

Realizzazione di una microcentrale idroelettrica sulla condotta di adduzione tra le sorgenti Campeï e il serbatoio Orgnana del comune di Magadino.

Progetto di massima. Dicembre 2007.

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

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



Committente:

Municipio di Magadino, Società Elettrica Sopracenerica, Svizzera Energia per le Infrastrutture
Comune di Magadino

CH-6573 Magadino

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

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. 2
3	Disponibilità d'acqua	p. 3
4	Soluzioni proposte per il recupero energetico	p. 5
4.1	Analisi tecnica: calcoli idraulici, potenza erogabile ed energia prodotta	p. 5
4.2	Organi di regolazione: gruppo turbina-generatore e valvole motorizzate	p. 15
4.3	Analisi economica: costi, ricavi e redditività	p. 20
5	Conclusioni	p. 26
6	Allegati	p. 26

1. Introduzione

Con lettera del 19 Settembre 2007, il Municipio di Magadino, 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 una microcentrale idroelettrica nel Comune di Magadino sulla condotta di adduzione che collega la camera di raccolta delle sorgenti Campeï al serbatoio Orgnana.

Attualmente la portata di tali sorgenti viene addotta al serbatoio Orgnana tramite una tubazione di medio diametro (in PE Ø 125 mm per un tratto di circa 250 m e in acciaio Ø 125 mm per un tratto di circa 550 m) che risulta idraulicamente insufficiente a trasportare a valle le massime portate delle sorgenti. La condotta di adduzione copre peraltro un dislivello interessante (circa 200 metri) su un percorso di lunghezza significativa (circa 800 metri) ed è idraulicamente interrotta da due camere di rottura posizionate approssimativamente a un terzo e a due terzi del percorso rispettivamente.

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 Orgnana 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.

Questo studio si propone pertanto di:

- valutare il quantitativo d'acqua disponibile presso le sorgenti Campeï;
- verificare la fattibilità tecnica del collegamento idraulico tra la camera di raccolta delle sorgenti Campeï e il serbatoio Orgnana ipotizzando la sostituzione della condotta esistente con una di diametro e resistenza adeguate e l'inserimento di un gruppo turbina-generatore presso il serbatoio Orgnana;
- 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 fattibilità dell'impianto anche dal punto di vista economico stimandone la redditività.

2. Situazione attuale

In base a rilievi in situ e informazioni forniteci dall'ufficio tecnico comunale di Magadino, attualmente la condotta di adduzione (in PE Ø 125 mm per un tratto di circa 250 m e in acciaio Ø 125 mm per un tratto di circa 550 m) dalla camera di raccolta delle sorgenti Campeï (a quota 675 m s.m.) raggiunge il serbatoio Orgnana (a quota 455 m s.m.) attraverso un percorso plano-altimetrico irregolare (si consulti la Figura 2.1 per i dettagli). La sua lunghezza complessiva è pari a circa 800 m mentre il dislivello geodetico o salto lordo risulta di circa 200 m.

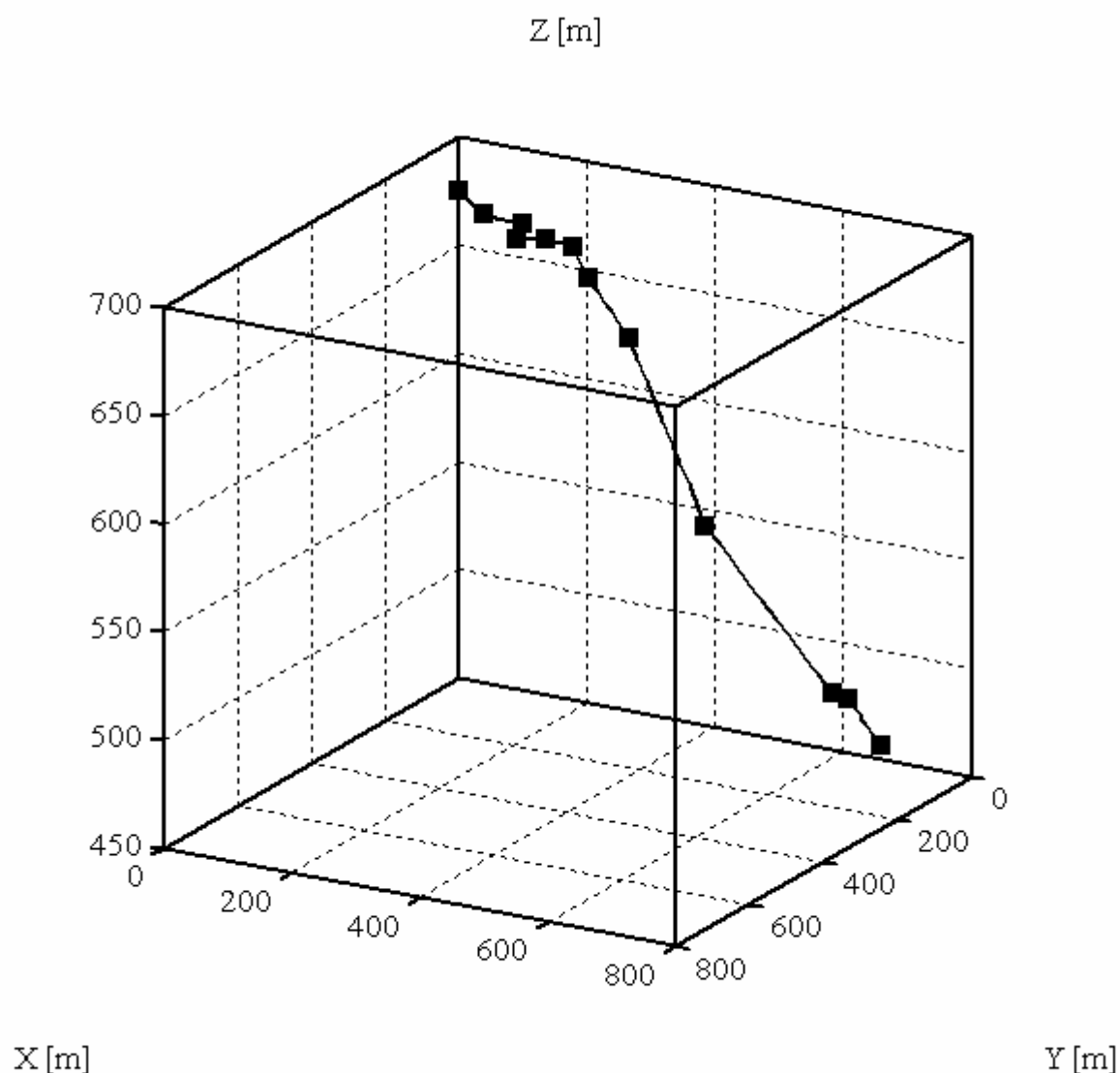


Figura 2.1. Schema plano-altimetrico (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi) della condotta di adduzione tra il bacino di raccolta delle sorgenti Campeï (quota 675 m s.m.) e il serbatoio Orgnana di Magadino (quota 455 m s.m.).

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

Il serbatoio Orgnana versa in buone condizioni ma al suo interno lo spazio è insufficiente per l'installazione del gruppo turbina-generatore, per il quale sarebbe dunque necessario costruire una nuova camera nelle sue immediate vicinanze.

3. Disponibilità d'acqua

In base ai dati disponibili le sorgenti Campei presentano una portata media piuttosto significativa con scarti sensibili tra le portate minime e massime registrate (si consulti la Tabella 2.1 per i dettagli).

Tabella 2.1. Caratteristiche delle sorgenti Campei di Magadino.

Sorgenti Campei	$Q \left[\frac{1}{s} \right]$	$Q \left[\frac{1}{\text{min}} \right]$	$Q \left[\frac{\text{m}^3}{\text{g}} \right]$
Portata minima	~8.3	~500.0	~720.0
Portata media	~13.3	~800.0	~1152.0
Portata massima	~25.0	~1500.0	~2160.0

I dati caratteristici tengono conto del periodo secco degli anni 2003-2004 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 $s(Q) = s(Q) = 0.2m(Q)$).

Nelle Figure 3.1-3.2 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 Campei nel corso dell'anno.

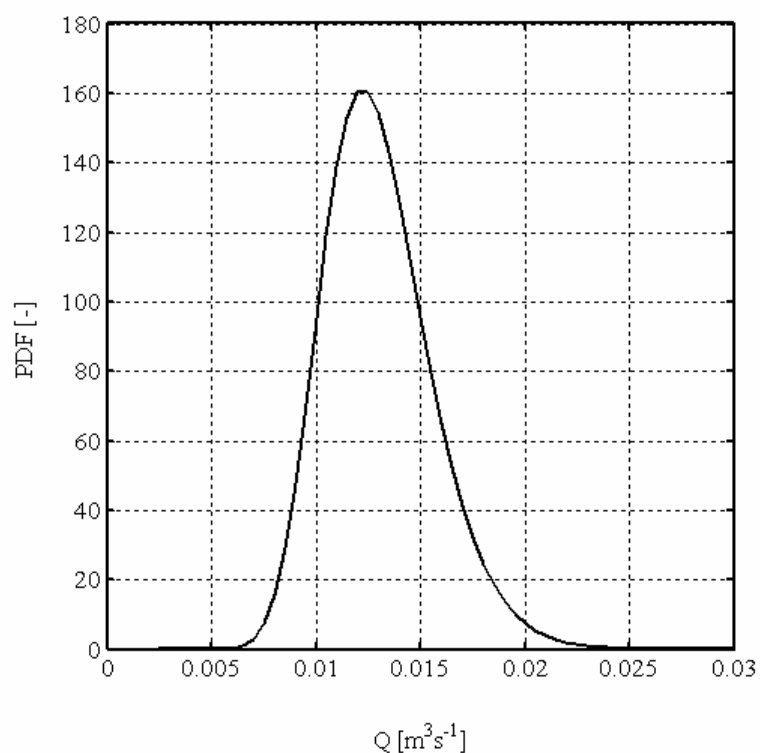


Figura 3.1. Funzione densità di probabilità di tipo lognormale per le portate delle sorgenti Campeï di Magadino stimata in base ai dati disponibili.

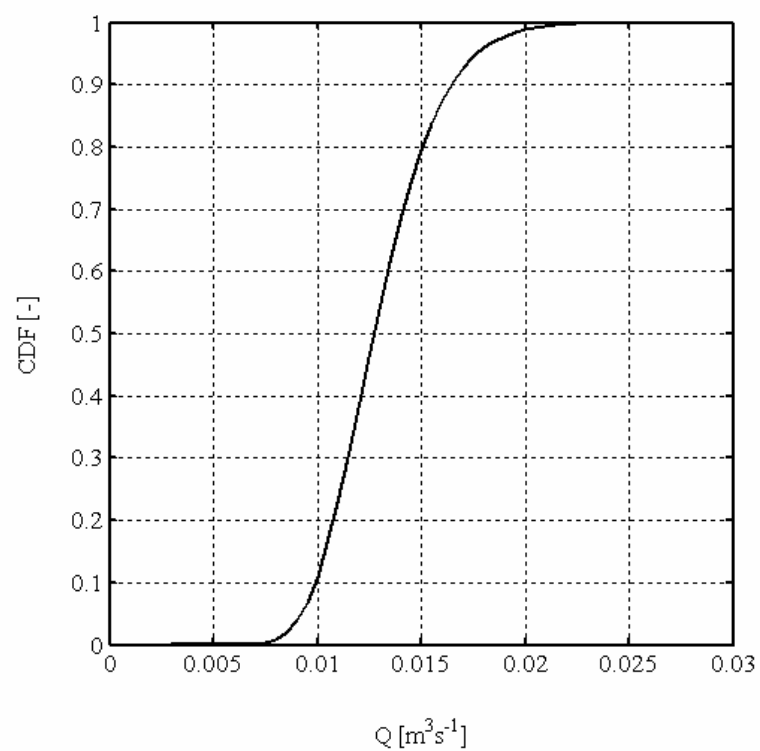


Figura 3.2. Funzione densità di probabilità cumulata di tipo lognormale per le portate delle sorgenti Campeï di Magadino stimata in base ai dati disponibili.

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 nei pressi del serbatoio Orgnana.

Ci occuperemo dell'analisi di fattibilità tecnica ed economica di questa sola ultima soluzione, considerando però diverse varianti.

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

Il carico lordo disponibile per la generazione di energia risulta, per quanto si è osservato in precedenza, dell'ordine dei 220 metri.

In una prima fase del lavoro si è proceduto a dimensionare il diametro della nuova tubazione valutando con attenzione che, per i diversi valori della portata eventualmente 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 in ghisa PUR Ø 150 mm di adeguata resistenza tra la camera di carico e il gruppo turbina-generatore.

Si presentano nel seguito le diverse soluzioni elaborate.

Variante n. 1

Una prima soluzione prevede che si sfrutti solo il salto disponibile tra il serbatoio antincendio che verrà costruito sul versante Bruno-Orgnana (quota 568 m s.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (quota 459 m s.m.) che dovrà essere prevista presso il serbatoio Orgnana (quota 455 m s.m.). Si avrebbe dunque un salto lordo di 109 m.

Con tale scelta, la potenza media dell'impianto (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata media delle sorgenti) risulterebbe quindi di circa 10 kW mentre la potenza massima (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata massima delle sorgenti) potrebbe raggiungere all'incirca i 18 kW. Complessivamente l'energia prodotta nell'arco di un anno ammonterebbe a circa 85'000 kWh (si consultino la Figura 4.5 e Figura 4.6 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 (ghisa PUR Ø 150 mm) tra il bacino di carico interno al serbatoio antincendio e il serbatoio Orgnana di Magadino per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 30 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.

Qualora la condotta attualmente presente sul tratto di interesse non dovesse essere sostituita (acciaio Ø 125 mm) l'energia prodotta annualmente scenderebbe a 80'000 kWh. Si tenga però presente che in alcuni punti la pressione statica potrebbe raggiungere agevolmente gli 11 bar.

Vantaggi:

- l'investimento iniziale sarebbe contenuto;
- il serbatoio antincendio sarebbe collegato a una strada carrabile pertanto le ispezioni e i controlli risulterebbero agevoli;
- la gestione e automazione del sistema sarebbe semplice;

Svantaggi:

- il salto disponibile verrebbe sfruttato al 50%;
- operazioni di manutenzione del serbatoio antincendio precluderebbero di fatto la produzione di energia idroelettrica;
- l'effetto dei transitori idraulici andrebbe valutato e controllato separatamente;
- la sostituzione in futuro della condotta di adduzione avrebbe comunque influenza marginale sulla produzione di energia idroelettrica;

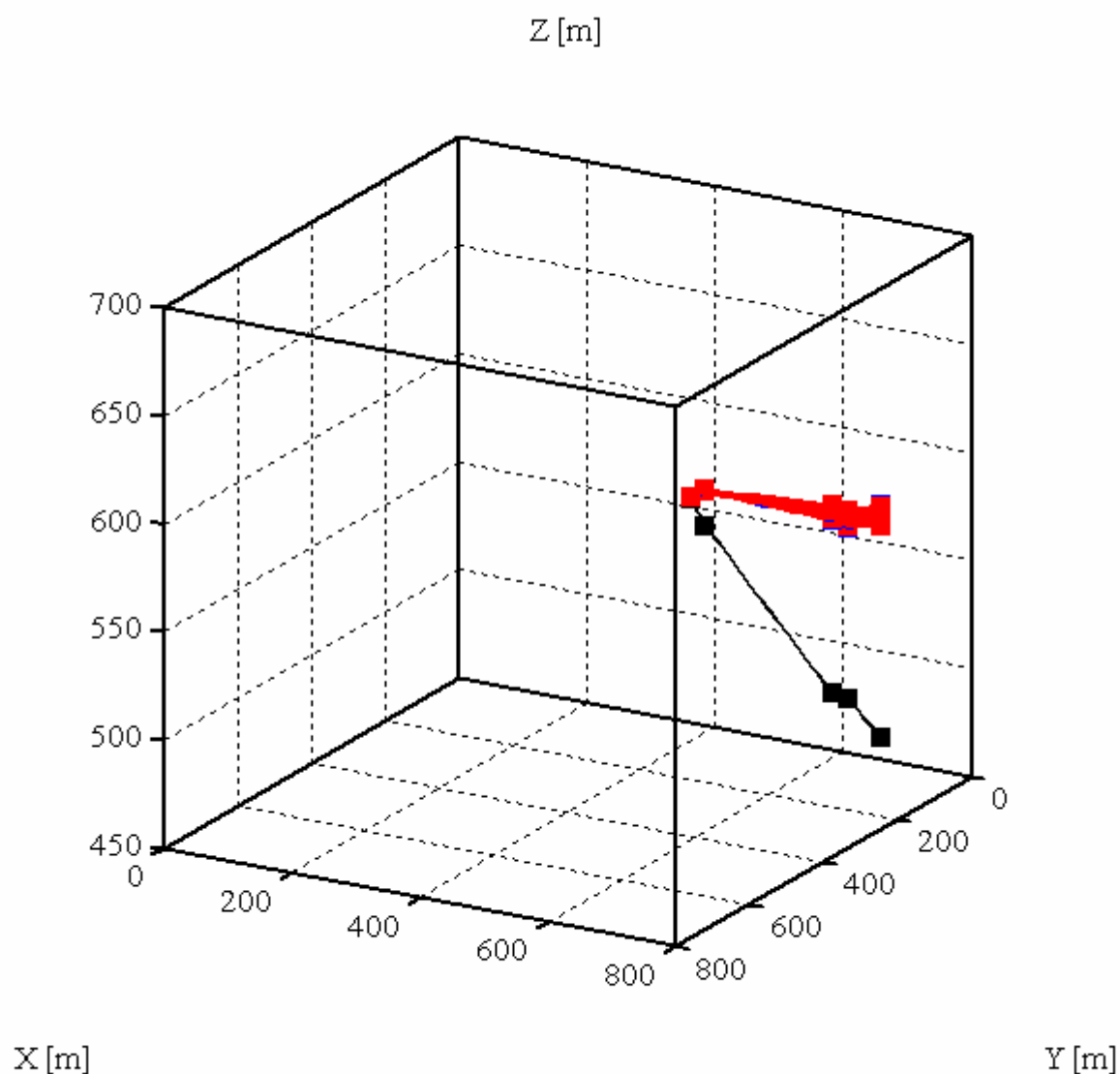


Figura 4.1. Variante n. 1. Quote geometriche (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi), quote piezometriche (linee blu per le condotte e quadrati blu per i nodi) e carichi totali (linee rosse per le condotte e quadrati rossi per i nodi) sulla condotta di adduzione (ghisa PUR Ø 150 mm) tra il bacino di carico del nuovo serbatoio antincendio (quota 568 m s.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (quota 459 m s.m.) da costruirsi presso il serbatoio Orgnana di Magadino (quota 455 m s.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.

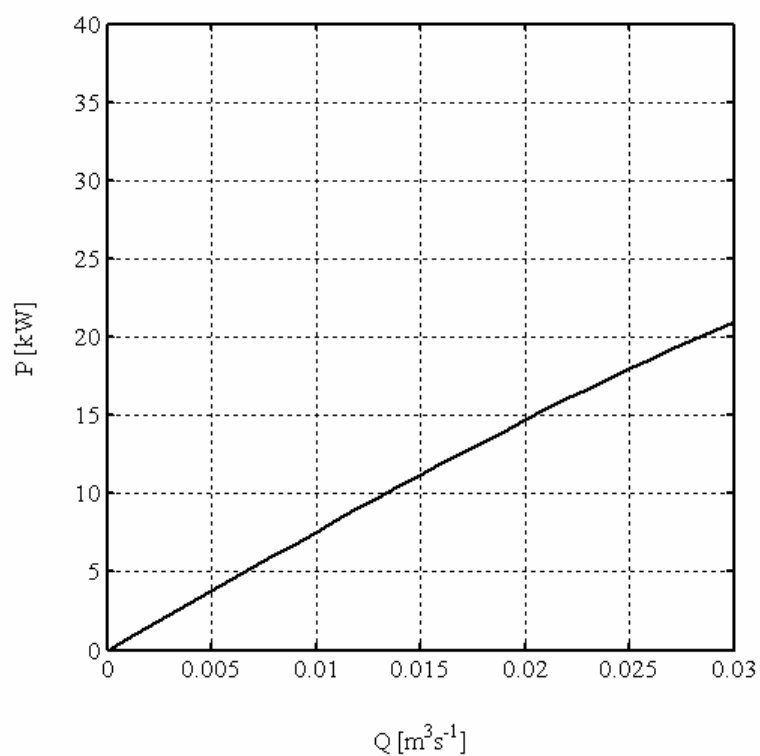


Figura 4.2. Variante n. 1. Potenza generata per diverse condizioni di portata turbinata.

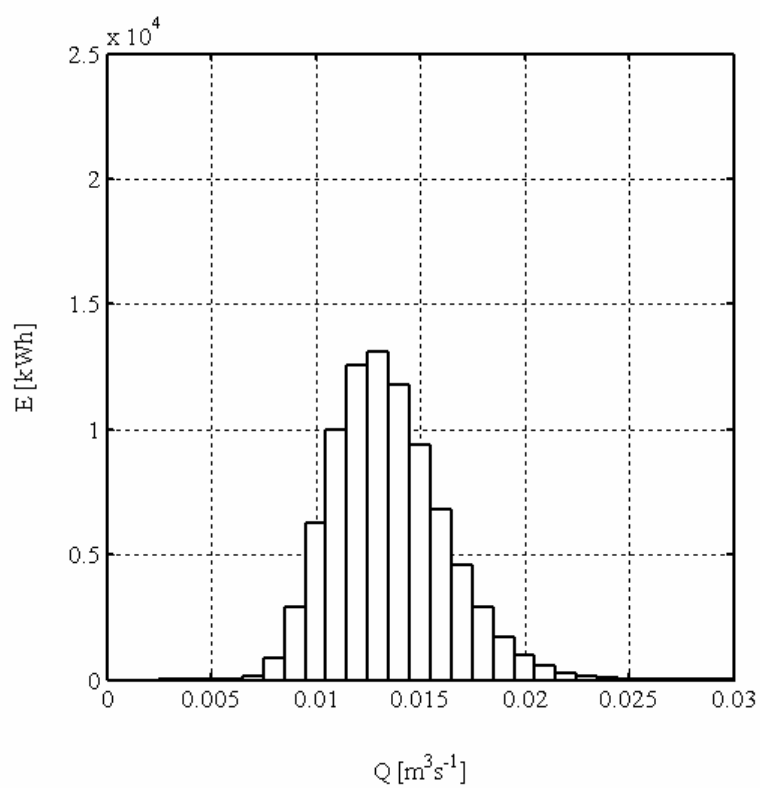


Figura 4.3. Variante n. 1. Energia prodotta nell'arco di un anno per diverse condizioni di portata turbinata.

Variante n. 2

Una seconda soluzione prevede che si sfrutti integralmente il salto disponibile costruendo una nuova camera di carico a quota 665 m s.m poco sopra l'attuale camera di rottura a quota 640 m s.m. La posizione della camera di carico risulta essenzialmente vincolata dal fatto che il tratto iniziale a bassa pendenza (in PE Ø 125 mm, lunghezza ~250 m, salto ~ 10 m) risulta sostanzialmente ininfluente ai fini della produzione di energia elettrica e potrebbe invece presentare pressioni negative per le portate maggiori. Si avrebbe dunque un salto lordo di 206 m.

Con tale scelta, la potenza media dell'impianto (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata media delle sorgenti) risulterebbe quindi di circa 18 kW mentre la potenza massima (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata massima delle sorgenti) potrebbe raggiungere all'incirca i 35 kW. Complessivamente l'energia prodotta nell'arco di un anno ammonterebbe a circa 160'000 kWh (si consultino la Figura 4.5 e Figura 4.6 per ulteriori dettagli).

Per completezza in Figura 4.4 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione (acciaio Ø 125 mm e ghisa PUR Ø 150 mm) tra il bacino di carico delle sorgenti Campeï e il serbatoio Orgnana di Magadino per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 30 l/s. Inoltre nelle Figure 4.5 e 4.6 sono riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

La configurazione dell'impianto così come descritta risulterebbe ottimale per la produzione di energia elettrica qualora fosse possibile turbinare tutte le portate prodotte dalle sorgenti Campeï. Nella realtà, il nuovo serbatoio antincendio che verrà costruito prossimamente sul versante Bruno-Orgnana all'incirca a metà del percorso ora seguito dalla condotta di adduzione esistente, richiederà che parte delle portate delle sorgenti Campeï venga utilizzata per la sua alimentazione. Poiché poi alla riserva d'acqua contenuta nel serbatoio (circa 225 m³) dovrà essere garantito un ricambio sufficiente a far sì che in caso di necessità essa possa essere utilizzata anche per fini potabili, si rileva immediatamente come una pura e semplice derivazione dalla condotta di adduzione si ripercuoterebbe in una diminuzione della portata turbinabile e quindi dell'energia prodotta annualmente.

Per ovviare a questo problema, e al contempo garantire sia la riserva antincendio che un continuo ricambio d'acqua al serbatoio, si è quindi valutata la possibilità di progettare il serbatoio in modo che possa essere collegato direttamente alla condotta di adduzione delle sorgenti mantenendo la pressione che la condotta avrebbe in sua assenza, prima derivando e poi restituendo integralmente la portata delle sorgenti. In tal modo, oltre che avere il massimo ricambio d'acqua possibile, si massimizzerà anche la produzione energetica.

La pressione di esercizio della condotta in prossimità del serbatoio risulta variabile tra i 9 e i 10 bar in funzione della portata transitante (si consulti la Figura 4.4). La pressione assoluta dell'aria all'interno del serbatoio dovrà pertanto oscillare tra i 10 e gli 11 bar (nel serbatoio si manterrà un certo quantitativo d'aria in modo tale che eventuali perturbazioni prodotte dagli organi di

regolazione vengano almeno in parte smorzate grazie alla maggiore compressibilità dei gas rispetto a quella dei liquidi). Il comportamento dell'aria all'interno del serbatoio è stato valutato quantitativamente ipotizzando che il fluido durante la sua trasformazione segua una legge politropica. In Figura 4.7 e in Figura 4.8 sono riportate le pressioni assolute p (sull'asse delle ascisse) in funzione del volume d'aria invasato W (sull'asse delle ordinate) per diverse condizioni iniziali di pressione e volume. La pressione iniziale è qui sempre stata assunta pari a quella atmosferica ($p = 10^5 \text{ N/m}^2$).

Come può facilmente dedursi dai grafici, le pressioni assolute di 10-11 bar necessarie per un ottimale sfruttamento energetico, si raggiungono con volumi d'acqua invasati variabili e dipendenti dalla legge di trasformazione dell'aria ma comunque compresi tra un valore minimo di 180 m^3 e un valore massimo di 200 m^3 su un volume totale del serbatoio di 225 m^3 . Il volume antincendio disponibile, ipotizzando un volume minimo residuo di 10 m^3 necessario a garantire che non entri aria nella condotta di alimentazione della turbina, risulterà quindi anch'esso variabile ma comunque compreso tra un valore minimo di 170 m^3 e uno massimo di 190 m^3 .

Vantaggi:

- il salto disponibile verrebbe sfruttato al 100%;
- il serbatoio antincendio sarebbe collegato a una strada carrabile pertanto le ispezioni e i controlli risulterebbero agevoli;
- operazioni di manutenzione del serbatoio antincendio non precluderebbero la produzione di energia idroelettrica poiché il volume di compenso totale verrebbe realizzato tramite una serie di serbatoi in acciaio collegati in parallelo che potrebbero essere esclusi a seconda delle esigenze;
- i transitori idraulici indotti dal gruppo turbina-generatore e/o dalle valvole verrebbero automaticamente smorzati grazie alla maggior compressibilità del cuscino d'aria predisposto;
- l'impianto potrebbe essere strutturato in modo da poter gestire anche situazioni di transizione dalla configurazione attuale;

Svantaggi:

- l'investimento iniziale risulterebbe elevato;
- la gestione e automazione del sistema sarebbe complessa;
- la manutenzione ordinaria dei serbatoi in acciaio sarebbe più laboriosa;

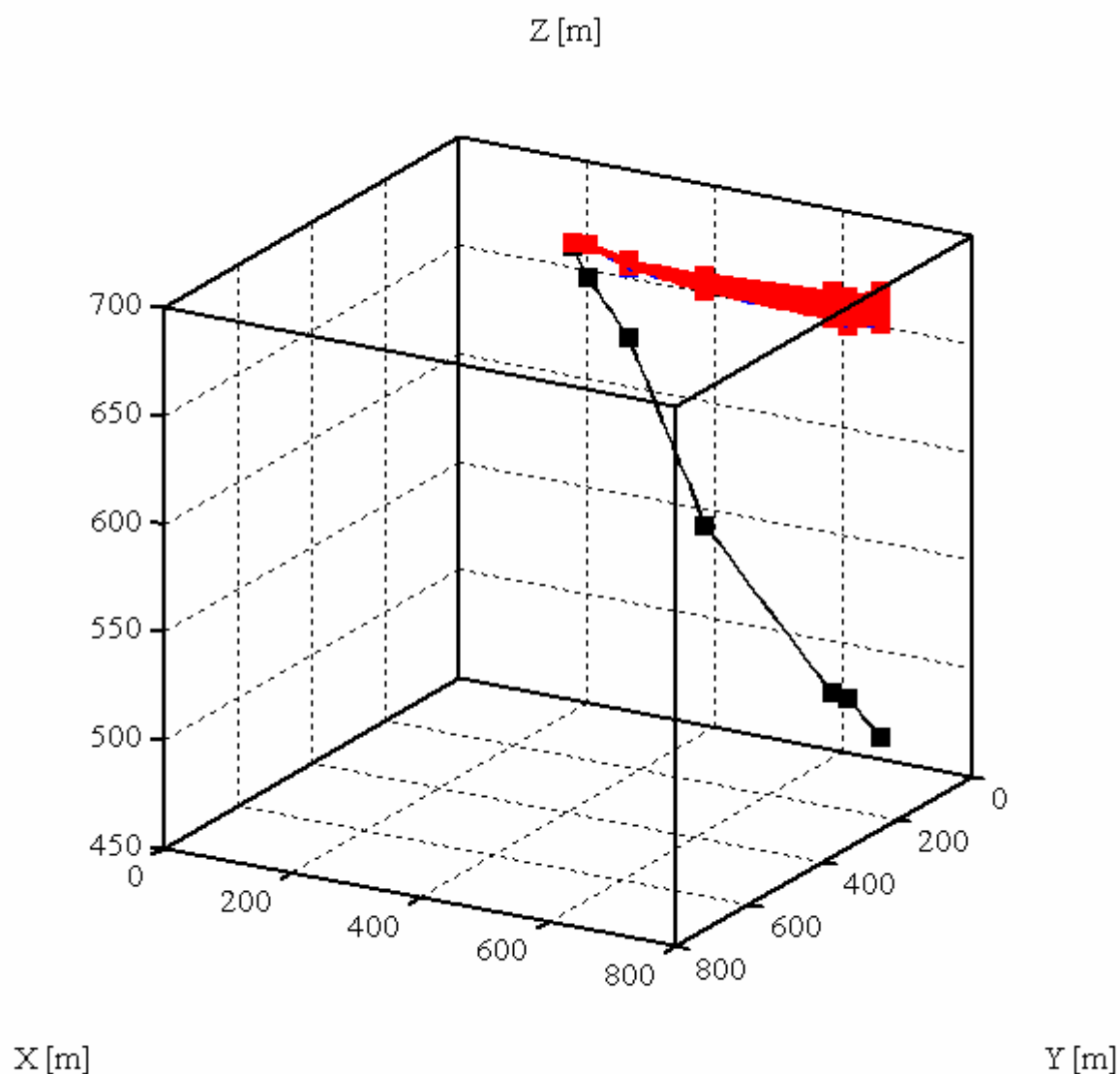


Figura 4.4. Variante n. 2. Quote geometriche (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi), quote piezometriche (linee blu per le condotte e quadrati blu per i nodi) e carichi totali (linee rosse per le condotte e quadrati rossi per i nodi) sulla condotta di adduzione (acciaio Ø 125 mm e ghisa PUR Ø 150 mm) tra il bacino di carico delle sorgenti Campeï (quota 665 m s.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (quota 459 m s.m.) da costruirsi presso il serbatoio Orgnana di Magadino (quota 455 m s.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.

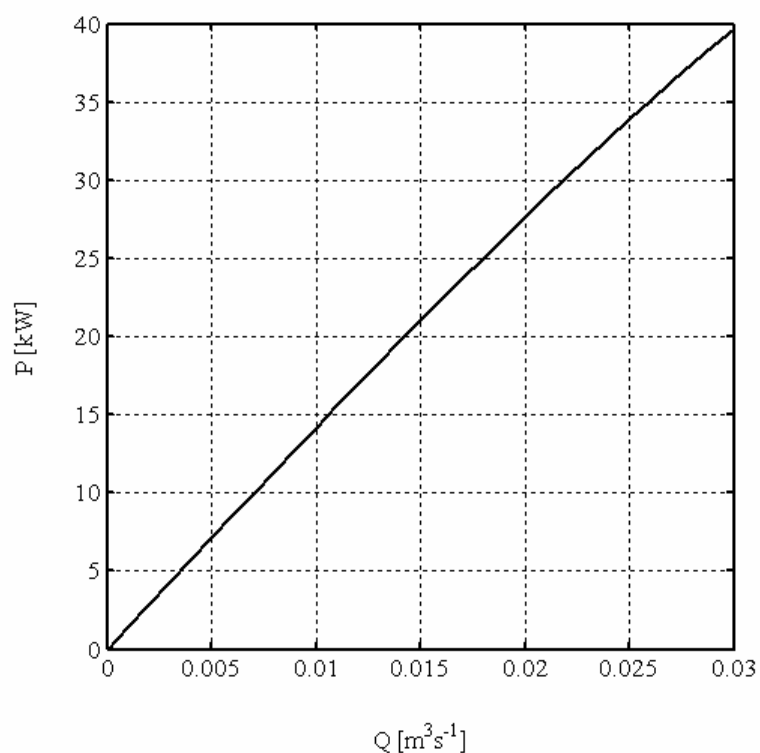


Figura 4.5. Variante n. 2. Potenza generata per diverse condizioni di portata turbinata.

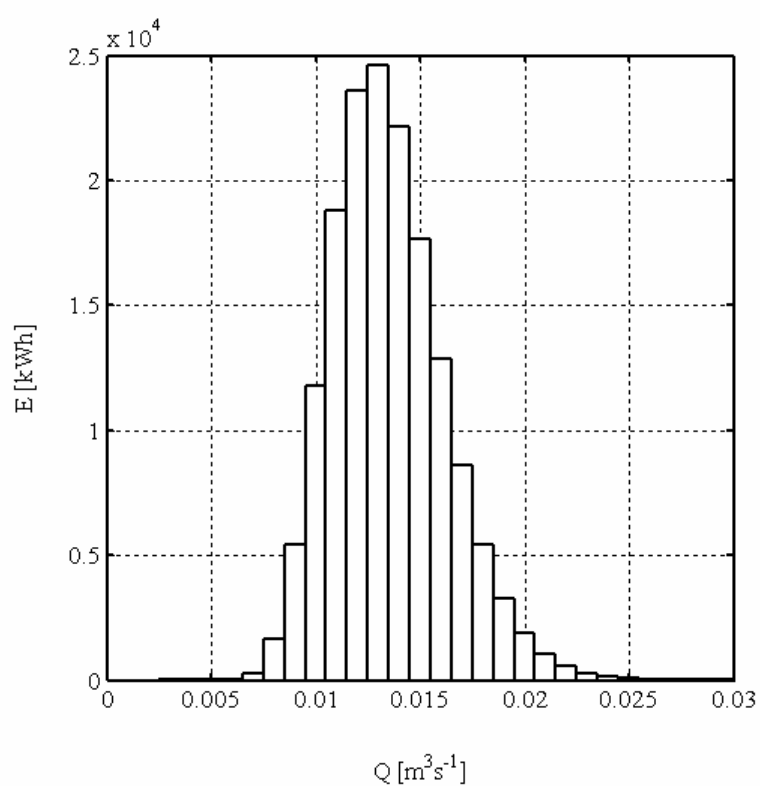


Figura 4.6. Variante n. 2. Energia prodotta nell'arco di un anno per diverse condizioni di portata turbinata.

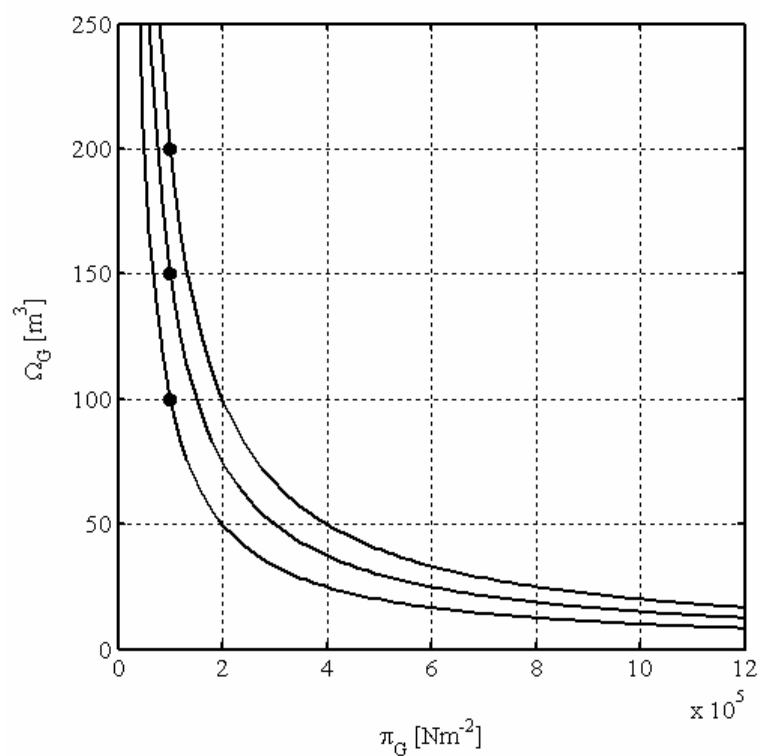


Figura 4.7. Variante n. 2. Pressione assoluta dell'aria all'interno del serbatoio in funzione del volume d'aria all'interno dello stesso per diverse condizioni iniziali. Trasformazione isoterma dell'aria.

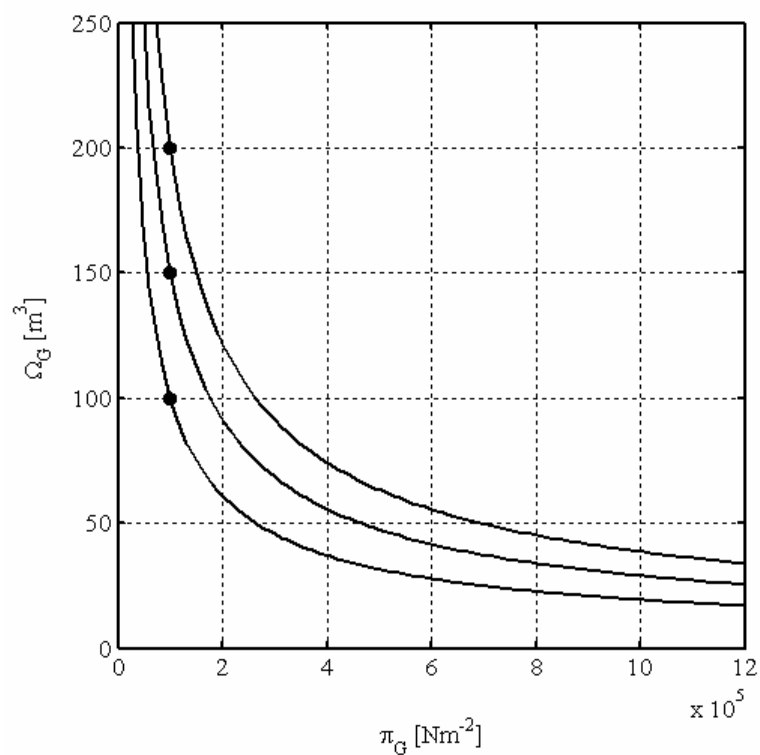


Figura 4.8. Variante n. 2. Pressione assoluta dell'aria all'interno del serbatoio in funzione del volume d'aria all'interno dello stesso per diverse condizioni iniziali. Trasformazione adiabatica dell'aria.

Variante n. 3

Una terza soluzione prevede infine che si sfrutti totalmente il salto disponibile integrando però il serbatoio antincendio inizialmente previsto all'incirca a metà versante con la nuova camera di carico. Il nuovo serbatoio antincendio andrebbe perciò costruito a quota 665 m s.m poco sopra l'attuale camera di rottura a quota 640 m s.m. Si avrebbe dunque un salto lordo di 206 m.

La configurazione della condotta forzata risulterebbe uguale a quella prevista nella Variante n. 2. Con tale scelta, la potenza media dell'impianto (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata media delle sorgenti) risulterebbe sempre pari a circa 18 kW mentre la potenza massima (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata massima delle sorgenti) potrebbe raggiungere all'incirca i 35 kW. Complessivamente l'energia prodotta nell'arco di un anno ammonterebbe anche in questo caso a circa 160'000 kWh

Vantaggi:

- il salto disponibile verrebbe sfruttato al 100%;
- la gestione e automazione del sistema sarebbe semplice;

Svantaggi:

- l'investimento iniziale sarebbe elevato anche se più contenuto che nella variante n. 2;
- il serbatoio antincendio non sarebbe collegato a una strada carrabile pertanto le ispezioni e i controlli risulterebbero poco agevoli;
- operazioni di manutenzione del serbatoio antincendio precluderebbero la produzione di energia idroelettrica;
- l'effetto dei transitori idraulici andrebbe valutato e controllato separatamente;

4.2. Organi di regolazione: gruppo turbina-generatore e valvole motorizzate

L'impianto di produzione dell'energia elettrica dovrà essere attrezzato secondo quanto predisposto nello schema di Figura 4.9, Figura 4.10 e Figura 4.11 in funzione della variante prescelta.

Variante n. 1

Nello schema di Figura 4.9 possono individuarsi con facilità, oltre al gruppo turbina-generatore, una valvola motorizzata (i.e. MV-01), due valvole manuali (i.e. V-01 e V-02), un misuratore di livello (i.e. L) etc.

La valvola motorizzata MV-01 (prevista sulla condotta tra il nuovo serbatoio antincendio e il serbatoio Orgnana nella camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore) svolgerà una duplice funzione. Tale valvola dovrà infatti evitare sfiori d'acqua di entità significativa dallo scarico di troppo pieno del serbatoio antincendio adducendo direttamente tali portate al serbatoio Orgnana ogni qualvolta il gruppo turbina-generatore dovesse arrestarsi per mancanza di elettricità o altre ragioni e al contempo garantire che in caso di incendio a Magadino il volume antincendio immagazzinato nel nuovo serbatoio sia utilizzabile in tempi rapidi.

Le valvole di bypass V-01 e V-02 presso il serbatoio antincendio saranno ad attivazione manuale e serviranno a escludere il serbatoio antincendio in caso di operazioni di manutenzione e/o altro.

Ai fini della regolazione e del controllo dell'intero impianto (comprendente cioè sia il gruppo turbina-generatore che le valvole motorizzate), sarà inoltre necessario che nel nuovo serbatoio antincendio venga installato un misuratore di livello L.

Variante n. 2

Nello schema di Figura 4.10 possono individuarsi con facilità, oltre al gruppo turbina-generatore, tre valvole motorizzate (i.e. MV-01, MV-02 e MV-03), un misuratore di livello (i.e. L), due misuratori di pressione (i.e. P), etc.

La valvola motorizzata MV-01 (prevista sulla condotta tra il nuovo serbatoio antincendio e il serbatoio Orgnana nella camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore) svolgerà una duplice funzione. Tale valvola dovrà infatti evitare sfiori d'acqua di entità significativa dallo scarico di troppo pieno della camera di carico delle sorgenti adducendo direttamente tali portate al serbatoio Orgnana ogni qualvolta il gruppo turbina-generatore dovesse arrestarsi per mancanza di elettricità o altre ragioni e al contempo garantire che in caso di incendio a Magadino il volume antincendio immagazzinato nel nuovo serbatoio sia utilizzabile in tempi rapidi.

La valvola motorizzata MV-02 (prevista sulla condotta tra la camera di carico delle sorgenti e il serbatoio antincendio subito a monte di questo) avrà il compito di mantenere il livello idrico nella

camera di carico all'incirca costante. In tal modo si eviteranno sia sfiori d'acqua di entità significativa dallo scarico di troppo pieno che l'entrata di aria nella condotta premente.

La valvola motorizzata MV-03 servirà a escludere il serbatoio antincendio in caso di operazioni di manutenzione e/o altro.

Ai fini della regolazione e del controllo dell'intero impianto (comprendente cioè sia il gruppo turbina-generatore che le valvole motorizzate), sarà inoltre necessario che nella nuova camera di carico delle sorgenti Campeï venga installato un misuratore di livello L e che nel nuovo serbatoio antincendio vengano montati due misuratori di pressione P (un primo manometro installato nella parte alta del serbatoio misurerà la pressione dell'aria compressa mentre un secondo manometro posto nella parte bassa indicherà il valore della pressione dell'aria compressa e dell'acqua invasata da cui per differenza sarà deducibile il livello idrico presente nel serbatoio antincendio).

Variante n. 3

Nello schema di Figura 4.11 possono individuarsi con facilità, oltre al gruppo turbina-generatore, una valvola motorizzata (i.e. MV-01), il collegamento per gli idranti in caso di incendio ai boschi, un misuratore di livello (i.e. L) etc.

La valvola motorizzata MV-01 (prevista sulla condotta tra il nuovo serbatoio antincendio e il serbatoio Orgnana nella camera d'alloggiamento del gruppo turbina-generatore) svolgerà una duplice funzione. Tale valvola dovrà infatti evitare sfiori d'acqua di entità significativa dallo scarico di troppo pieno del nuovo serbatoio antincendio adducendo direttamente tali portate al serbatoio Orgnana ogni qualvolta il gruppo turbina-generatore dovesse arrestarsi per mancanza di elettricità o altre ragioni e al contempo garantire che in caso di incendio a Magadino il volume antincendio immagazzinato nel nuovo serbatoio sia utilizzabile in tempi rapidi.

Ai fini della regolazione e del controllo dell'intero impianto (comprendente cioè sia il gruppo turbina-generatore che le valvole motorizzate), sarà inoltre necessario che nel nuovo serbatoio antincendio con funzione di camera di carico delle sorgenti Campeï venga installato un misuratore di livello L.

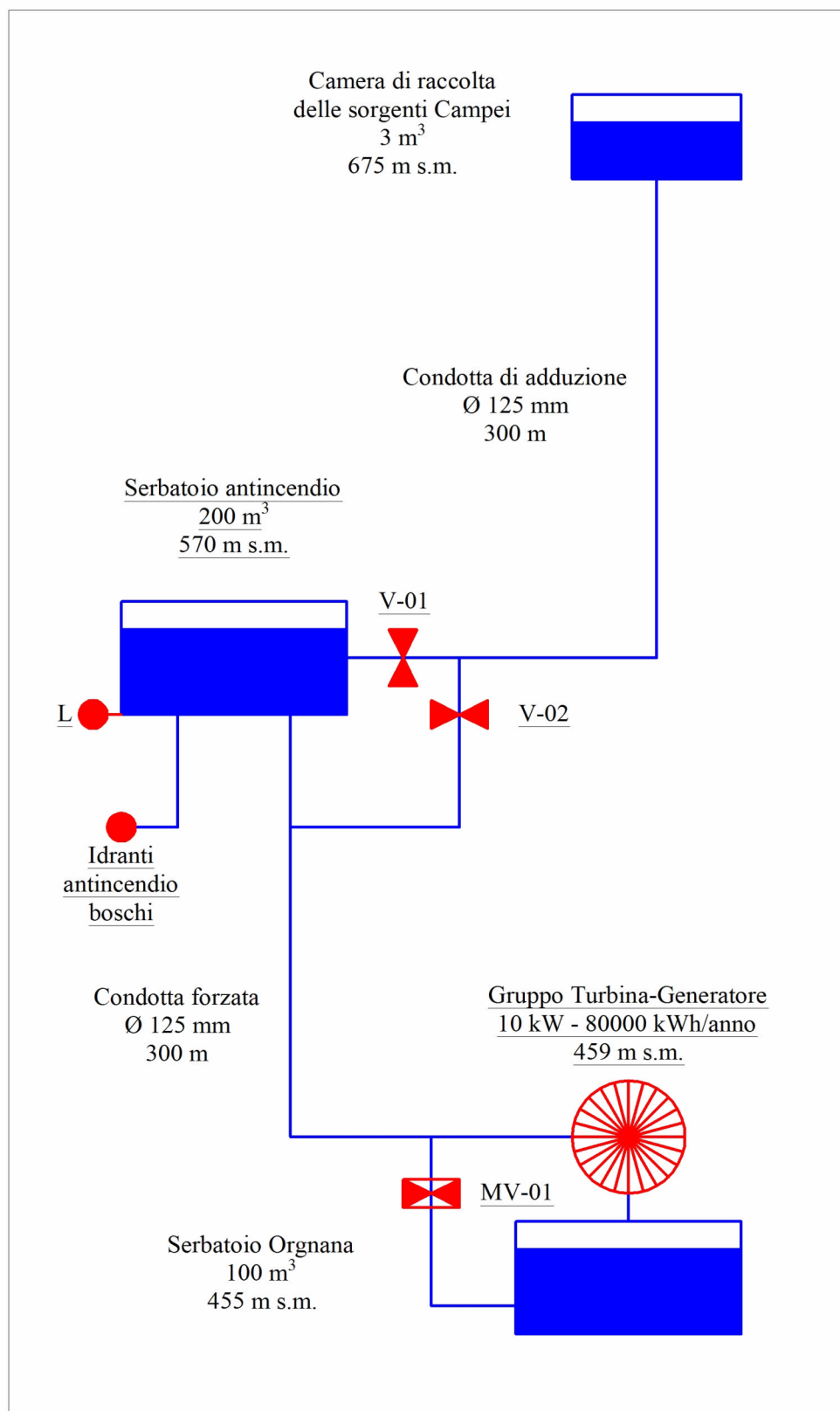


Figura 4.9. Variante n. 1. Schema idraulico dell'impianto e degli organi di controllo e regolazione. Le grandezze non sono in scala. Le nuove opere sono identificate dalle sottolineature.

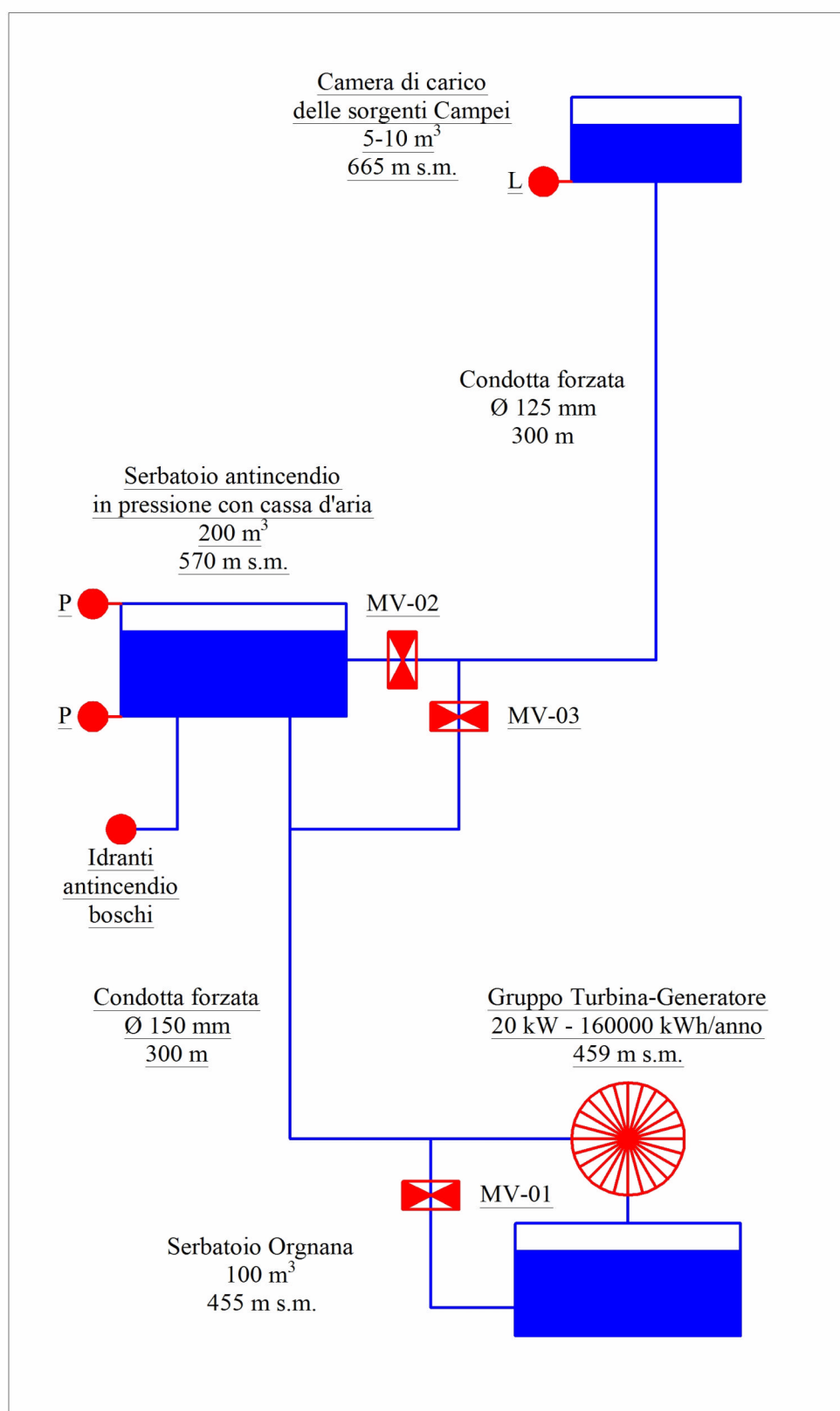


Figura 4.10. Variante n. 2. Schema idraulico dell'impianto e degli organi di controllo e regolazione. Le grandezze non sono in scala. Le nuove opere sono identificate dalle sottolineature.

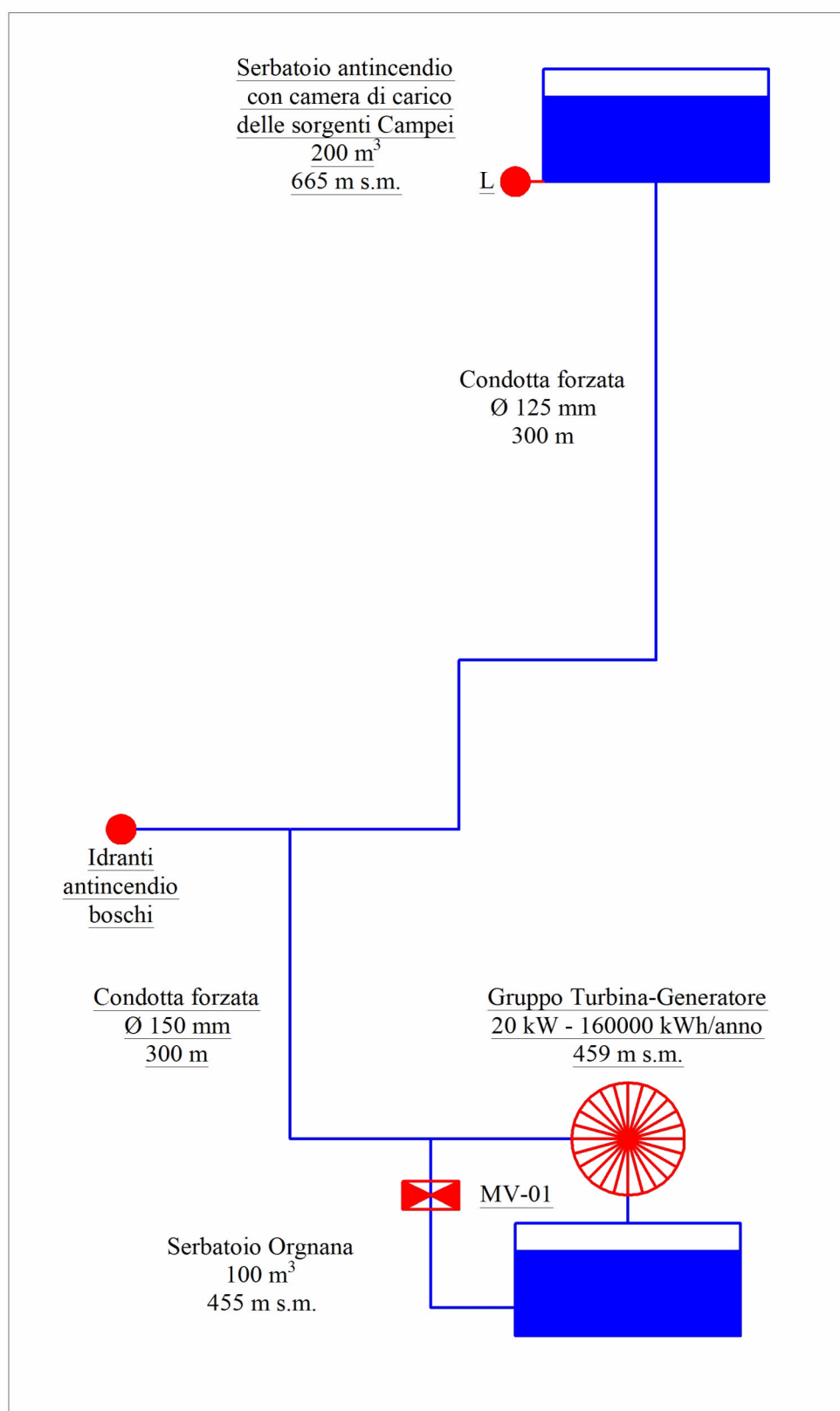


Figura 4.11. Variante n. 3. Schema idraulico dell'impianto e degli organi di controllo e regolazione. Le grandezze non sono in scala. Le nuove opere sono identificate dalle sottolineature.

4.3. 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.

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 39'900.00 CHF, 65'950.00 CHF, 57'350.00 CHF annui per la Variante n. 1, la Variante n. 2 e la Variante n. 3 rispettivamente. Maggiori dettagli sono deducibili dalla Tabella 4.1, dalla Tabella 4.2, dalla Tabella 4.3 e dal Preventivo generale allegato. Al costo annuo dell'investimento vanno poi aggiunti 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%, una vita delle opere civili di 50 anni e una vita dei macchinari di 20 anni) il costo annuo delle opere civili riconosciute come necessarie e indispensabili risulterebbe comunque significativo e pari a circa 22'350.00 CHF come risulta dalla Tabella 4.4.

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 200 metri e costi di costruzione delle armature idrauliche superiori al 30% del valore dell'investimento totale) il prezzo di vendita risulterebbe di circa 0.35 CHF per kWh per la Variante n. 1 garantendo un ricavo annuo di circa 28'000 CHF, di circa 0.30 CHF per kWh per la Variante n. 2 garantendo un ricavo annuo di circa 48'000 CHF e di circa 0.30 CHF per kWh per la Variante n. 3 garantendo un ricavo annuo di circa 48'000 CHF.

Ne consegue che:

- nel caso della variante n. 1 il maggior costo dell'investimento (41'900.00 CHF/anno - 22'350.00 CHF/anno ~19'550.00 CHF/anno) verrebbe recuperato garantendo utili per circa 8'450 CHF/anno.
- nel caso della variante n. 2 il maggior costo dell'investimento (67'950.00 CHF/anno - 22'350.00 CHF/anno ~45'600.00 CHF/anno) verrebbe recuperato garantendo utili per circa 2'400 CHF/anno.
- nel caso della variante n. 3 il maggior costo dell'investimento (59'350.00 CHF/anno - 22'350.00 CHF/anno ~37'000.00 CHF/anno) verrebbe recuperato garantendo utili per circa 11'000 CHF/anno.

A titolo di ricapitolazione in Figura 4.10, in Figura 4.11 e in Figura 4.12, 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.

In Figura 4.13 infine le soluzioni vengono confrontate evidenziando per ogni variante il costo totale, il ricavo dalla vendita dell'energia e il costo rimanente a carico del comune.

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	~750'000.00	~29'150.00
Opere elettromeccaniche	~160'000.00	~10'750.00
Esercizio e manutenzione	-	~2'000.00
Costo totale	~910'000.00	~41'900.00
Spese già previste	-	~22'350.00
Maggiori costi	-	~19'550.00
Ricavo dall'impianto	-	~28'000.00
Utile	-	~8'450.00

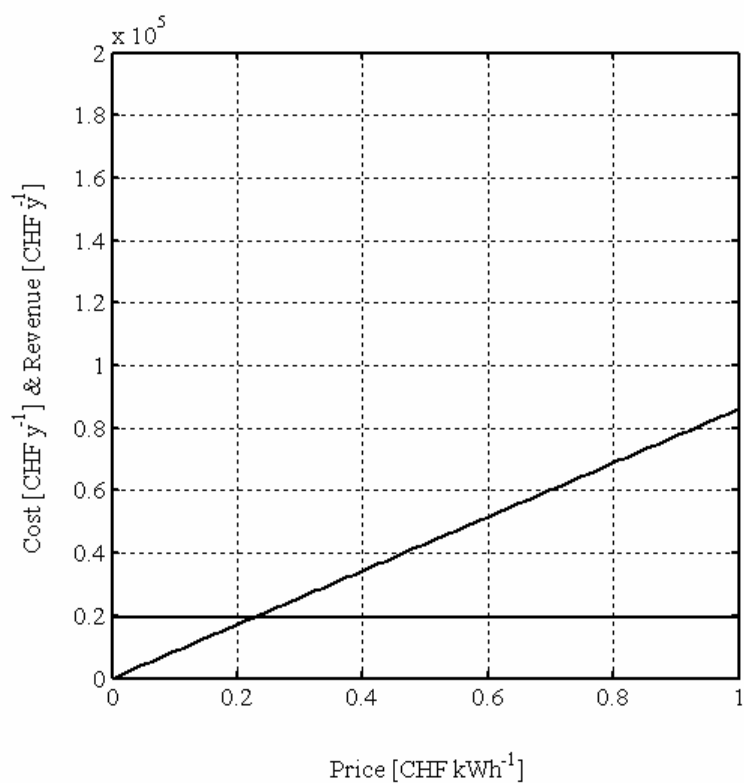


Figura 4.10. Variante n. 1. Maggiori costi annui di costruzione dell'impianto di produzione dell'energia elettrica e ricavi annui in funzione del prezzo di vendita dell'energia.

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	~1'325'000.00	~51'500.00
Opere elettromeccaniche	~215'000.00	~14'450.00
Esercizio e manutenzione	-	~2'000.00
Costo totale	~1'540'000.00	~67'950.00
Spese già previste	-	~22'350.00
Maggiori costi	-	~45'600.00
Ricavo dall'impianto	-	~48'000.00
Utile	-	~2'400.00

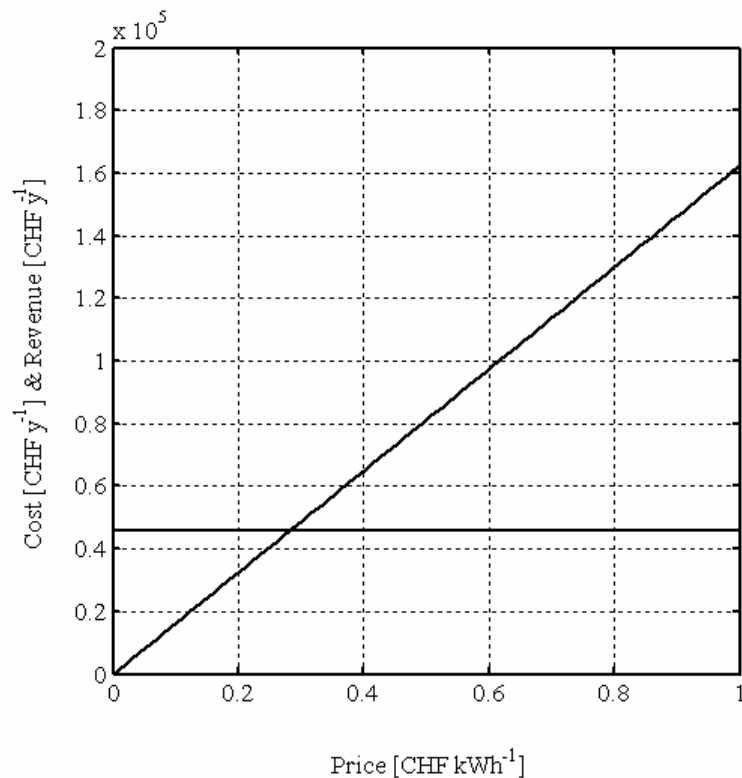


Figura 4.11. Variante n. 2. Maggiori costi annui di costruzione dell'impianto di produzione dell'energia elettrica e ricavi annui in funzione del prezzo di vendita dell'energia.

Tabella 4.3. Variante n. 3. 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	~1'130'000.00	~43'900.00
Opere elettromeccaniche	~200'000.00	~13'450.00
Esercizio e manutenzione	-	~2'000.00
Costo totale	~1'330'000.00	~59'350.00
Spese già previste	-	~22'350.00
Maggiori costi	-	~35'000.00
Ricavo dall'impianto	-	~48'000.00
Utile	-	~11'000.00

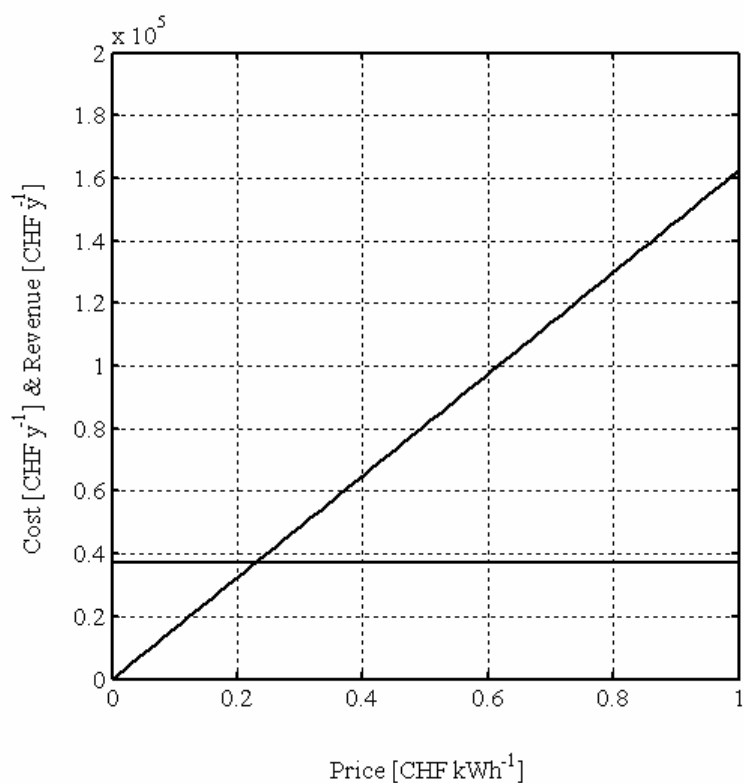


Figura 4.12. Variante n. 3. Maggiori costi annui di costruzione dell'impianto di produzione dell'energia elettrica e ricavi annui in funzione del prezzo di vendita dell'energia.

Tabella 4.4. Progetto in corso. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche già previste (ipotizzando un interesse annuo pari al 3%, l'ammortamento delle opere civili in 50 anni e l'ammortamento delle opere elettromeccaniche in 20 anni).

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[\frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	~575'000.00	~22'350.00
Opere elettromeccaniche	-	-
Esercizio e manutenzione	-	-
Costo totale	-	~22'350.00

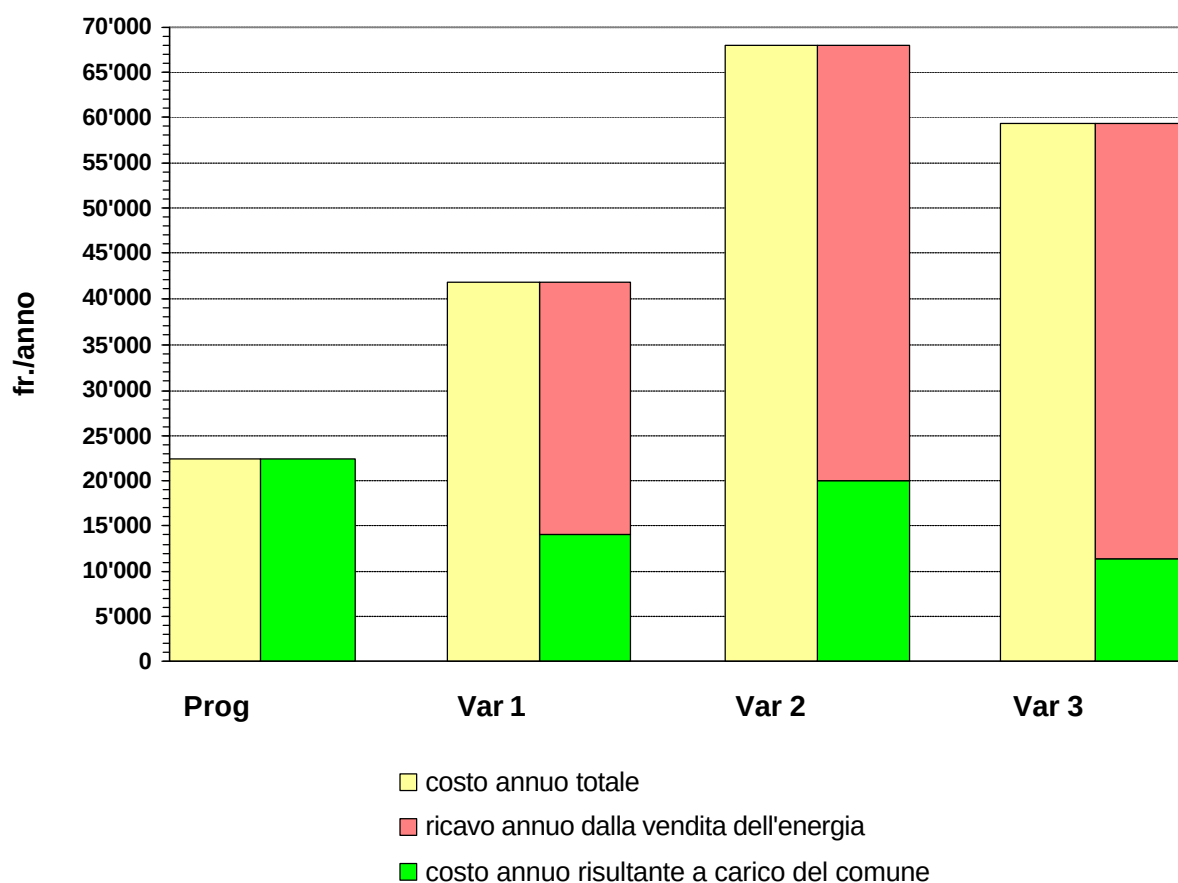


Figura 4.13. Confronto tra costi e ricavi annui per le varianti considerate. I valori sono stati dedotti ipotizzando il prezzo di vendita dell'energia secondo quanto previsto da "Ordinanza sull'Energia RU 2007".

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 Campeì e il serbatoio Orgnana nel Comune di Magadino 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 Orgnana è infatti possibile produrre circa 80'000 kWh, 160'000 kWh e 160'000 kWh all'anno nelle tre 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 riconosciute come necessarie e indispensabili e già in corso di progettazione risulta significativo e pari a circa 22'350.00 CHF annui e che gli impianti di generazione di energia elettrica garantirebbero ricavi per circa 28'000.00 CHF, 48'000.00 CHF e 48'000.00 CHF all'anno per le tre varianti considerate, si è constatato che i maggiori costi di costruzione di tali impianti verrebbero sempre recuperati.

Poiché però a ciascuna soluzione tecnica prospettata corrispondono diversi gradi di soddisfacimento del servizio, spesso non facilmente quantificabili in termini puramente economici, è auspicabile che essi vengano attentamente considerati come parte integrante della procedura di valutazione.

6. Allegati

Preventivi

Direttore:

Resp. progetto:

(Dipl.Ing. G.Sciarini)

(Ing. Ph.D. Matteo Mutti)