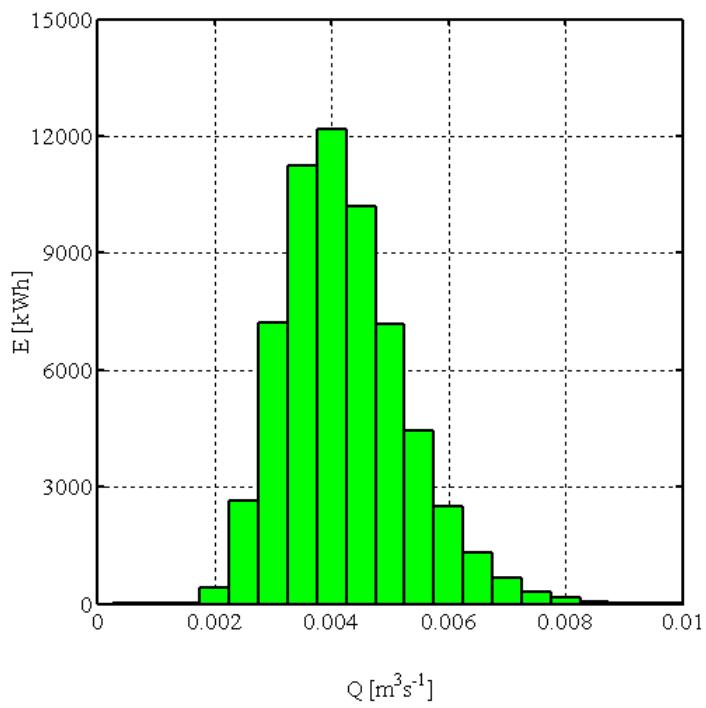


Figura 5.2.3.

Variante n. 1B. Energia prodotta dall'impianto nell'arco di un anno per diverse condizioni di portata turbinata.



### **5.3. Variante n. 2A**

#### Ipotesi di lavoro

- mantenimento delle attuali captazioni delle sorgenti (760 m s.l.m. – 835 m s.l.m.);
- sfruttamento del serbatoio Monti di Fosano per la raccolta e lo stoccaggio dell'acqua delle sorgenti (720 m s.l.m., 12 m<sup>3</sup>,) con funzioni di camera di carico per l'impianto;
- posizionamento del gruppo turbina-generatore in una nuova camera presso il serbatoio Fosano (460 m s.l.m., 150 m<sup>3</sup>);
- posa di una nuova condotta forzata di diametro e resistenza adeguati (PN 10-16-25 Ø 100 mm) dal serbatoio Monti di Fosano fino al serbatoio Fosano (cfr. Piano 2581-006) mantenendo la rete di distribuzione Monti di Fosano indipendente.

#### Risultati e commenti

- la potenza media dell'impianto risulterebbe di circa 7 kW mentre la potenza massima potrebbe raggiungere all'incirca i 10 kW (cfr. Figura 5.3.2);
- la produzione dell'impianto ammonterebbe a circa 60'000 kWh annui (cfr. Figura 5.3.3);
- per completezza in Figura 5.3.1 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione tra il bacino di carico delle sorgenti e il serbatoio Fosano per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 10 l/s; inoltre nelle Figure 5.3.2 e 5.3.3 sono riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

#### Vantaggi

- rispetto alle varianti n. 1A e n. 1B la posa di una nuova condotta forzata Ø 100 mm anche sul tratto iniziale a partire del serbatoio Monti di Fosano permette di ridurre le perdite di carico a favore di una maggiore produzione energetica.

#### Svantaggi

- i costi sono più elevati rispetto alle varianti n. 1A e n. 1B.



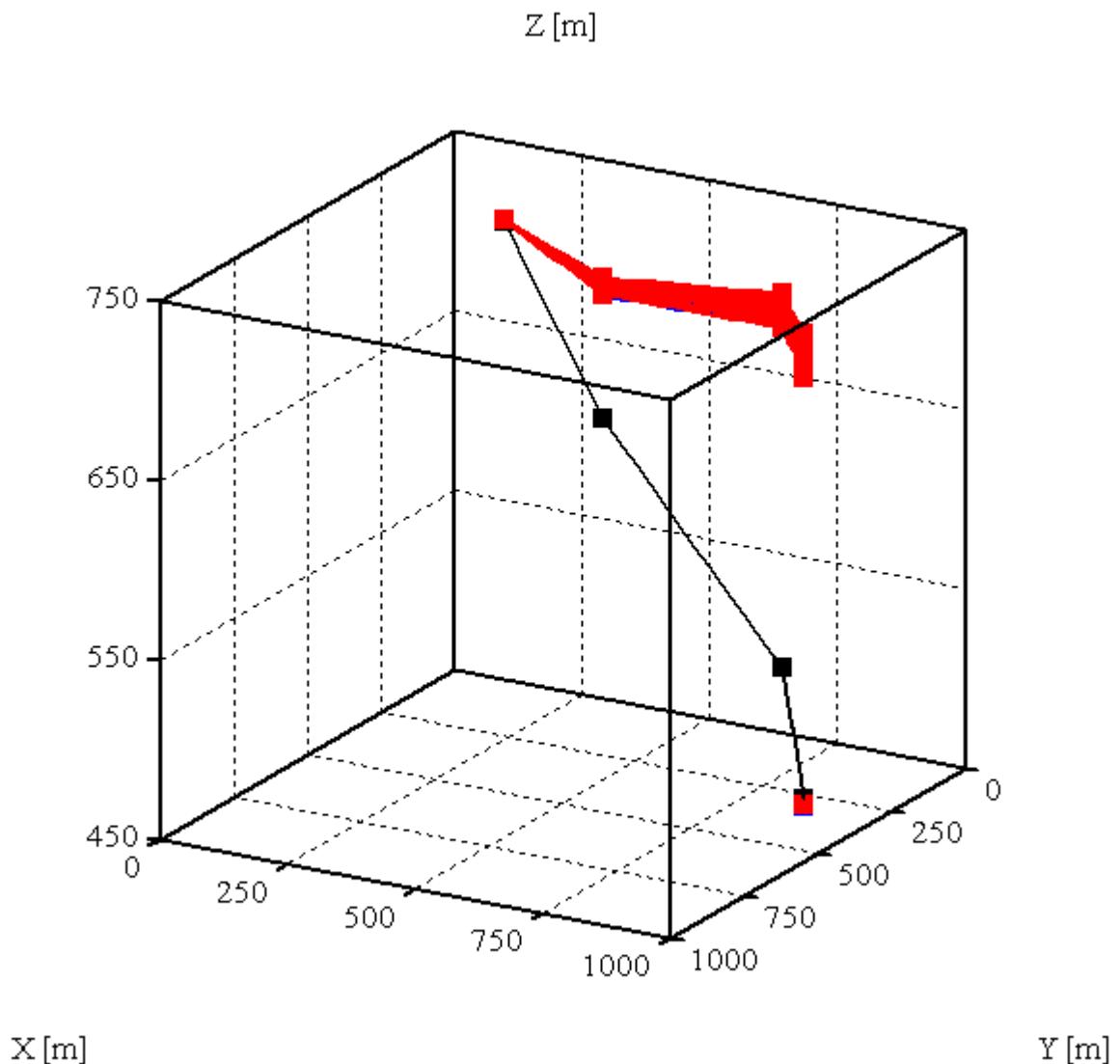


Figura 5.3.1.

Variante n. 2A. 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 (PN 10-16-25 Ø 100 mm) tra la camera di raccolta e carico (720 m s.l.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (465 m s.l.m.) da costruirsi presso il serbatoio Fosano (460 m s.l.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.



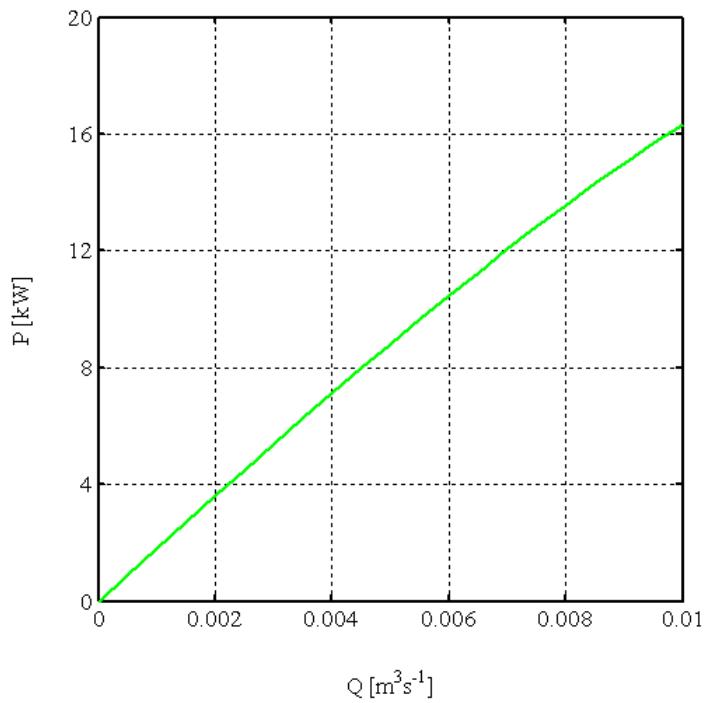


Figura 5.3.2.

Variante n. 2A. Potenza generata dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

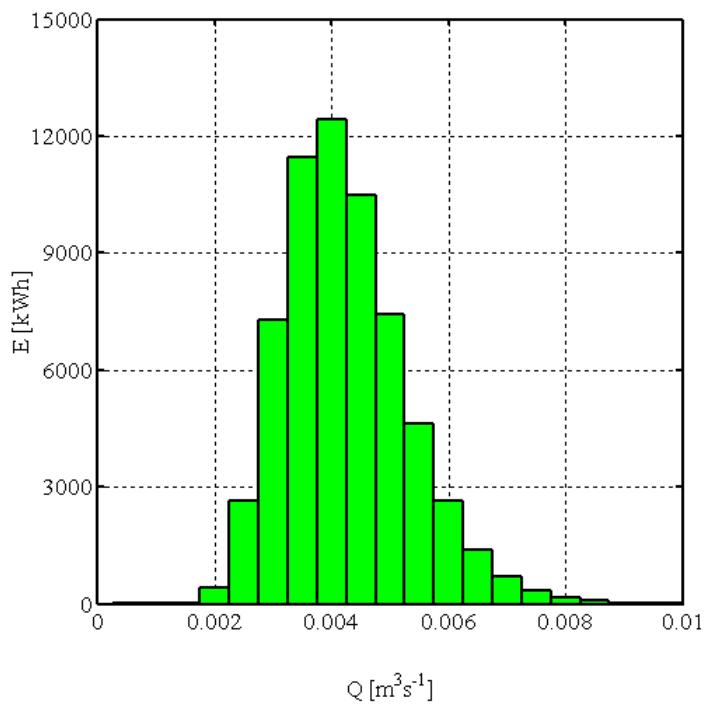


Figura 5.3.3.

Variante n. 2A. Energia prodotta dall'impianto nell'arco di un anno per diverse condizioni di portata turbinata.



## **5.4. Variante n. 2B**

### Ipotesi di lavoro

- mantenimento delle attuali captazioni delle sorgenti (760 m s.l.m. – 835 m s.l.m.);
- sfruttamento del serbatoio Monti di Fosano per la raccolta e lo stoccaggio dell'acqua delle sorgenti (720 m s.l.m., 12 m<sup>3</sup>,) con funzioni di camera di carico per l'impianto;
- posizionamento del gruppo turbina-generatore in una nuova camera presso il serbatoio Fosano (460 m s.l.m., 150 m<sup>3</sup>);
- posa di una nuova condotta forzata di diametro e resistenza adeguati (PN 10-16-25 Ø 125 mm) dal serbatoio Monti di Fosano fino al serbatoio Fosano (cfr. Piano 2581-007) mantenendo la rete di distribuzione Monti di Fosano indipendente.

### Risultati e commenti

- la potenza media dell'impianto risulterebbe di circa 7 kW mentre la potenza massima potrebbe raggiungere all'incirca i 10 kW (cfr. Figura 5.4.2);
- la produzione dell'impianto ammonterebbe a circa 62'500 kWh annui (cfr. Figura 5.4.3);
- per completezza in Figura 5.4.1 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione tra il bacino di carico delle sorgenti e il serbatoio Fosano per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 10 l/s; inoltre nelle Figure 5.4.2 e 5.4.3 sono riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

### Vantaggi

- rispetto alle varianti n. 1A e n. 1B la posa di una nuova condotta forzata Ø 125 mm anche sul tratto iniziale a partire del serbatoio Monti di Fosano permette di ridurre le perdite di carico a favore di una maggiore produzione energetica;
- il Ø 125 mm permette una maggiore produzione di energia anche rispetto alla variante n. 2A con il Ø 100 mm.

### Svantaggi

- i costi sono più elevati rispetto alle precedenti varianti.



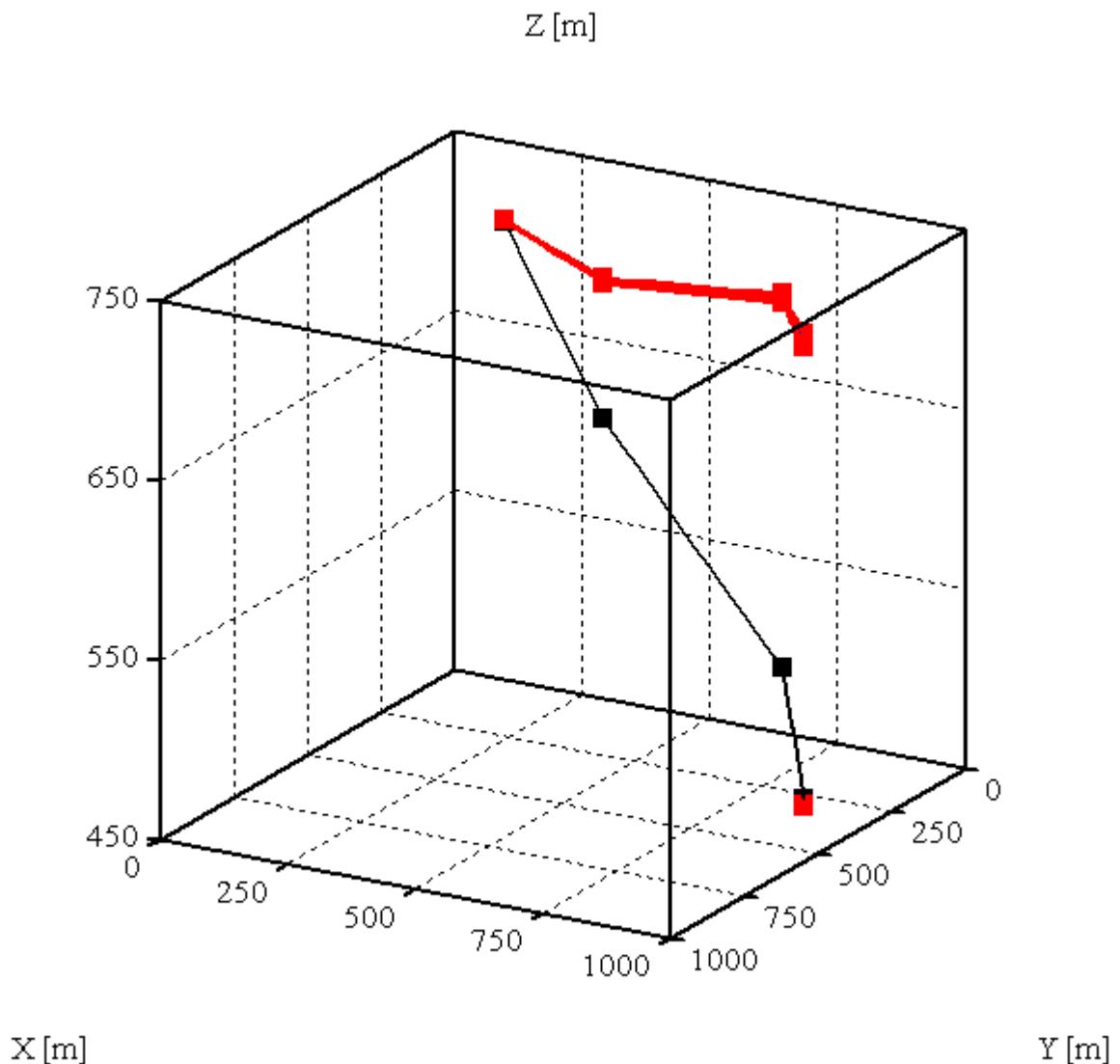


Figura 5.4.1.

Variante n. 2B. 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 (PN 10-16-25 Ø 125 mm) tra la camera di raccolta e carico (720 m s.l.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (465 m s.l.m.) da costruirsi presso il serbatoio Fosano (460 m s.l.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.



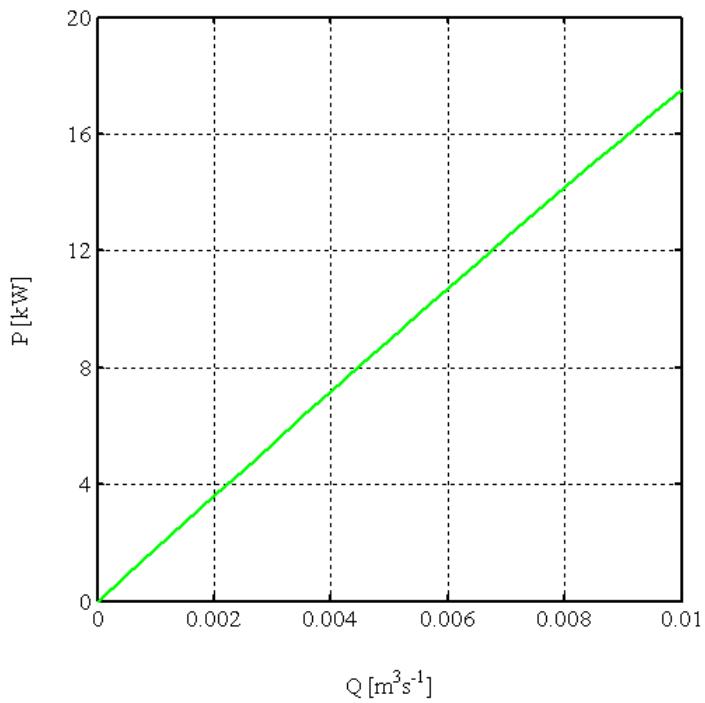


Figura 5.4.2.

Variante n. 2B. Potenza generata dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

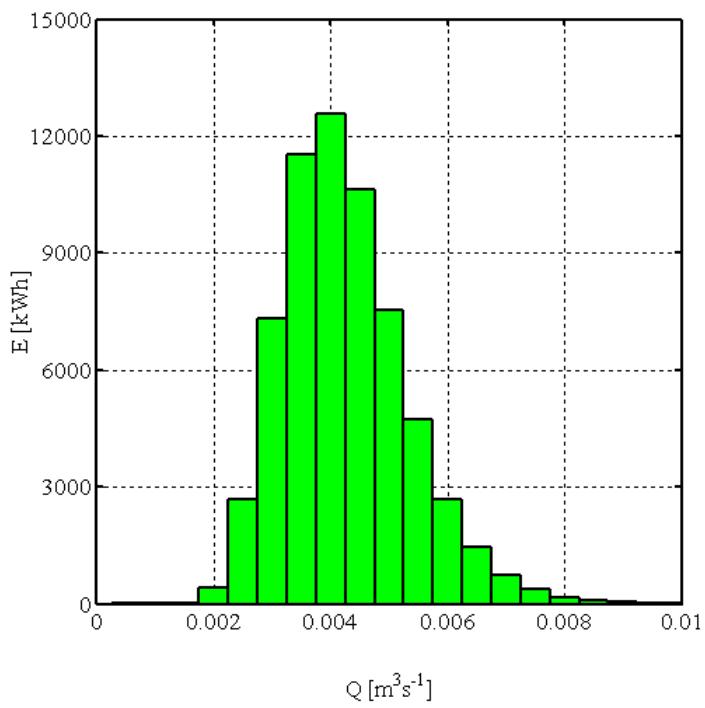


Figura 5.4.3.

Variante n. 2B. Energia prodotta dall'impianto nell'arco di un anno per diverse condizioni di portata turbinata.



## 6. Analisi economica

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

Il costo complessivo degli investimenti necessari per risanare l'acquedotto e realizzare l'impianto di recupero energetico risulta pari a:

- ≈747'000 CHF annui per la Variante n. 1A (cfr. Preventivo Variante n. 1A);
- ≈756'000 CHF annui per la Variante n. 1B (cfr. Preventivo Variante n. 1B);
- ≈877'000 CHF annui per la Variante n. 2A (cfr. Preventivo Variante n. 2A);
- ≈926'000 CHF annui per la Variante n. 2B (cfr. Preventivo Variante n. 2B);

Il costo preventivato comprende il rifacimento della condotta di adduzione, la realizzazione della camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore, il gruppo turbina-generatore (con relativo impianto di comando e regolazione e allacciamento alla rete elettrica), la derivazione d'acqua dalla condotta forzata al serbatoio Birker.

Sono esclusi i costi per le opere previste in una seconda fase (rifacimento delle captazioni delle sorgenti Bassetti 2 e Monti di Fosano, costruzione di un nuovo serbatoio di compenso e di carico ai Monti di Fosano, eliminazione del serbatoio Birker e collegamento delle reti di distribuzione alla condotta forzata).

Maggiori dettagli sono deducibili dai preventivi allegati.

Il costo annuo complessivo degli investimenti necessari per risanare l'acquedotto e realizzare l'impianto di recupero energetico (considerando un interesse del denaro pari al 5%, una vita delle opere civili di 50 anni e una vita dei macchinari di 25 anni) risulta pari a:

- ≈46'000 CHF annui per la Variante n. 1A (cfr. Tabella 6.1.1);
- ≈46'500 CHF annui per la Variante n. 1B (cfr. Tabella 6.2.1);
- ≈53'000 CHF annui per la Variante n. 2A (cfr. Tabella 6.3.1);
- ≈56'000 CHF annui per la Variante n. 2B (cfr. Tabella 6.4.1);

In base all' Ordinanza sull'Approvvigionamento Elettrico del 14 Marzo 2008 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 ed essa viene garantita per un periodo di 25 anni. La normativa stabilisce inoltre che al termine di tale periodo l'energia prodotta dell'impianto potrà essere venduta al prezzo di mercato.



Nel caso in oggetto (potenza equivalente erogata pari a  $\approx 7$  kW, salto lordo di  $\approx 260$  metri e costi di costruzione delle armature idrauliche superiori al 50% del valore dell'investimento totale) il prezzo di vendita risulterebbe di circa 0.325 CHF/kWh garantendo ricavi per:

- $\approx 17'500$  CHF annui per la Variante n. 1A (cfr. Tabella 6.1.1);
- $\approx 18'500$  CHF annui per la Variante n. 1B (cfr. Tabella 6.2.1);
- $\approx 19'500$  CHF annui per la Variante n. 2A (cfr. Tabella 6.3.1);
- $\approx 20'500$  CHF annui per la Variante n. 2B (cfr. Tabella 6.4.1);

Ne consegue che:

- nel caso della Variante n. 1A il costo complessivo dell'investimento ( $\approx 46'000$  CHF/anno) non verrebbe recuperato dal ricavo dell'impianto ( $\approx 17'500$  CHF/anno); si registrerebbero perciò differenze tra ricavi e costi negativi ( $\approx -28'500$  CHF/anno);
- nel caso della Variante n. 1B il costo complessivo dell'investimento ( $\approx 46'500$  CHF/anno) non verrebbe recuperato dal ricavo dell'impianto ( $\approx 18'500$  CHF/anno); si registrerebbero perciò differenze tra ricavi e costi negativi ( $\approx -28'000$  CHF/anno);
- nel caso della Variante n. 2A il costo complessivo dell'investimento ( $\approx 53'000$  CHF/anno) non verrebbe recuperato dal ricavo dell'impianto ( $\approx 19'500$  CHF/anno); si registrerebbero perciò differenze tra ricavi e costi negativi ( $\approx -33'500$  CHF/anno);
- nel caso della Variante n. 2B il costo complessivo dell'investimento ( $\approx 56'000$  CHF/anno) non verrebbe recuperato dal ricavo dell'impianto ( $\approx 20'500$  CHF/anno); si registrerebbero perciò differenze tra ricavi e costi negativi ( $\approx -35'500$  CHF/anno);



## 6.1. Variante n. 1A

Tabella 6.1.1. Variante n. 1A. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (interesse annuo pari al 5%, ammortamento delle opere civili in 50 anni e ammortamento delle opere elettromeccaniche in 25 anni) e ricavi ottenibili dalla vendita dell'energia.

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[ \frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	≈540'000	≈29'500
Opere elettromeccaniche	≈207'000	≈14'500
Esercizio e manutenzione	–	≈2'000
Costo totale	≈747'000	≈46'000
Ricavo dall'impianto	–	≈17'500
Differenza tra ricavi e costi	–	≈-28'500

## 6.2. Variante n. 1B

Tabella 6.2.1. Variante n. 1B. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (interesse annuo pari al 5%, ammortamento delle opere civili in 50 anni e ammortamento delle opere elettromeccaniche in 25 anni) e ricavi ottenibili dalla vendita dell'energia.

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[ \frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	≈549'000	≈30'000
Opere elettromeccaniche	≈207'000	≈14'500
Esercizio e manutenzione	–	≈2'000
Costo totale	≈756'000	≈46'500
Ricavo dall'impianto	–	≈18'500
Differenza tra ricavi e costi	–	≈-28'000



### 6.3. Variante n. 2A

Tabella 6.3.1. Variante n. 2A. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (interesse annuo pari al 5%, ammortamento delle opere civili in 50 anni e ammortamento delle opere elettromeccaniche in 25 anni) e ricavi ottenibili dalla vendita dell'energia.

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[ \frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	≈670'000	≈36'500
Opere elettromeccaniche	≈207'000	≈14'500
Esercizio e manutenzione	–	≈2'000
Costo totale	≈877'000	≈53'000
Ricavo dall'impianto	–	≈19'500
Differenza tra ricavi e costi	–	≈-33'500

### 6.4. Variante n. 2B

Tabella 6.4.1. Variante n. 2B. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (interesse annuo pari al 5%, ammortamento delle opere civili in 50 anni e ammortamento delle opere elettromeccaniche in 25 anni) e ricavi ottenibili dalla vendita dell'energia.

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[ \frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	≈719'000	≈39'500
Opere elettromeccaniche	≈207'000	≈14'500
Esercizio e manutenzione	–	≈2'000
Costo totale	≈926'000	≈56'000
Ricavo dall'impianto	–	≈20'500
Differenza tra ricavi e costi	–	≈-35'500



## 7. Conclusioni

In base alle informazioni raccolte e alle nostre analisi, la realizzazione di una microcentrale idroelettrica sulla condotta di adduzione tra il serbatoio Monti di Fosano (720 m s.l.m.) e il serbatoio Fosano (460 m s.l.m.) risulta tecnicamente fattibile.

Sostituendo infatti parzialmente o integralmente l'attuale condotta con una di resistenza e dimensione adeguate (PN 10-16-25 Ø 80-100-125 mm) e posizionando un gruppo turbina-generatore (potenza equivalente  $\approx 7$  kW) presso il serbatoio Fosano è infatti possibile produrre circa 55'000 kWh/anno, 57'500 kWh/anno, 60'000 kWh/anno e 62'500 kWh/anno per le quattro varianti considerate.

Dal punto di vista economico, l'adattamento dell'attuale rete di adduzione alla produzione di energia elettrica garantirebbe un ricavo medio di  $\approx 19'000$  CHF/anno.

Alla luce delle nuove indicazioni fornite dall' Ordinanza sull'Approvvigionamento Elettrico del 14 Marzo 2008, ipotizzando un tasso di interesse del denaro al 5% e considerando un periodo di ammortamento di 50/25 anni per le opere civili/ elettromeccaniche, si è riscontrato che né i costi di investimento complessivi né quelli imputabili alla realizzazione del solo impianto di recupero energetico potrebbero essere recuperati.

La realizzazione dell'impianto di recupero energetico secondo le ipotesi assunte non risulta pertanto vantaggiosa dal punto di vista economico. Queste considerazioni andranno naturalmente rivalutate al momento che si presenterà la necessità di intervenire sull'acquedotto in relazione alle esigenze specifiche di approvvigionamento e distribuzione dell'acqua potabile, realizzando gli interventi già pianificati nello Studio Generale di Approvvigionamento Idrico del comune di Vira Gambarogno e nel Piano Cantonale di Approvvigionamento Idrico, vale a dire:

- costruzione di un nuovo serbatoio Fosano di valenza regionale, in sostituzione del serbatoio esistente (rivalutando l'eventuale integrazione della microcentrale ed evitando dunque di costruire un manufatto separato per l'alloggio della stessa),
- rifacimento delle captazioni delle sorgenti (con eventuale significativo aumento delle portate idriche affluenti),
- sostituzione delle condotte esistenti sulla tratta sorgenti - serbatoio Monti di Fosano - serbatoio Fosano per necessità indipendenti dal recupero energetico (rottura frequenti, ecc.).



## **8. Bibliografia**

- Arredi F. (1981). Costruzioni idrauliche. UTET. Torino.
- Evangelisti G. (1982). Impianti idroelettrici. PATRON. Bologna.
- Marchi E. & Rubatta A. (1981). Meccanica dei fluidi: principi e applicazioni idrauliche. UTET. Torino

## **9. Documenti Tecnici**

- Studio Ingegneria Sciarini SA (1999). Comune di Vira Gambargono. Studio generale di approvvigionamento idrico.
- Studio Ingegneria Sciarini SA (2005). Piano Cantonale di Approvvigionamento Idrico (PCAI) del Gambarogno.



## **10. Allegati**

### **10.1. Preventivi**

Preventivo	Oggetto	Descrizione
1	Variante 1A	Costo degli interventi per la realizzazione delle opere previste
2	Variante 1B	Costo degli interventi per la realizzazione delle opere previste
3	Variante 2A	Costo degli interventi per la realizzazione delle opere previste
4	Variante 2B	Costo degli interventi per la realizzazione delle opere previste

### **10.2. Piani**

Piano	Oggetto	Descrizione
2581-004	Variante 1A	Planimetria delle opere esistenti e degli interventi necessari Scala 1:5000
2581-005	Variante 1B	Planimetria delle opere esistenti e degli interventi necessari Scala 1:5000
2581-006	Variante 2A	Planimetria delle opere esistenti e degli interventi necessari Scala 1:5000
2581-007	Variante 2B	Planimetria delle opere esistenti e degli interventi necessari Scala 1:5000
2581-008	-	Concetto manufatto di alloggio della microcentrale Scala 1:50

