

Risanamento dell'acquedotto Monti di Vira

Studio di fattibilità di recupero energetico al serbatoio Muntin

Progetto di Massima Luglio 2008

Elaborato da:

Studio Ingegneria Sciarini SA
CH-6574 Vira Gambarogno

Per incarico di:

Società Elettrica Sopracenerina
Svizzera Energia per le Infrastrutture
Municipio di Vira Gambarogno



Committente:

Società Elettrica Sopracenerica
Svizzera Energia per le Infrastrutture
Municipio di Vira Gambarogno

Comune di Vira Gambarogno
CH-6574 Vira Gambarogno
Tel. +41 91 785 90 80 , Fax +41 91 795 32 13

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 generale	p. 3
2.	Problematiche della rete di distribuzione	p. 3
3.	Obiettivi del risanamento	p. 4
4.	Situazione attuale della rete di distribuzione	p. 4
5.	Soluzioni proposte per il risanamento	p. 5
5.1.	Analisi tecnica: calcoli idraulici	p. 5
5.2.	Analisi economica: costi	p. 8
6.	Conclusioni sul risanamento della rete	p. 8
7.	Possibilità di recupero energetico	p. 9
8.	Situazione attuale della condotta di adduzione	p. 10
9.	Disponibilità d'acqua	p. 11
10.	Soluzioni proposte per il recupero energetico	p. 13
10.1.	Analisi tecnica: calcoli idraulici, potenza erogabile ed energia prodotta	p. 13
10.2.	Analisi economica: costi, ricavi e redditività	p. 23
11.	Conclusioni sulle possibilità di recupero energetico	p. 29
12.	Allegati	p. 29

1. Introduzione

Con lettera del 24 agosto 2005, il Municipio di Vira Gambarogno ha incaricato lo Studio Ingegneria Sciarini SA della progettazione del risanamento del sistema di distribuzione dell'acqua in località Monti di Vira in cui sia anche prevista la costruzione di un serbatoio con funzioni di riserva antincendio. In aggiunta a ciò, il Municipio, in accordo con la Società Elettrica Sopracenerina e Svizzera Energia, ha richiesto una valutazione tecnica e finanziaria sulla possibilità di installare una microcentrale idroelettrica sulla condotta di adduzione che collega la camera di raccolta della sorgente Valle di Pozzo al serbatoio Muntin.

Nella prima parte del lavoro focalizzeremo la nostra attenzione sulle attuali problematiche della rete di distribuzione e sulle possibili modalità di risanamento.

Nella seconda parte del lavoro valuteremo la fattibilità di integrare nel progetto di risanamento un impianto di produzione di energia idroelettrica sulla condotta di adduzione che dalla sorgente Valle di Pozzo raggiunge il serbatoio Muntin, alimentando al contempo la rete di distribuzione summenzionata.

2. Problematiche della rete di distribuzione

Attualmente la portata della sorgente Valle di Pozzo viene addotta al serbatoio Muntin tramite una condotta di piccolo diametro (in PE PN10 Ø 90 mm per un tratto di circa 1300 m tra la camera di raccolta della sorgente e il serbatoio Monti e in PE PN10 Ø 75 mm per un tratto di circa 1100 m tra il serbatoio Monti e il serbatoio Muntin) che risulta idraulicamente interrotta da diverse camere di rottura posizionate lungo il percorso in modo piuttosto irregolare. Una di queste camere di rottura (a 950 m s.l.m.), caratterizzata da un piccolo volume di compenso (circa 2 m³), funge anche da serbatoio di testata per il sistema di distribuzione oggetto di studio ed è nota come Serbatoio Monti. Tale serbatoio copre utenze distribuite su un pendio caratterizzato da pendenze significative con dislivelli che raggiungono i 200 m. Le case più a monte si trovano infatti a quote di poco inferiori (a 940 m s.l.m.) a quella del serbatoio e lamentano carenze d'acqua nei periodi di massima affluenza turistica e di massima richiesta d'acqua. Tale situazione risulta peraltro aggravata dal cattivo stato delle tubazioni che diverse ispezioni hanno mostrato presentare notevoli incrostazioni con conseguente riduzione delle sezioni di deflusso già limitate. Le case più a valle sono invece costruite a quote assai inferiori (a 730 m s.l.m.) e sono al contrario soggette a pressioni elevate che hanno richiesto l'installazione di valvole di riduzione della pressione. In corrispondenza delle proprietà Primo Regazzi ed eredi De Rossi la vecchia condotta di distribuzione è stata provvisoriamente sostituita con una tubazione volante.

Va poi osservato che il volume del serbatoio Monti garantisce una capacità di compenso assai limitata anche per un numero esiguo di utenze in condizioni di normale esercizio ed è assolutamente inadatto a coprire il fabbisogno in caso di incendio.

3. Obiettivi del risanamento

Nella prima parte di questo studio ci si propone di:

- verificare il quantitativo massimo richiesto dalle utenze a copertura del proprio fabbisogno o in caso di incendio;
- verificare la fattibilità tecnica della costruzione di un nuovo serbatoio con maggior capacità di compenso e di riserva antincendio nonché della posa di nuove tubazioni tra il nuovo serbatoio e le utenze in modo da garantire in qualsiasi momento una corretta erogazione dell'acqua e un'efficace lotta antincendio;
- individuare i tratti più critici in relazione alle variazioni di pressione a cui le nuove condotte sarebbero soggette;

4. Situazione attuale della rete di distribuzione

Il fabbisogno d'acqua potabile ai Monti di Vira varia considerevolmente in relazione all'afflusso turistico. Seguendo le indicazioni forniteci dal responsabile dell'acquedotto Sig. Dino Calabresi, la popolazione che fa capo al Serbatoio Monti durante il periodo invernale è pressoché nulla mentre durante il periodo estivo è stimabile cautelativamente in ~30-50 A. E.. Non disponendo di rilievi in continuo del prelievo dal serbatoio, il consumo è stato stimato in funzione del fabbisogno teorico per abitante. I fabbisogni medi e massimi pro capite sono stati assunti pari a 350 l/g A. E. e 500 l/g A. E. rispettivamente. Nella Tabella 4.1 sono riassunti i consumi medi dei Monti di Vira valutati nei giorni di consumo medio e massimo.

Tabella 4.1. Richieste medie dell'utenza dei Monti di Vira nei giorni di consumo medio e massimo.

A. E.	Giorno di consumo medio			Giorno di consumo massimo		
	$Q\left[\frac{1}{s}\right]$	$Q\left[\frac{1}{\text{min}}\right]$	$Q\left[\frac{\text{m}^3}{\text{g}}\right]$	$Q\left[\frac{1}{s}\right]$	$Q\left[\frac{1}{\text{min}}\right]$	$Q\left[\frac{\text{m}^3}{\text{g}}\right]$
~30	~0.12	~7.3	~10.5	~0.17	~10.4	~15.0
~50	~0.20	~12.1	~17.5	~0.29	~17.4	~25.0

Conformemente a quanto previsto dalla Normativa vigente per la lotta antincendio è da prevedere l'esercizio degli idranti con una portata di 5-10 l/s alla pressione minima di 3.5 bar (cfr. Direttive per i comuni concernenti le infrastrutture necessarie alla lotta contro gli incendi, Maggio 1989). Le osservazioni precedenti evidenziano come in questo caso la portata antincendio sia di fatto il parametro di progetto. D'altra parte occorre però tenere conto che il dimensionamento delle condotte in relazione a tale condizione potrebbe portare a un sovradimensionamento in relazione al fabbisogno dell'utenza, con possibili problemi di scarsa circolazione dell'acqua, ristagni, gelo, ecc.

5. Soluzioni proposte per il risanamento

L'analisi della rete di distribuzione attuale evidenzia insufficienze e malfunzionamenti di tutto il sistema idraulico. Un efficace miglioramento del servizio potrà pertanto essere ottenuto solo tramite un completo risanamento del serbatoio Monti e della rete da questo alimentata.

5.1. Analisi tecnica: calcoli idraulici

Si presentano nel seguito le diverse soluzioni elaborate.

Variante n. 1

Il diametro della nuova tubazione di distribuzione è stato dimensionato mantenendo essenzialmente il tracciato attuale e valutando che, per la massima portata richiesta, le perdite di carico distribuite lungo la condotta da un lato non riducano eccessivamente la pressione disponibile alle utenze e dall'altro non inducano depressioni in punti sfavorevoli del percorso. Entrambe le precedenti condizioni risultano soddisfacentemente garantite costruendo un nuovo serbatoio nei pressi dell'attuale Serbatoio Monti ma 15 m più in alto (quindi a 965 m s.l.m.) e posando una tubazione di adeguata resistenza tra il nuovo serbatoio e le utenze (PE PN10 Ø 110 mm, Ø 90 mm e Ø 75 mm) con adeguati riduttori di pressione.

I risultati delle analisi mostrano che:

- la pressione nei nodi delle reti di distribuzione, adottando opportuni riduttori, risulta sempre inferiore al massimo valore ammissibile di 12 bar;
- le verifiche antincendio dimostrano che dagli idranti collocati lungo le condotte principali è possibile erogare una portata di 5 l/s mantenendo una pressione nei nodi di almeno 1.5 bar nella parte più alta della frazione Monti.

L'innalzamento del serbatoio Monti indurrà la pressurizzazione di un tratto dell'attuale condotta di adduzione proveniente dalla camera di raccolta della sorgente Val di Pozzo. Poiché tale condotta è inadeguata a resistere a pressioni superiori alle attuali a causa della propria vetustà, è necessario che essa venga sostituita con una nuova condotta a resistenza superiore nel tratto interessato da pressurizzazione (PE PN10 Ø 110 mm per un tratto di ~500 m). Tale tratto riguarda di fatto la tubazione compresa tra l'attuale serbatoio Monti e la camera di rottura a monte di esso.

Per ulteriori dettagli si veda il Piano allegato n. 2583-001.

Variante n. 2

L'analisi svolta al paragrafo precedente ha evidenziato come di fatto un risanamento della sola rete di distribuzione dei Monti non sia sufficiente a risolvere i problemi riscontrati nella frazione. Ciò è essenzialmente dovuto alla disposizione delle case nella parte più alta del pendio dove la pressione di erogazione risulta vincolata dal posizionamento del serbatoio Monti. Visto che anche limitate sopraelevazioni del nuovo serbatoio si ripercuoterebbero su un tratto di lunghezza significativa della rete di adduzione a monte dello stesso e constatata la necessità di sostituire un tratto considerevole di tale condotta, pare ragionevole pensare ad altre soluzioni per quanto concerne la posizione del nuovo serbatoio Monti, che potrebbero risultare più favorevoli anche in relazione ad un recupero energetico.

Si è quindi valutata la possibilità di posizionare il serbatoio nei pressi della prima camera di rottura sul terrazzo a ca. 1000 m s.l.m.. L'incremento di carico idraulico così ottenibile sarebbe utile sia per l'erogazione nella parte alta della frazione Monti sia ai fini della produzione energetica nel caso in cui venga realizzata una minicentrale al serbatoio Muntin.

Tra il nuovo serbatoio e le utenze si prevede la posa di una condotta di adduzione PE PN10 Ø 110 mm e, parallelamente, una condotta di distribuzione PE PN10 Ø 75 mm; lungo la rete di distribuzione si prevedono condotte PE PN16 Ø 75 mm.

I risultati delle analisi mostrano che anche in questo caso:

- la pressione nei nodi delle reti di distribuzione, adottando opportuni riduttori, risulta sempre inferiore al massimo valore ammissibile di 12 bar;
- con prelievi d'acqua importanti non si verificano cali di pressione significativi sulla rete; le verifiche antincendio hanno infatti dimostrato che dagli idranti collocati lungo le condotte principali risulta possibile erogare una portata di 5 l/s mantenendo una pressione nei nodi di almeno 3.5 bar anche nella parte più alta della frazione Monti.

Per ulteriori dettagli si veda il Piano allegato n. 2583-004.

Variante n. 3

Un'ulteriore soluzione potrebbe invece prevedere la sostituzione totale della condotta di adduzione compresa tra la camera di raccolta della sorgente Valle di Pozzo e l'attuale serbatoio Monti (PE PN10 Ø 110 mm per un tratto di ~1300 m) con eliminazione della camera di rottura intermedia (a 990 m s.l.m.) e costruzione di un nuovo serbatoio presso l'attuale camera di raccolta della sorgente a 1040 m s.l.m.

Questa soluzione risulta essenzialmente dettata da questioni di recupero energetico oltre che dal fatto che la condotta di adduzione si trova in generale in stato precario anche sul tratto compreso tra la sorgente e la prima camera di rottura a valle di essa (a 990 m s.l.m.).

Tra il nuovo serbatoio e le utenze si prevede la posa di una condotta di adduzione PE PN10 Ø 110 mm e, parallelamente, una condotta di distribuzione PE PN10 Ø 75 mm; lungo la rete di distribuzione si prevedono condotte PE PN16 Ø 75 mm.

I risultati delle analisi mostrano che anche in questo caso:

- la pressione nei nodi delle reti di distribuzione, adottando opportuni riduttori, risulta sempre inferiore al massimo valore ammissibile di 12 bar;
- con prelievi d'acqua importanti nella frazione non si verificano cali di pressione significativi sulla rete; le verifiche antincendio hanno infatti dimostrato che dagli idranti collocati lungo le condotte principali risulta possibile erogare una portata di 5 l/s mantenendo una pressione nei nodi di almeno 3.5 bar anche nella parte più alta della frazione Monti.

Per ulteriori dettagli si veda il Piano allegato n. 2583-007.

Osservazioni generali

In tutte le varianti considerate le nuove condotte saranno posate ad una profondità di 100 cm, in modo tale da essere protette dal gelo.

Gli idranti e i riduttori di pressione esistenti saranno sostituiti con nuovi idranti a colonna e nuovi riduttori di pressione secondo quanto previsto nei Piani corrispondenti alle diverse varianti.

Affinché le portate indicate al § 4 possano essere erogate per un tempo ragionevole, il nuovo serbatoio dovrà essere dotato di una riserva antincendio di almeno 30 m³ e di una riserva per l'utenza di ca. 10 m³, per un totale quindi di 40 m³. Esso dovrà inoltre essere concepito in modo tale da poter fungere da camera di carico per un'eventuale microcentrale da installare nei pressi del serbatoio Muntin.

5.2. Analisi economica: costi

I costi d'investimento (inclusi imprevisti, onorari e imposta IVA) necessari al risanamento della rete di distribuzione dei Monti secondo le varianti descritte sono presentati in allegato e risultano pari a:

variante 1:	CHF	970'000.-	(cfr. piano n. 2583-001)
variante 2:	CHF	1'240'000.-	(cfr. piano n. 2583-004)
variante 3:	CHF	1'443'000.-	(cfr. piano n. 2583-007)

Il costo annuo degli investimenti, considerando un interesse del denaro annuo pari al 5% ed una vita delle opere civili di 50 anni, risulta pari a circa:

variante 1:	CHF/anno	53'133.-
variante 2:	CHF/anno	67'923.-
variante 3:	CHF/anno	79'043.-

6. Conclusioni sul risanamento della rete

Le differenti soluzioni analizzate per il risanamento dell'acquedotto dei Monti presentano diversi gradi di soddisfacimento e di costo.

La prima e più economica soluzione permette di risolvere in modo soddisfacente, seppur non ottimale, il problema dell'erogazione alle case ubicate nella parte più alta del pendio.

La seconda e la terza soluzione, oltre a risolvere al meglio i problemi all'acquedotto della frazione, prevedono anche un risanamento della vecchia condotta di adduzione, che rappresenta pure la base per un miglior sfruttamento energetico della risorsa disponibile (cfr. § 7). Ciò tuttavia a prezzo di un notevole investimento economico.

Indipendentemente dalla variante scelta, visti i costi relativamente importanti per il risanamento dell'acquedotto dei Monti, sarebbe eventualmente possibile realizzare l'opera a tappe, dando ad esempio priorità alla sostituzione della condotta (e relativi riduttori di pressione) lungo il tratto in cui è attualmente in funzione la tubazione provvisoria volante, realizzando quindi in un secondo tempo il nuovo serbatoio Monti e la sostituzione dei rimanenti tratti di rete.

7. Possibilità di recupero energetico

La portata della sorgente Valle di Pozzo viene addotta al serbatoio Muntin tramite una condotta di piccolo diametro (in PE PN10 Ø 90 mm per un tratto di circa 1300 m tra la camera di raccolta delle sorgenti e il serbatoio Monti e in PE PN10 Ø 75 mm per un tratto di circa 1100 m tra il serbatoio Monti e il serbatoio Muntin), che può risultare idraulicamente insufficiente a trasportare a valle le massime portate della sorgente. La condotta di adduzione copre peraltro un dislivello notevole (circa 580 m) su un percorso di lunghezza significativa (circa 2400 m) ed è idraulicamente interrotta da 4 camere di rottura posizionate lungo il percorso in modo piuttosto irregolare.

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 un gruppo turbina-generatore nei pressi del serbatoio Muntin 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.

Nella seconda parte di questo studio ci si propone pertanto di:

- valutare il quantitativo d'acqua disponibile presso la sorgente Valle di Pozzo;
- verificare la fattibilità tecnica del collegamento idraulico tra la camera di raccolta delle sorgenti Valle di Pozzo e il serbatoio Muntin ipotizzando la sostituzione della condotta esistente con una di diametro e resistenza adeguate e l'inserimento di un gruppo turbina-generatore presso il serbatoio Muntin;
- 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 che il progetto di recupero energetico sia compatibile con quello di risanamento della rete di distribuzione della frazione Monti.

8. Situazione attuale della condotta di adduzione

Attualmente dalla camera di raccolta della sorgente Valle di Pozzo (a 1040 m s.l.m.) la condotta di adduzione raggiunge il serbatoio Muntin (a 460 m s.l.m.) attraverso un percorso plano-altimetrico irregolare (cfr. Figura 8.1). La sua lunghezza complessiva è di circa 2400 m mentre il dislivello geodetico o salto lordo risulta di circa 580 m.

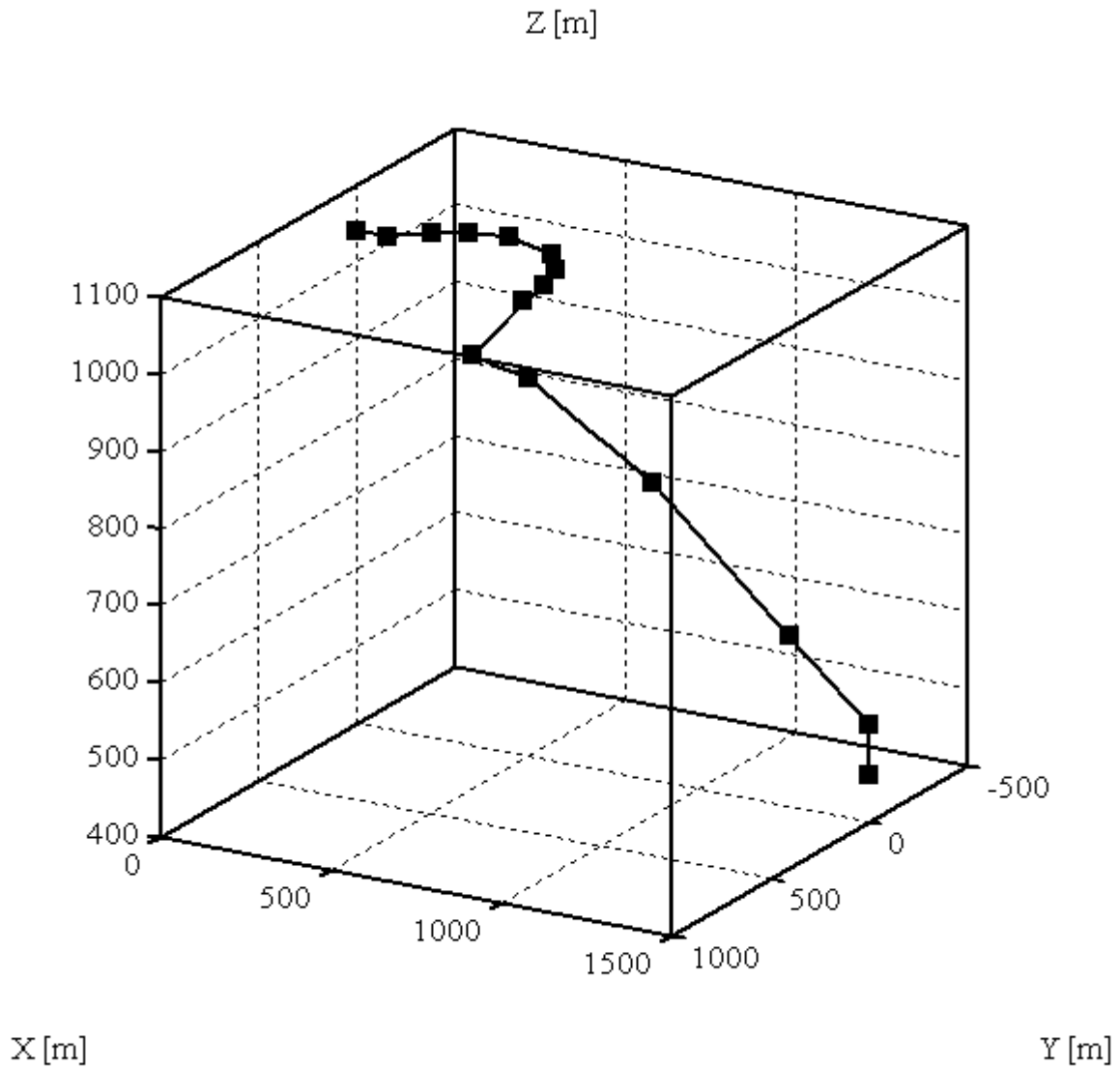


Figura 8.1. Schema plano-altimetrico (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi) della condotta di adduzione tra la camera di raccolta della sorgente Valle di Pozzo (quota 1040 m s.l.m.) e il serbatoio Muntin (quota 460 m s.l.m.).

Tale condotta funziona egregiamente per portate della sorgente pari al loro valor medio o inferiori mentre induce lievi depressioni nel tratto iniziale e l'entrata in funzione dello scarico di troppo pieno della camera di raccolta nei periodi di massima portata.

Il serbatoio Muntin versa in discrete condizioni. Esso risulta però inadatto ad alloggiare il gruppo turbina-generatore. Nel caso in cui la costruzione della microcentrale risulti tecnicamente fattibile ed economicamente auspicabile si dovrà pertanto costruire una nuova camera in cui poter collocare il gruppo turbina-generatore.

9. Disponibilità d'acqua

In base ai dati disponibili la sorgente Valle di Pozzo presenta una portata media piuttosto limitata con scarti sensibili tra le portate minime e massime registrate (Tabella 9.1).

Tabella 9.1. Caratteristiche della sorgente Valle di Pozzo di Vira Gambarogno.

Sorgente Valle di Pozzo	$Q \left[\frac{1}{s} \right]$	$Q \left[\frac{1}{\text{min}} \right]$	$Q \left[\frac{\text{m}^3}{\text{g}} \right]$
Portata minima	~0.5	~30.0	~43.2
Portata media	~2.7	~160.0	~230.4
Portata massima	~6.7	~400.0	~576.0

Le informazioni riguardanti la produttività della sorgente Valle di Pozzo forniteci dal Comune coprono in maniera frammentaria e discontinua gli anni precedenti il 2003 e non permettono di effettuare una dettagliata analisi statistica.

Malgrado ciò, 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 $m(\ln Q)$ e la deviazione standard $s(\ln Q)$ della distribuzione in funzione della media campionaria $m(Q)$ e della deviazione standard campionaria $s(Q)$ (i.e. $m(\ln Q) = f(m(Q), s(Q))$ e $s(\ln Q) = g(m(Q), s(Q))$ dove $m(Q) = m(Q)$ e $s(Q) = s(Q)$).

Nelle Figure 9.1-9.2 sono riportate la funzione densità di probabilità (Figura 9.1) e la funzione densità di probabilità cumulata (Figura 9.2) utilizzate per stimare la produttività della sorgente nel corso dell'anno.

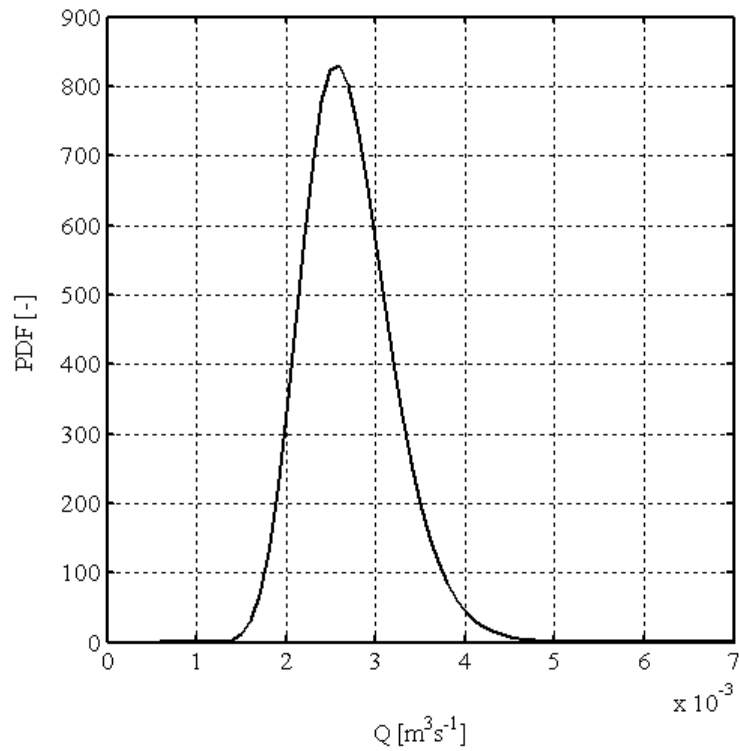


Figura 9.1. Funzione densità di probabilità di tipo lognormale per le portate della sorgente Valle di Pozzo stimata in base ai dati disponibili.

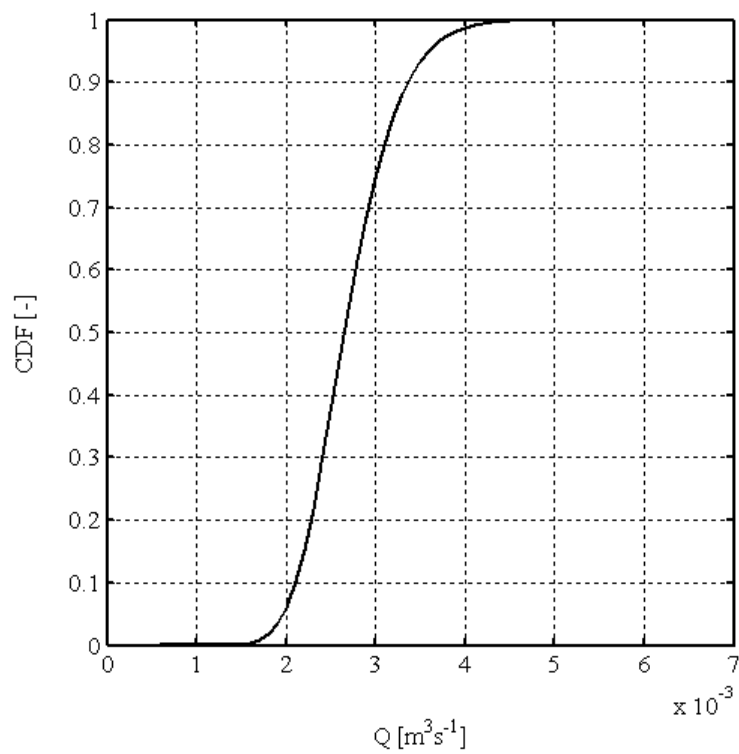


Figura 9.2. Funzione densità di probabilità cumulata di tipo lognormale per le portate della sorgente Valle di Pozzo stimata in base ai dati disponibili.

10. 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 nei pressi del serbatoio Muntin.

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

Il carico lordo disponibile per la generazione di energia risulta dell'ordine dei 580 m.

Il diametro della nuova tubazione è stato dimensionato valutando con attenzione che, per i diversi valori della portata turbinabile, le perdite di carico distribuite lungo la condotta da un lato non riducano eccessivamente il carico netto disponibile sulla turbina e dall'altro non inducano depressioni in punti sfavorevoli del percorso. Si è verificato che entrambe le precedenti condizioni risultano soddisfacentemente garantite adottando una tubazione \varnothing 100 mm di adeguata resistenza tra la camera di carico e il gruppo turbina-generatore.

Si presentano nel seguito le diverse soluzioni elaborate congruentemente con le esigenze di risanamento della rete di distribuzione della frazione Monti.

Variante n. 1

La prima soluzione consiste nel costruire una nuova camera di carico a 965 m s.l.m. poco sopra l'attuale Serbatoio Monti.

Il tratto a bassa pendenza dalla sorgente Valle di Pozzo al Serbatoio Monti (attualmente in PE PN10 Ø 90 mm, lunghezza ~1300 m, salto ~ 75 m) è stato volutamente trascurato perché lo sfruttamento integrale del salto disponibile richiederebbe la sostituzione anche delle condotte comprese tra la sorgente e il Serbatoio Monti e ciò si tradurrebbe in un notevole aggravio economico a fronte di un marginale incremento di produzione di energia idroelettrica. Questa possibilità verrà comunque analizzata nelle varianti successive.

Con tale scelta il salto lordo sarebbe di 500 m e la potenza media dell'impianto (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata media della sorgente) risulterebbe quindi di circa 10 kW mentre la potenza massima (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata massima della sorgente) potrebbe raggiungere all'incirca i 20 kW. Complessivamente l'energia prodotta nell'arco di un anno ammonterebbe a circa 81'000 kWh.

In Figura 10.1 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione (Ø_i 100 mm) tra la camera di carico a 965 m s.l.m. e la camera di alloggio della microcentrale a 465 m s.l.m presso il serbatoio Muntin, per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 7 l/s. Nelle Figure 10.2 e 10.3 sono invece riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

Per ulteriori dettagli si vedano i Piani allegati n. 2583-002 e n. 2583-003.

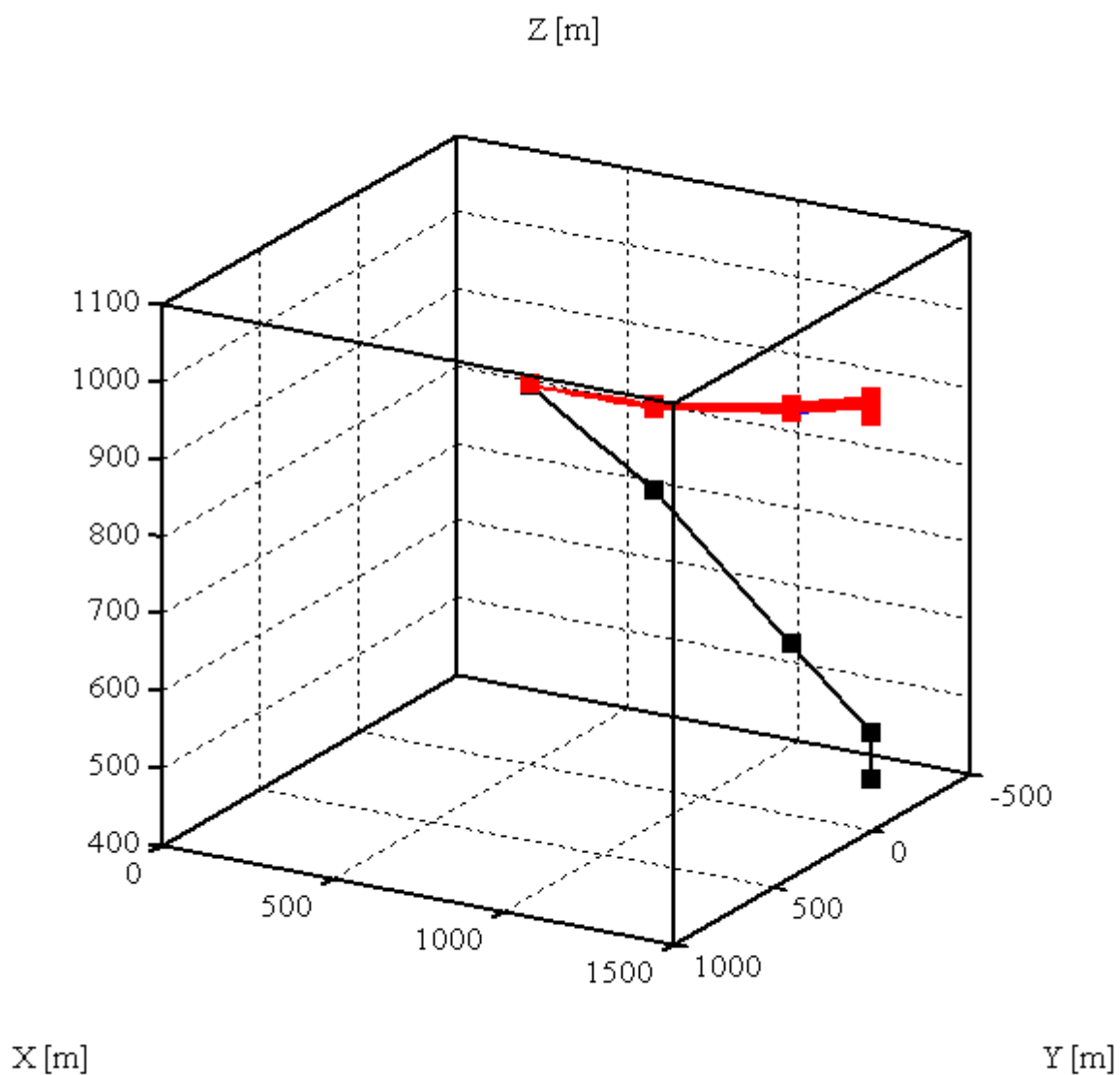


Figura 10.1. Variante n. 1. Quote geometriche (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi), quote piezometriche (linee blu per le condotte e quadrati blu per i nodi) e carichi totali (linee rosse per le condotte e quadrati rossi per i nodi) sulla condotta di adduzione (\varnothing 100 mm) tra la camera di carico della sorgente Val di Pozzo (quota 950 m s.l.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (quota 465 m s.l.m.) da costruirsi presso il serbatoio Muntin (quota 460 m s.l.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.

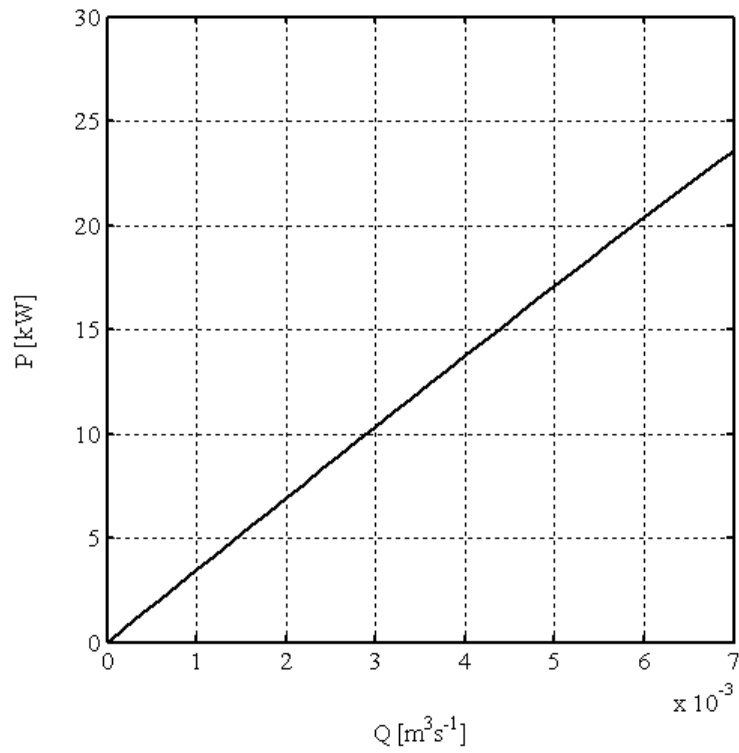


Figura 10.2. Variante n. 1. Potenza generata dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

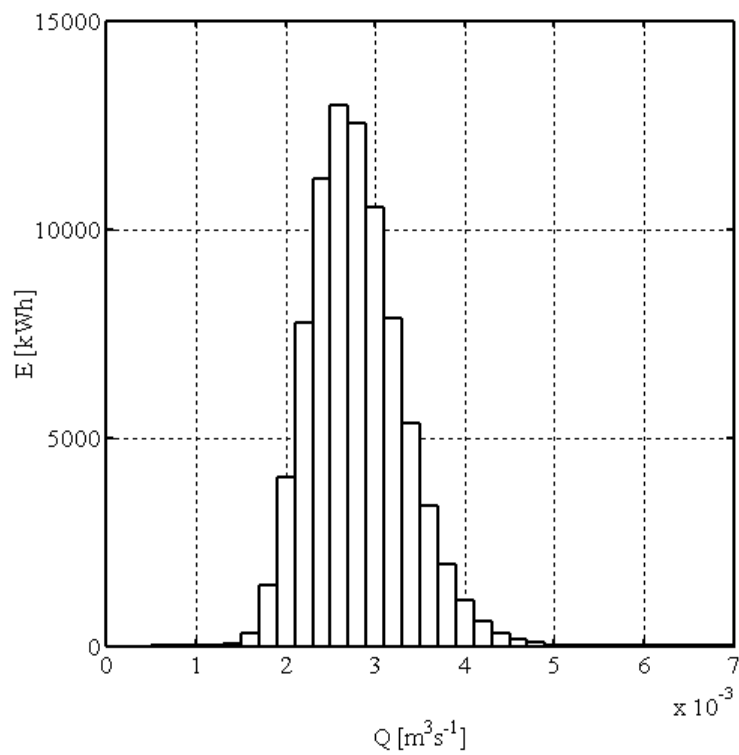


Figura 10.3. Variante n. 1. Energia prodotta dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

Variante n. 2

La seconda soluzione, risultante dalla necessità di garantire un maggiore carico idraulico nella parte alta della frazione Monti, consiste invece nel prevedere una nuova camera di carico a 1000 m s.l.m.

Con tale scelta il salto lordo sarebbe di 535 m e la potenza media dell'impianto (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata media della sorgente) risulterebbe di circa 11 kW mentre la potenza massima (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata massima della sorgente) potrebbe raggiungere all'incirca i 22 kW. Complessivamente l'energia prodotta nell'arco di un anno ammonterebbe a circa 87'000 kWh.

In Figura 10.4 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione (\varnothing_1 100 mm) tra la camera di carico a 1000 m s.l.m. e la camera di alloggio della microcentrale a 465 m s.l.m presso il serbatoio Muntin per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 7 l/s. Nelle Figure 10.5 e 10.6 sono invece riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

Per ulteriori dettagli si vedano i Piani allegati n. 2583-005 e n. 2583-006.

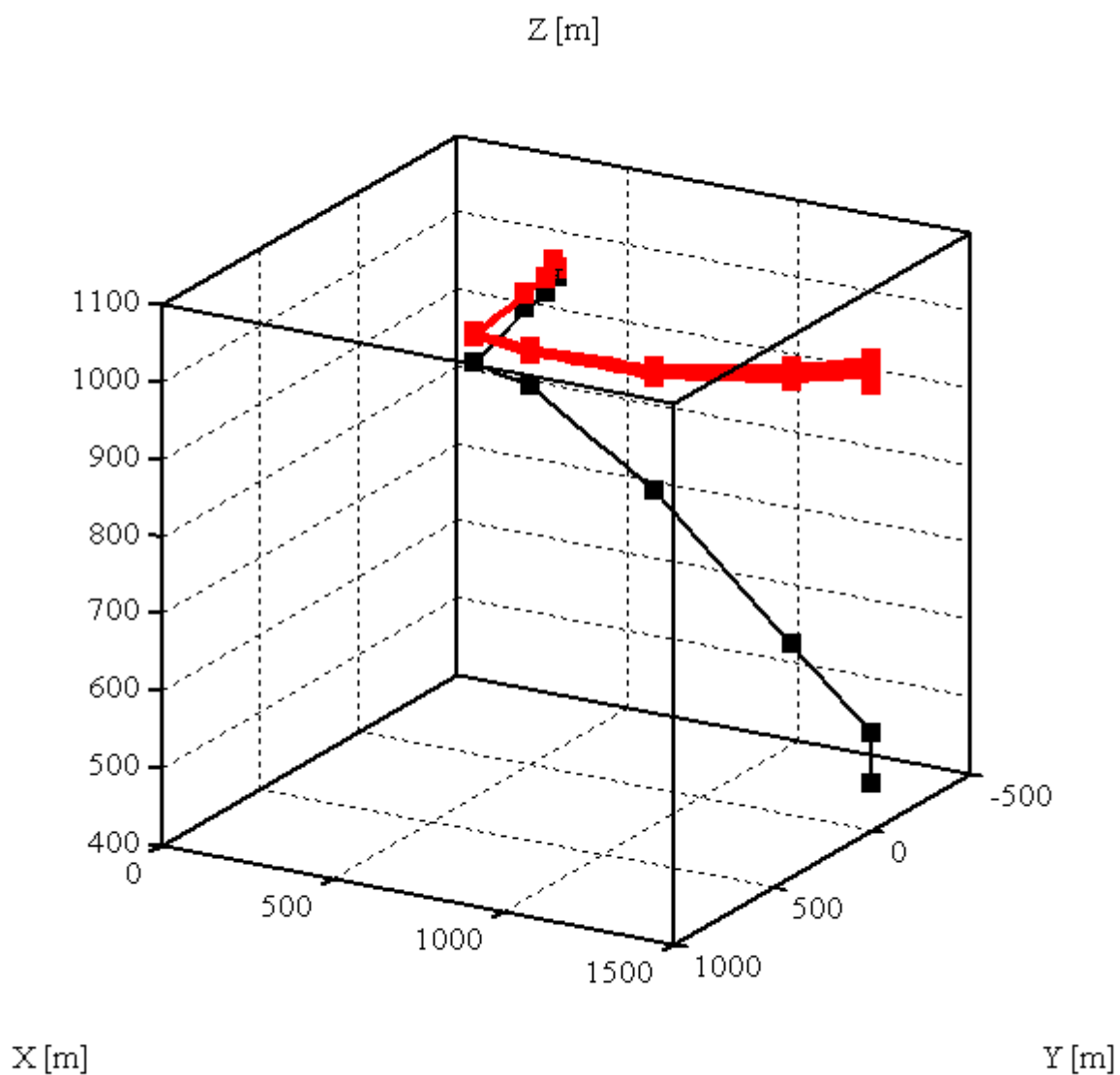


Figura 10.4. Variante n. 2. Quote geometriche (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi), quote piezometriche (linee blu per le condotte e quadrati blu per i nodi) e carichi totali (linee rosse per le condotte e quadrati rossi per i nodi) sulla condotta di adduzione (\varnothing 100 mm) tra la camera di carico delle sorgenti Val di Pozzo (quota 1000 m s.l.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (quota 465 m s.l.m.) da costruirsi presso il serbatoio Muntin (quota 460 m s.l.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.

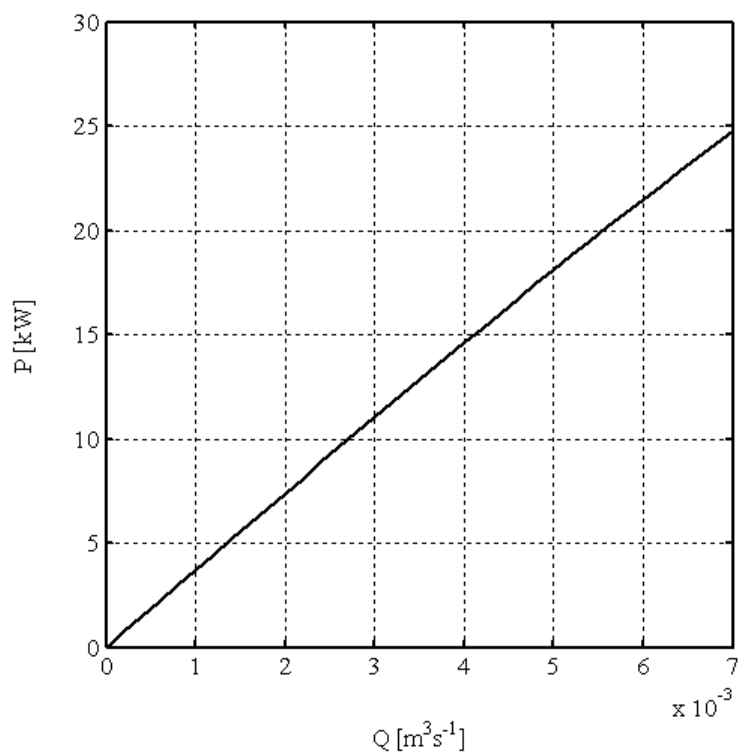


Figura 10.5. Variante n. 2. Potenza generata dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

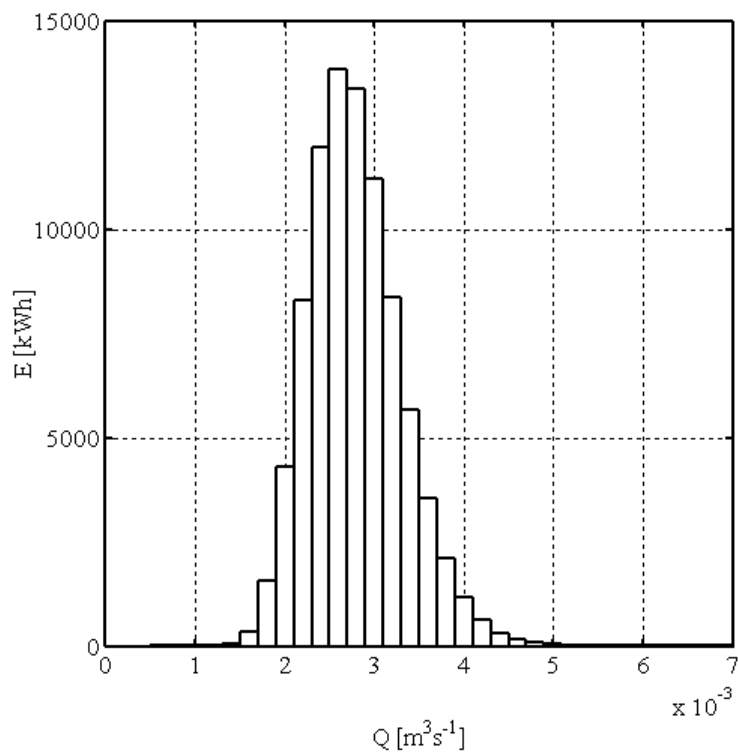


Figura 10.6. Variante n. 2. Energia prodotta dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

Variante n. 3

La terza soluzione, utile sia per garantire un maggiore carico idraulico nella parte alta della frazione Monti che per sfruttare interamente il salto geodetico disponibile, consiste infine nel prevedere una nuova camera di carico a 1040 m s.l.m. presso l'attuale camera di raccolta della sorgente Valle di Pozzo.

Con tale scelta il salto lordo sarebbe dunque di 575 m e la potenza media dell'impianto (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata media della sorgente) risulterebbe di circa 12 kW mentre la potenza massima (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata massima della sorgente) potrebbe raggiungere all'incirca i 24 kW. Complessivamente l'energia prodotta nell'arco di un anno ammonterebbe a circa 93'000 kWh.

In Figura 10.7 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione (\varnothing_1 100 mm) tra la camera di carico a 1040 m s.l.m. e la camera di alloggio della microcentrale a 465 m s.l.m presso il serbatoio Muntin, per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 7 l/s. Nelle Figure 10.8 e 10.9 sono invece riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

Per ulteriori dettagli si vedano i Piani allegati n. 2583-008 e n. 2583-009.

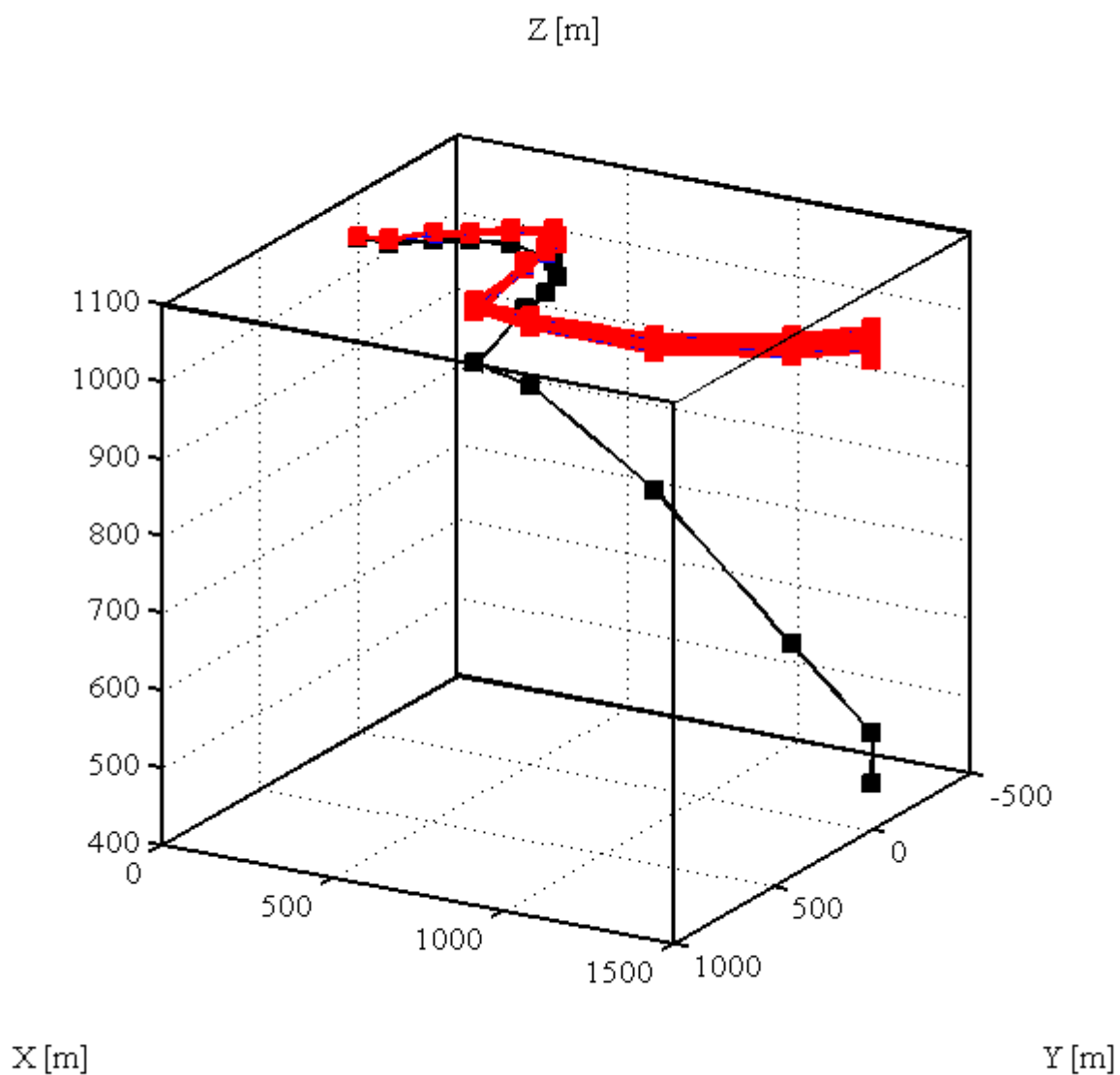


Figura 10.7. Variante n. 3. Quote geometriche (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi), quote piezometriche (linee blu per le condotte e quadrati blu per i nodi) e carichi totali (linee rosse per le condotte e quadrati rossi per i nodi) sulla condotta di adduzione (\varnothing 100 mm) tra la camera di carico della sorgente Val di Pozzo (quota 1040 m s.l.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (quota 465 m s.l.m.) da costruirsi presso il serbatoio Muntin (quota 460 m s.l.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.

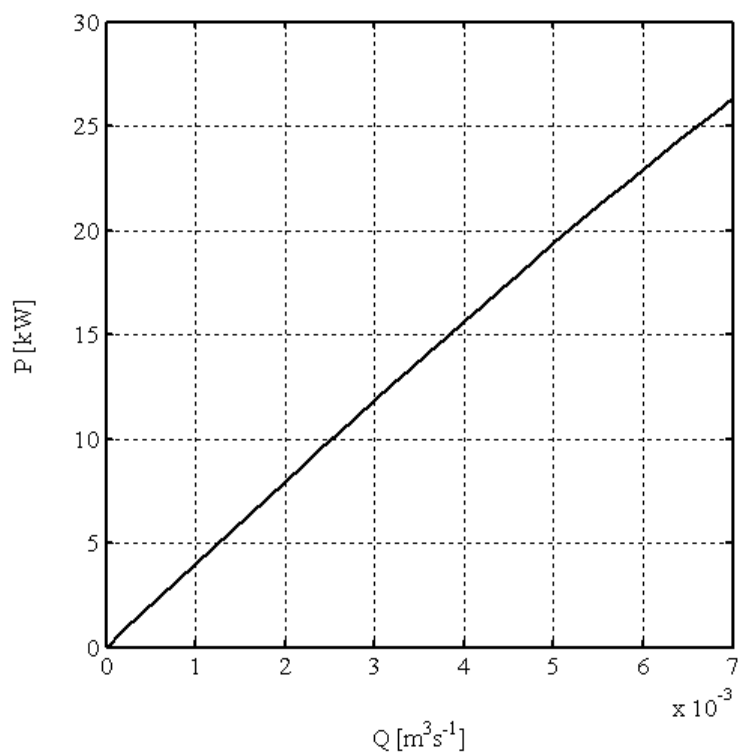


Figura 10.8. Variante n. 3. Potenza generata dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

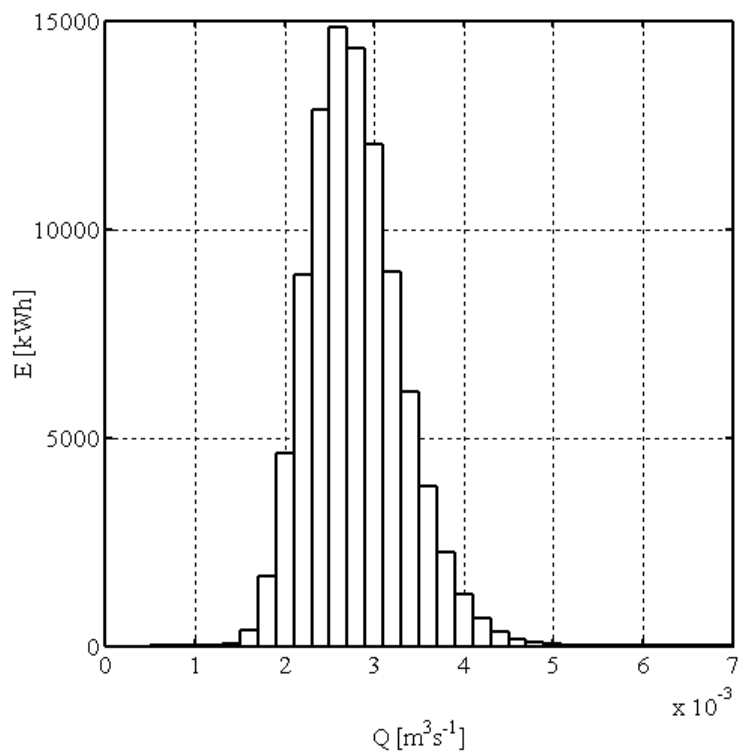


Figura 10.9. Variante n. 3. Energia prodotta dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

10.2. Analisi economica: costi, ricavi e redditività

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

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.

Per valutare la redditività dell'impianto si confrontano i ricavi derivanti dalla vendita dell'energia con gli oneri annui derivanti dall'investimento per la costruzione delle opere. Tali oneri sono stati calcolati assumendo come periodo di ammortamento la durata di vita delle costruzioni civili ed elettromeccaniche, considerando 50 anni per le opere civili e 25 anni per le opere elettromeccaniche e applicando un interesse del denaro annuo pari al 5%.

Al costo annuo dell'investimento vanno poi aggiunti circa 2'000 CHF annui per l'esercizio e la manutenzione dell'impianto (i.e. sostituzione dei cuscinetti del generatore, etc.).

Il costo annuo complessivo necessario alla produzione di energia elettrica risulta pari a circa:

variante 1:	CHF/anno	116'960.-
variante 2:	CHF/anno	131'859.-
variante 3:	CHF/anno	147'854.-

Nel caso in cui tali possibilità di recupero energetico non venissero prese in considerazione (ancora considerando un interesse del denaro annuo pari al 5%, una vita delle opere civili di ~~25~~ 50 anni e una vita dei macchinari di 25 anni) il costo annuo delle opere civili riconosciute come necessarie (risanamento della rete di distribuzione e della condotta di adduzione) risulterebbe comunque significativo e pari a circa:

variante 1:	CHF/anno	76'414.-
variante 2:	CHF/anno	91'861.-
variante 3:	CHF/anno	102'926.-

Nel caso in oggetto (potenza equivalente erogata nelle rispettive varianti pari a circa 10-11-12 kW, salto lordo di 500-535-575 metri e costi di costruzione delle armature idrauliche superiori al 50% dell'investimento totale in tutte le varianti) anche ammettendo un prezzo di vendita di circa 0.35 CHF per kWh, il ricavo annuo risulterebbe al massimo di circa:

variante 1:	CHF/anno	28'000.-
variante 2:	CHF/anno	29'750.-

variante 3: CHF/anno 31'500.-

Ne consegue che il maggior costo complessivo dell'investimento, pari a:

variante 1: CHF/anno 40'546.-

variante 2: CHF/anno 39'998.-

variante 3: CHF/anno 44'928.-

non verrebbe recuperato.

Tra ricavo e maggior costo risulta, infatti, la seguente differenza:

variante 1: CHF/anno -12'546.-

variante 2: CHF/anno -10'248.-

variante 3: CHF/anno -13'428.-.

Maggiori dettagli sono deducibili dalle Tabelle 10.1, 10.2, 10.3 e dal Preventivo generale allegato.

A titolo di ricapitolazione nelle Figure 10.10-10.11-10.12 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 tre varianti considerate.

Nella Figura 10.13 le soluzioni vengono confrontate evidenziando per ogni variante il maggior costo, il ricavo massimo dalla vendita dell'energia e la differenza tra ricavi e maggiori costi derivanti dall'investimento.

Tabella 10.1. Progetto di recupero energetico. Variante n. 1. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (ipotizzando un interesse annuo pari al 5%, l'ammortamento delle opere civili in 50 anni e l'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	~1'600'000	~87'643
Opere elettromeccaniche	~385'000	~27'317
Esercizio e manutenzione	-	~2'000
Costo totale	~1'985'000	~116'960
Costo per il risanamento della rete di distribuzione e adduzione	~1'395'000	~76'414
Maggiori costi	-	~40'546
Ricavo dall'impianto	-	~28'000
Utile/Perdita	-	~-12'546

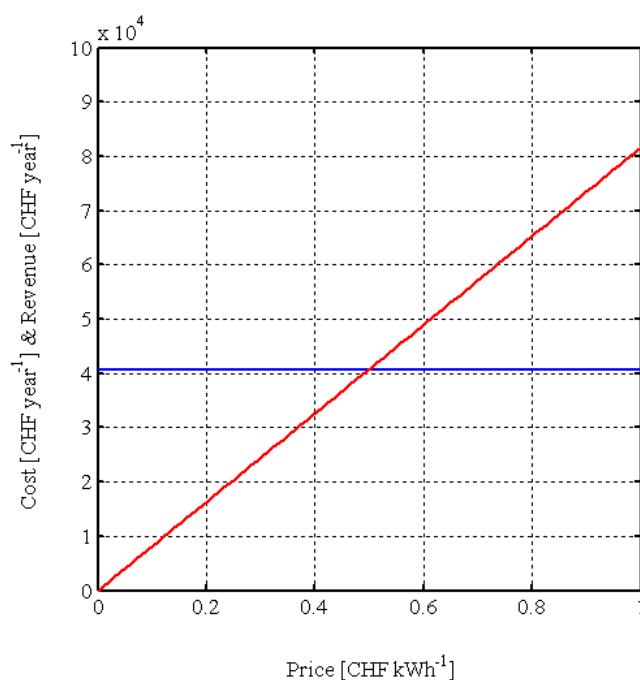


Figura 10.10. Variante n. 1. Maggiori costi annui di costruzione dell'impianto di produzione dell'energia elettrica (in blu) e ricavi annui (in rosso) in funzione del prezzo di vendita dell'energia.

Tabella 10.2. Progetto di recupero energetico. Variante n. 2. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (ipotizzando un interesse annuo pari al 5%, l'ammortamento delle opere civili in 50 anni e l'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	~1'872'000	~102'542
Opere elettromeccaniche	~385'000	~27'317
Esercizio e manutenzione	-	~2'000
Costo totale	~2'257'000	~131'859
Costo per il risanamento della rete di distribuzione e adduzione	~1'677'000	~91'861
Maggiori costi	-	~39'998
Ricavo dall'impianto	-	~29'750
Utile/Perdita	-	~-10'248

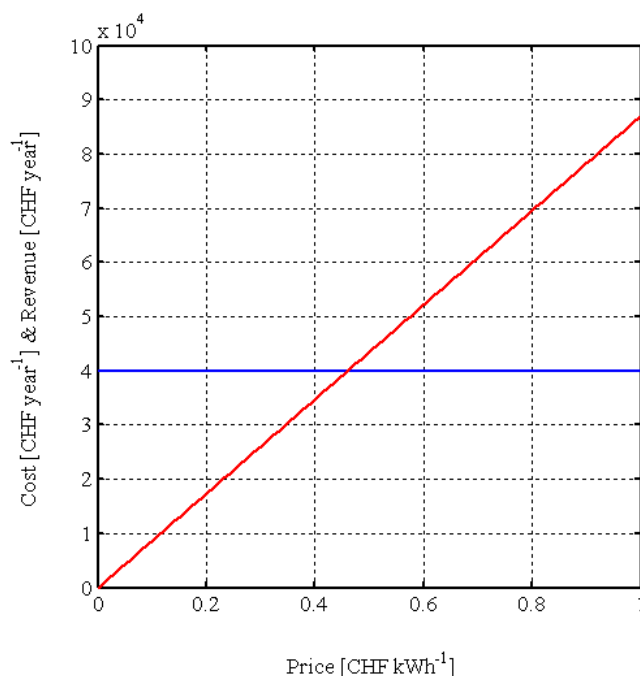


Figura 10.11. Variante n. 2. Maggiori costi annui di costruzione dell'impianto di produzione dell'energia elettrica (in blu) e ricavi annui (in rosso) in funzione del prezzo di vendita dell'energia.

Tabella 10.3. Progetto di recupero energetico. Variante n. 3. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (ipotizzando un interesse annuo pari al 5%, l'ammortamento delle opere civili in 50 anni e l'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	~2'164'000	~118'537
Opere elettromeccaniche	~385'000	~27'317
Esercizio e manutenzione	-	~2'000
Costo totale	~2'549'000	~147'854
Costo per il risanamento della rete di distribuzione e adduzione	~1'879'000	~102'926
Maggiori costi	-	~44'928
Ricavo dall'impianto	-	~31'500
Utile/Perdita	-	~-13'428

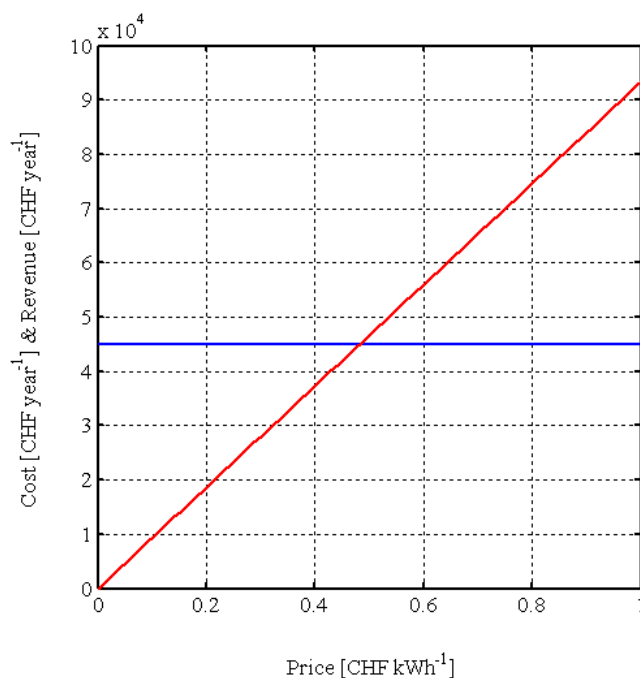


Figura 10.12. Variante n. 3. Maggiori costi annui di costruzione dell'impianto di produzione dell'energia elettrica (in blu) e ricavi annui (in rosso) in funzione del prezzo di vendita dell'energia.

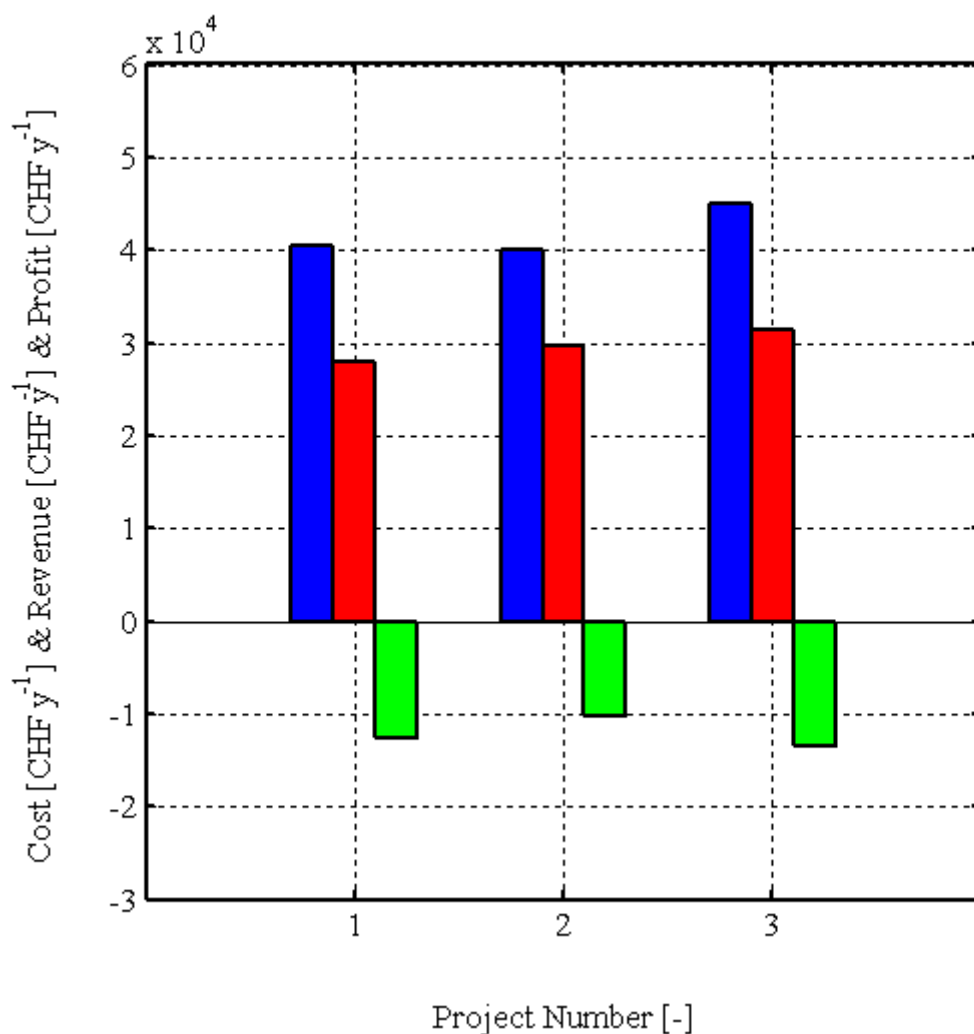


Figura 10.13. Confronto tra maggiori costi (in blu), ricavi (in rosso) e differenza tra ricavi e maggiori costi (in verde) annui per le varianti considerate. I valori sono stati dedotti ipotizzando il massimo prezzo di vendita dell'energia secondo quanto previsto dall'Ordinanza sull'Approvvigionamento Elettrico del 14 Marzo 2008 e assumendo un periodo di ammortamento di 50 anni per le opere civili e di 25 anni per le opere elettromeccaniche.

11. Conclusioni sulle possibilità di recupero energetico

In base alle analisi svolte, la realizzazione di una microcentrale idroelettrica sulla condotta di adduzione tra la camera di raccolta della sorgente Val di Pozzo e il serbatoio Muntin risulta tecnicamente fattibile ma finanziariamente non redditizia.

In tutte le tre varianti considerate, che si differenziano tra loro nella posizione della camera di carico della microcentrale, sarebbe necessario sostituire gran parte della condotta di adduzione con una di diametro e resistenza maggiori (\varnothing_i 100 mm) e costruire presso il serbatoio Muntin un manufatto di alloggio del gruppo turbina generatore. Quest'ultimo produrrebbe una potenza media rispettivamente per ogni variante analizzata di 10 kW, 11 kW e 12 kW ed un'energia di circa 81'000 kWh, 87'000 kWh e 93'000 kWh all'anno. Applicando il prezzo di ripresa dell'energia definito dalla nuova Ordinanza sull'Approvvigionamento Elettrico, il ricavo non sarebbe sufficiente a coprire i costi d'investimento.

Anche considerando che la condotta di adduzione debba essere sostituita per vetustà o qualsivoglia altra ragione, i maggiori costi dovuti alla predisposizione di un impianto per la generazione di energia elettrica non sarebbero comunque recuperati dalla vendita dell'energia.

Un'eventuale approfondimento delle analisi svolte potrebbe risultare opportuno al momento in cui si presenterà anche la necessità di un rifacimento radicale del serbatoio Muntin (vedasi anche "Studio generale di approvvigionamento idrico" del marzo 1999), considerando l'integrazione del gruppo turbina-generatore direttamente nel nuovo serbatoio.

12. Allegati

Preventivi

Preventivo	Oggetto	Descrizione
1	Variante n. 1	Risanamento della rete di distribuzione
2	Variante n. 1	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione con impianto di recupero energetico
3	Variante n. 1	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione
4	Variante n. 2	Risanamento della rete di distribuzione
5	Variante n. 2	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione con impianto di recupero energetico
6	Variante n. 2	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione
7	Variante n. 3	Risanamento della rete di distribuzione

8	Variante n. 3	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione con impianto di recupero energetico
9	Variante n. 3	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione

Piani

Piano	Oggetto	Descrizione
2583-001	Variante n. 1 (Scala 1:2500)	Risanamento della rete di distribuzione
2583-002	Variante n. 1 (Scala 1:2500)	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione con impianto di recupero energetico
2583-003	Variante n. 1 (Scala 1:2500)	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione
2583-004	Variante n. 2 (Scala 1:2500)	Risanamento della rete di distribuzione
2583-005	Variante n. 2 (Scala 1:2500)	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione con impianto di recupero energetico
2583-006	Variante n. 2 (Scala 1:2500)	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione
2583-007	Variante n. 3 (Scala 1:2500)	Risanamento della rete di distribuzione
2583-008	Variante n. 3 (Scala 1:2500)	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione con impianto di recupero energetico
2583-009	Variante n. 3 (Scala 1:2500)	Risanamento della rete di distribuzione e della rete di adduzione

Direttore:

Resp. progetto:

(Dipl. Ing. Gianfranco Sciarini)

(Ing. Ph.D. Matteo Mutti)