



OTTIMIZZAZIONE E RISPARMIO ENERGETICO IN UN IMPIANTO DI POMPAGGIO

Impianto di sollevamento da 900 l/s a servizio vasca V2



Impianto di sollevamento da 1600 l/s
a servizio della vasca V3

Progetto Tronco di Acerenza, distribuzione III° lotto per l'irrigazione di circa 5000 ha nei territori dei Comuni di Banzi, Genzano, Palazzo S.G. ed Irsina

Sommario

1.1	Premessa	3
1.2	Criticita' del progetto base	4
1.3	Proposta migliorativa	6
1.3.1	<i>Principali caratteristiche della fornitura. Macchinario ed apparecchiature previste.</i>	10
1.3.2	<i>Equipaggiamento idraulico</i>	12
1.3.3	<i>Azionamento delle pompe</i>	12
1.3.4	<i>Fabbisogno e fornitura di energia elettrica</i>	12
1.3.5	<i>Caratteristiche di funzionamento</i>	12
1.4	Confronto energetico soluzione base - soluzione migliorativa	13
1.4.1	<i>Risparmio economico mensile</i>	14
1.4.2	<i>Esame e confronto del risparmio energetico</i>	18
1.4.3	<i>Analisi del sistema proposto</i>	19
1.4.4	<i>Impianti diversi</i>	20

1.1 PREMESSA

Il capitolo in oggetto ha lo scopo di verificare e ottimizzare i costi di gestione degli impianti di sollevamento (denominati distretti V2 e V3) nello schema idrico Basento-Bradano, per l'Ente Irrigazione Puglia, Lucania ed Irpinia (EIPLI).

La volontà dell'Ente appaltante è di conseguire una economia nella gestione generale dell'impianto con l'abbattimento di costi che verrebbero a gravare su una utenza notoriamente in difficoltà come quella del settore agricolo nelle aree interne della Basilicata.

Peraltro a questo settore viene richiesta una sempre maggiore competitività con rapporti costi-benefici che consentano di confrontarsi adeguatamente con il mercato internazionale. La riduzione dei costi di gestione dell'impianto incide in maniera diretta ed immediata sui costi di produzione.

Si è pertanto esaminato il progetto a base di gara con l'obiettivo di individuare gli elementi dell'impianto che determinano i più significativi costi di gestione per proporre soluzioni tecniche in grado di ridurre l'entità quanto più possibile.

Il progetto definitivo a base di gara, finalizzato all'irrigazione di circa 5000 ettari dell'altopiano bradanico, prevede sostanzialmente la realizzazione di un sistema di distribuzione della risorsa idrica attraverso l'alimentazione di alcune vasche di compenso che attingono acqua dalle dighe di Acerenza e Genzano. In virtù dei carichi idrici disponibili nelle dighe, l'acqua, mediante l'adduttore in pressione Acerenza-Genzano, raggiunge la vasca di disconnessione del Marascione con un pelo libero a quota 426,50 s.l.m. che sottende altre tre vasche di compenso a valle, assicurandone la alimentazione a gravità. Le condotte di collegamento tra la vasca del Marascione e le vasche di compenso sono del tipo in vetroresina.

Dalle suddette tre vasche, l'alimentazione ai relativi subdistretti irrigui avviene:

- per la vasca V1 a gravità, essendo questa posta ad una quota superiore a quella dei terreni serviti;
- per le vasche V2 e V3 mediante sollevamento, con due vasche di carico poste rispettivamente a circa 35 e 33 metri più in alto, in relazione alle quote dei terreni da irrigare.

I materiali previsti per le condotte di distribuzione sono in materiale plastico, per una parte in vetroresina e per altra parte in "pead".

In via preliminare, in relazione alla valutazione dei costi di gestione per il funzionamento e l'esercizio dell'impianto, si rileva che la scelta del materiale delle condotte (vetroresina e pead), già consegue l'obiettivo di minimizzare i costi di gestione, in quanto i materiali plastici allo stato attuale rappresentano i migliori prodotti del mercato per quanto riguarda affidabilità, durata, assenza di manutenzione e ridotte perdite di carico.

Appare perciò evidente che il consumo di energia necessario per il sollevamento, rappresenta l'onere economico-finanziario più significativo per l'esercizio dell'impianto.

In relazione alle prevalenze ed alle portate medie mensili di progetto, l'energia necessaria per il sollevamento può essere stimata come più avanti specificato.

1.2 CRITICITA' DEL PROGETTO BASE

Il progetto base prevede il sollevamento della portata richiesta dall'utenza fino ad una vasca di carico disposta poco più a monte di ciascuna vasca di compenso V2 e V3. Tale vasca di carico, adeguatamente dimensionata in volume è in grado di assicurare la massima pressione di esercizio richiesta durante le ore di punta nel mese di massimo consumo.

L'avviamento in sequenza delle pompe avviene mediante sensori di livello posti nel serbatoio di carico che regolano l'attacco e lo stacco delle pompe stesse al variare del volume richiesto. Tale sistema prevede una condotta di mandata alla vasca di carico e una condotta di derivazione dalla stessa verso la rete di distribuzione.

Sulla mandata dell'impianto è prevista inoltre una valvola di regolazione e controllo in grado di modulare la portata verso il torrino piezometrico, limitando anche gli attacchi e stacchi delle pompe.

Il sistema previsto nel progetto base appare nelle linee generali relativamente affidabile, ma presenta una grave criticità, in quanto richiede un fabbisogno energetico nettamente superiore a quello richiesto dal sistema proposto più avanti.

Infatti il sistema del progetto base, benché riesca a regolare la portata su quella richiesta dall'utenza, non è in grado di regolare la prevalenza che risulta impostata per qualunque valore di portata dalla quota della vasca di carico.

Ciò determina che l'impianto funziona sempre al massimo della prevalenza anche se questa non è richiesta dall'utenza che, per contro, deve procedere a dissiparne l'eccesso attraverso le apparecchiature irrigue che spesso sono autoregolanti in pressione.

In relazione alle prevalenze ed alle portate medie mensili di progetto, l'energia necessaria per questo sollevamento può essere stimata come di seguito specificato in tabella 5.1.

Per semplicità prenderemo in esame soltanto il sollevamento dal distretto V2, in quanto il distretto V3 è praticamente analogo. Si precisa inoltre che il grado di utilizzazione giornaliera è pari a ore 9/24.

Tabella 5.1 - Portate necessarie

		MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
l/s mc	PORTATE	25	141	306	751	881	457	201	40
	VOLUMI	810	4568	9914	24332	28544	14806	6512	1296
	GIORNI	31	30	31	30	31	31	30	31

Con il sistema di pompaggio previsto in progetto, comprendente quattro elettropompe del tipo centrifugo a semplice aspirazione, di cui una di riserva, per una potenza complessiva installata di 600 kW, e facendo riferimento ai volumi mensili sopra riportati; nonché tenendo conto dei rendimenti medi delle elettropompe previste in progetto, il consumo di energia annuo totale è valutabile in 325.241 kWh.

Vedasi il diagramma di parallelo idraulico del sollevamento (Figura 5.1) che evidenzia il sistema di corrispondenze fra le necessità della rete e il campo di copertura idraulica determinato dal parallelo delle pompe a velocità fissa.

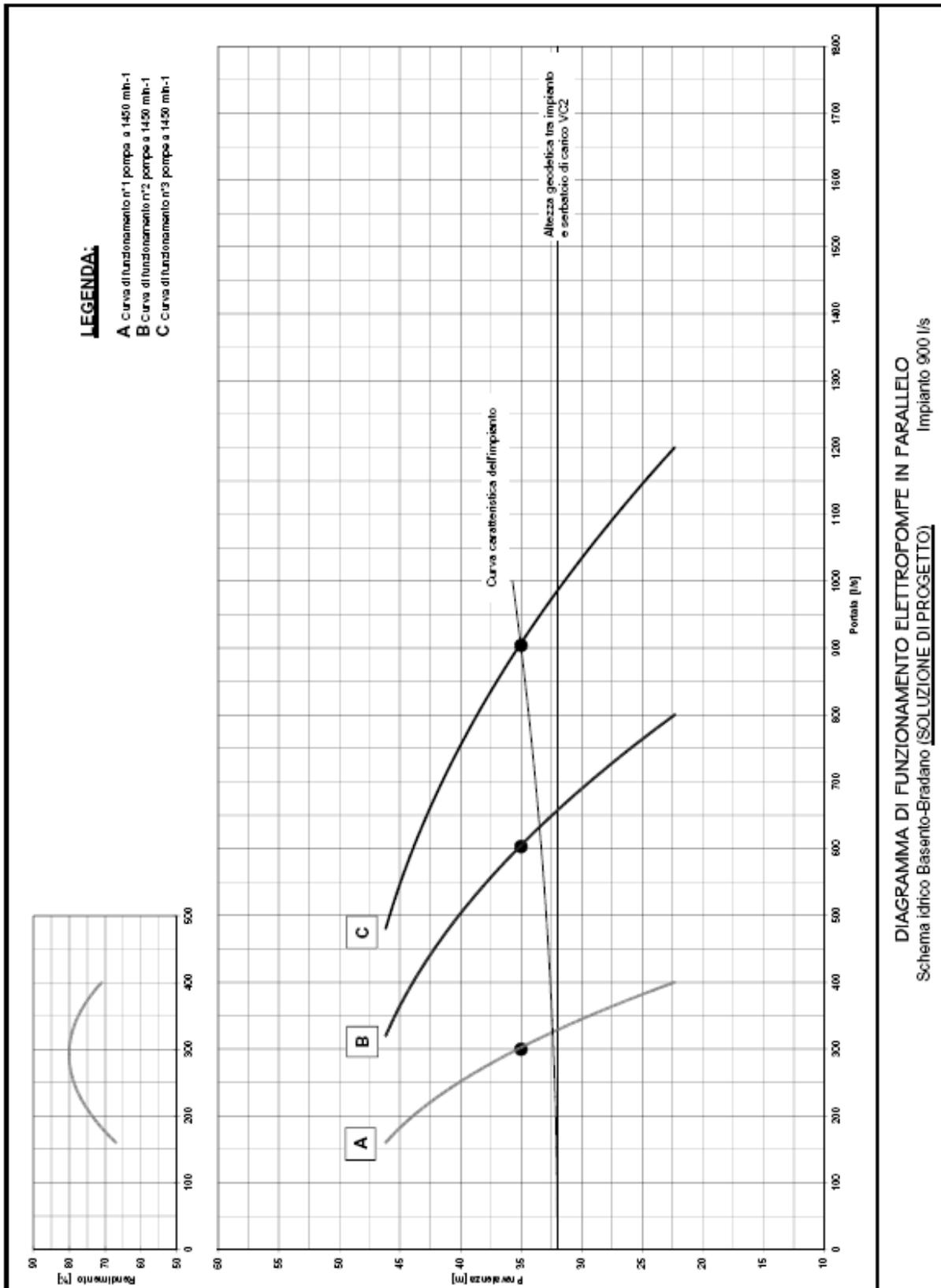


Figura 5.1 - Parallelo pompe a velocità fissa

1.3 PROPOSTA MIGLIORATIVA

La riduzione del consumo di energia viene conseguita convertendo la filosofia generale del pompaggio prevista di tipo tradizionale, con pompe azionate a velocità fissa e riempimento della vasca di accumulo, attraverso un sistema che prevede invece il criterio della regolazione di velocità delle macchine in relazione alle necessità istantanee di utilizzazione della rete d'utenza. Il tutto senza alterare la natura e lo scopo del progetto.

Le modalità di pompaggio previste nella soluzione a base di gara, con pompe che lavorano solamente in asincrono (cioè a velocità fissa) e che rilanciano costantemente alla rispettiva vasca di carico e quindi a prevalenza costante per tutti i mesi irrigui a prescindere dagli emungimenti comiziali, vengono dunque sostituite introducendo per ognuna delle elettropompe un proprio inverter, in grado di variarne la velocità di rotazione e quindi le caratteristiche idrauliche di portata/prevalenza dalla frequenza asincrona a quella di minimo funzionamento.

Ovviamente, essendo la prevalenza e la portata da raggiungere più mirate rispetto alla situazione dettata dai riferimenti geodetici della vasca di carico, sarà minore anche la relativa potenza assorbita dalle macchine.

Vedasi il diagramma di parallelo idraulico del sollevamento (Figura 5.2) che evidenzia il sistema di corrispondenze fra le necessità della rete e il campo di copertura idraulica determinato dal parallelo delle pompe a velocità variabile.

La regolazione principale dell'impianto avverrà attraverso il bus di comando - in linea seriale - dal PLC agli inverters corrispondentemente alla velocità di rotazione da far assumere alle elettropompe che sarà elaborata dall'analisi della pressione di mandata misurata attraverso il trasduttore di pressione, dalle soglie di portata che determineranno l'inserimento in parallelo idraulico delle macchine e dal campo di regolazione proprio previsto per l'elettropompa.

La regolazione di controllo matematica sarà del tipo "PID" (proporzionale-integrale-derivativa) e farà riferimento a un set point ideale di pressione da mantenere in un punto significativo della rete che consenta, anche all'utente allocato in posizioni orografiche più sfavorevoli, di disporre della pressione sufficiente.

In sostanza quindi, gli inverters andranno ad inseguire con la loro variazione di velocità impressa alle pompe, il set point di pressione necessario.

Partendo da pompaggio fermo e rete in equilibrio, la normale sequenza di funzionamento dell'impianto prevede che, alla diminuzione della pressione di rete conseguente all'attivazione di apertura progressiva delle utenze, si abbia l'inserimento della prima pompa principale programmata a partire, in velocità variabile, dal minimo fino al massimo di giri per la stessa corrispondente alla massima caratteristica idraulica della pompa stessa.

Per far questo il PLC verificherà quale sia la elettropompa programmata a partire, quindi impartirà il comando di start al convertitore di frequenza.

L'inverter, trascorso il tempo necessario alla sua rampa di salita per portarsi da velocità zero ai giri minimi impostati all'interno dell'azionamento, verrà regolato dal segnale digitale proveniente dal PLC secondo una regolazione PID funzione del set point di pressione di mandata attivo, ovvero quando la pressione sarà minore del set point, l'inverter accelererà per poi rallentare allorché il range venga a diminuire.

Una volta messa in funzione la prima elettropompa principale, il PLC controllerà il segnale di portata proveniente dal relativo trasduttore in campo confrontandolo con la prima soglia di portata programmata.

Quando la pompa principale in funzione raggiungerà il massimo dei giri, al superamento di una determinata soglia di portata per il tempo impostato, il PLC attiverà la seconda pompa programmata a partire.

La pompa già in funzione in velocità variabile sarà portata alla velocità di parallelo, mentre la seconda pompa eseguirà la sua rampa di salita fino alla velocità di parallelo, quindi le due macchine andranno a inseguire assieme il set point di pressione programmato come visto per la macchina singola.

La sequenza poc'anzi vista per la prima pompa si ripete poi per le pompe successive fino alla massima potenzialità prevista nell'impianto.

Segnaliamo inoltre dei sottoprogrammi di controllo previsti per: avarie montante trasformatore, allarme generale impianto di pompaggio, blocco delle pompe, mancato intervento pompe, blocco inverter, rottura tubazione, mancanza segnali di misura, sequenza d'intervento delle pompe, errata programmazione.

Con il sistema soprascritto si potrà assicurare sia la stabilità della pressione in rete, indipendentemente dalle variazioni di portata, sia - elemento di fondamentale importanza per la riduzione del consumo di energia - la regolazione delle macchine fino a raggiungere la prevalenza ottimale strettamente necessaria al funzionamento, e quindi la condizione di massimo rendimento dell'impianto per quella condizione idraulica (Figura 5.2).

Le tabelle di calcolo del consumo energetico suddivise nei vari mesi di irrigazione rappresentano inoltre il confronto tra i due sistemi.

Tali prevalenze risultano, come rappresentato nella seguente tabella 5.2 molto variabili da un mese all'altro, raggiungendo i valori massimi, di 35 m previsti in progetto, solo per il mese di luglio e risultando invece molto inferiori nei rimanenti mesi.

Tabella 5.2 - Prevalenze necessarie

MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
18	18,5	20	30	34,5	22	19	18

Fermo restando i volumi sollevati e la grandezza delle tre elettropompe da 300 l/s centrifughe il consumo di energia annuo è valutabile in 249.639 kWh.

Da quanto detto, nella configurazione dell'impianto descritta, risulta pertanto un minor consumo annuo stagionale di 75.602 kWh.

Anche se esula dal concetto generale del presente capitolo si vuole comunque in quest'ultima parte segnalare un'ulteriore soluzione adottata e volta all'autosufficienza energetica degli impianti.

Per raggiungere questo secondo obiettivo si è proposto l'inserimento di un sistema che consenta di generare, per quanto possibile, l'energia necessaria per i sollevamenti all'interno dello stesso schema idrico oggetto dell'appalto, con la conseguente riduzione dei quantitativi di energia da acquistare dal gestore energetico.

L'idea nasce dalla considerazione che all'interno della vasca di disconnessione, al termine dell'adduttore in pressione DN 3000, proveniente dalle dighe di Acerenza e Genzano, sono inserite due valvole di regolazione a getto cavo, DN 2000 e DN 700 per la regolazione delle portate e la dissipazione dei carichi in eccesso, fino ad un massimo di 40 m. La proposta migliorativa si concretizza quindi nell'inserimento all'interno della stessa vasca, in parallelo alle previste valvole a getto cavo, una centralina idroelettrica costituita da una turbina Francis, in versione ad asse verticale, adatta a funzionare 24/24 ore durante la stagione irrigua mediante la sola portata necessaria per alimentare, dalla vasca del Marascione, il volume sufficiente a garantire il riempimento delle vasche V1, V2 e V3 (viste al paragrafo 5.1).

La turbina sarà dimensionata per una portata massima di 1,3 mc/s circa usufruendo del salto netto disponibile medio non inferiore a 28 m.

Il gruppo sarà in grado di svolgere le stesse funzioni idrauliche delle due valvole a getto cavo con contestuale recupero della energia in eccesso. La logica di comando (P.L.C.) dell'impianto agirà sulle posizioni degli otturatori delle tre valvole (valvola a farfalla di guardia alla turbina e valvole di regolazione a fuso) garantendo in ogni istante il deflusso dell'intera portata attraverso la turbina o il by-pass.

Come già detto, la turbina sarà di tipo regolante e quindi in grado di funzionare anche con salti e portate diverse da quelli indicati in offerta e in ogni caso sempre con ottimi rendimenti.

Senza entrare nel dettaglio, in quanto non è tema del presente capitolo, sulla base dei dati riportati in progetto, relativi ai carichi disponibili in conseguenza dei livelli degli invasi e delle perdite di carico dello

schema, si può affermare che in termini energetici l'impianto idroelettrico copre l'intero fabbisogno energetico degli impianti di sollevamento dei sub-distretti V2 e V3.

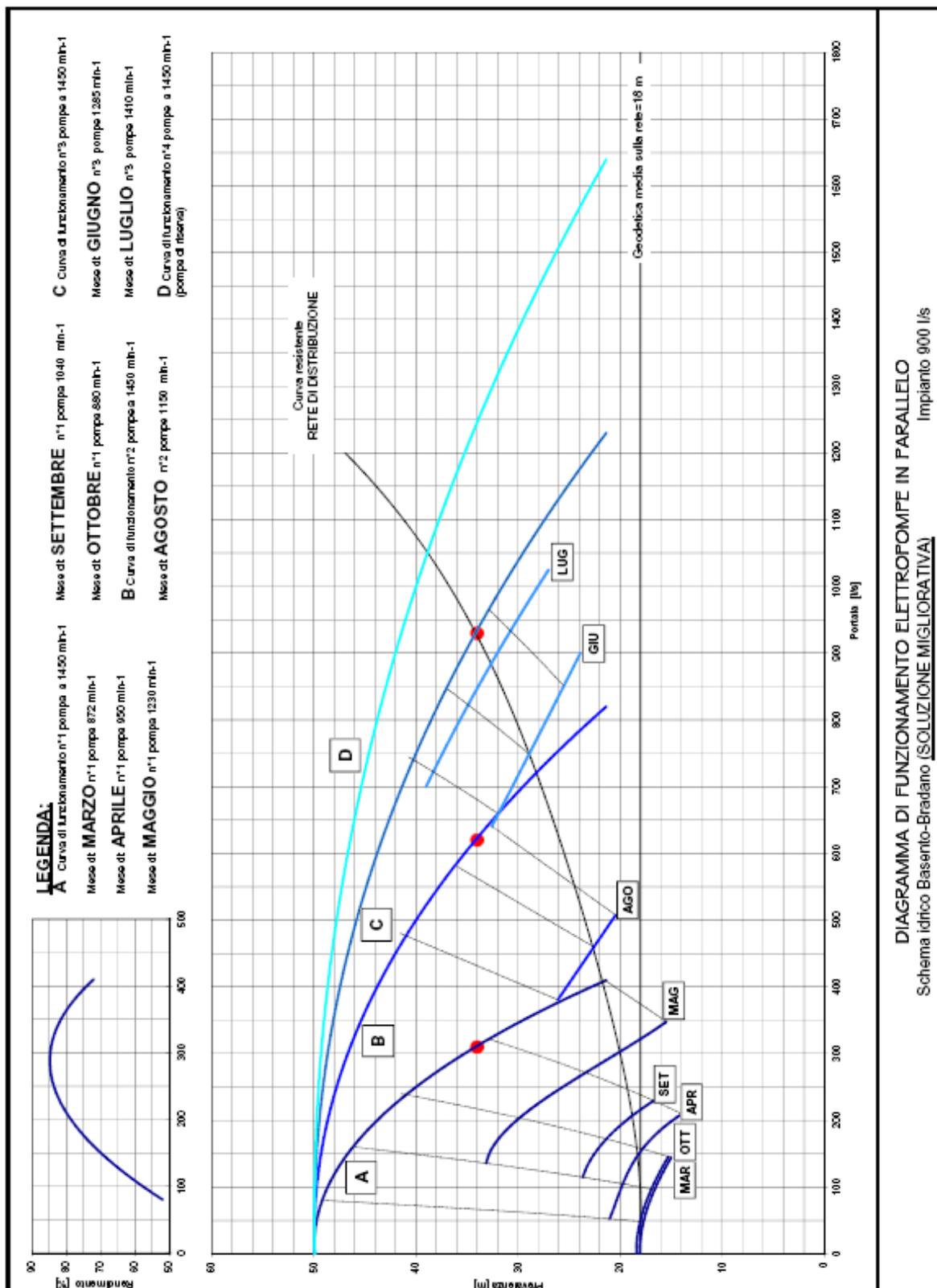


Figura 5.2 - Parallelo pompe a velocità variabile e punti di funzionamento

1.3.1 Principali caratteristiche della fornitura. Macchinario ed apparecchiature previste.

Le caratteristiche prestazionali e costruttive del macchinario elettromeccanico, oltre che delle apparecchiature elettriche ed idrauliche sono illustrate nella disposizione d'impianto in Figura 5.3.

In sintesi l'impianto è composto da:

- Elettropompe
- Tubazioni, accessori idraulici
- Gru elettrica a ponte
- Dispositivo per l'assorbimento dei colpi d'ariete
- Misure idrauliche
- Cabina elettrica di trasformazione
- Quadro elettrico generale di comando controllo protezione e automazione
- Cavi di collegamento BT
- Impianto di illuminazione e prese
- Impianto generale di messa a terra
- Gruppo elettrogeno

Relativamente ai punti più qualificanti dell'offerta migliorativa si evidenzia quanto segue:

Motori elettrici:

- rendimento $\geq 94,9\%$ anziché 93% (efficienza IE2, linea guida del 16 giugno 2011);
- scaldiglie anticondensa sugli avvolgimenti;
- protezione termica ptc nell'avvolgimento motore;
- circuiti di controllo di tipo digitale programmabili e molto più affidabili di quelli elettromeccanici.

Pompe

- girante in bronzo anziché in ghisa
- girante a doppio ingresso con spinta idraulica contrapposta ed equilibrata
- anelli di rasamento e alberi in acciaio inox anziché acciaio legato
- rendimenti 85% anziché 80% come previsto per le pompe di progetto, con girante a semplice aspirazione

Blocchi di sicurezza nelle celle di media tensione con sicurezza meccanica;

Quadri MT a tenuta d'arco interno;

Trasformatori principali bassissime perdite funzionali (alti rendimenti)

Valvole di intercettazione di qualità con albero in inox a farfalla anziché saracinesca

Valvole di ritegno a ugello venturi anziché a clapet (basse perdite)

Piping e casse d'aria zincati a caldo

Giunti di dilatazione e smontaggio PN10 in inox

Carroponte elettrico anziché manuale

Misuratore di portata magnetico

Registratori digitali a LCD

Quadri di media tensione già a norma CEI 0-16 RTC

Inverter con filtri e induttanze antidisturbi

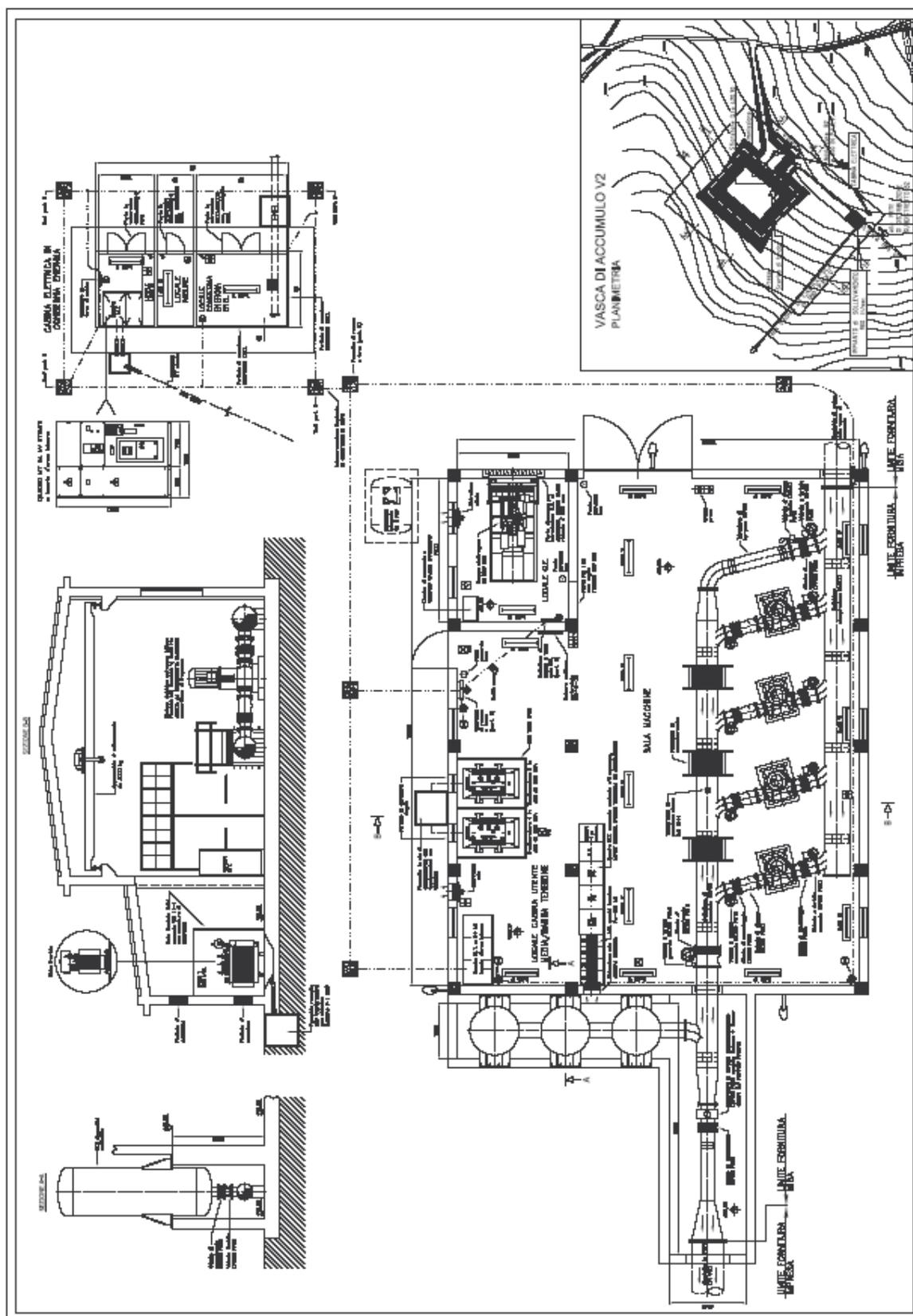


Figura 5.3 - Disposizione d'impianto

1.3.2 Equipaggiamento idraulico

L'impianto di sollevamento, è costituito da un gruppo di 3 pompe centrifughe ad asse verticale, con girante a doppia aspirazione che permette di annullare la spinta assiale e di ottenere un buon equilibrio della parte rotante. La quarta pompa (normalmente di riserva), permette di realizzare un'integrazione della portata con carichi ridotti rispetto alle prime.

Le caratteristiche di ciascuna pompa sono le seguenti:

- portata nominale $Q_{nom} = 300 \text{ l/sec}$
- prevalenza nominale $H_{nom} = 35 \text{ m}$
- rendimento $\eta = 0,85$

Il sistema di protezione anti-ariete idraulico, previsto a protezione della condotta di mandata, è costituito da tre casse d'aria verticali, munite di tutti i dispositivi necessari e da un compressore che consente di mantenere la pressione, oltre che ripristinare l'aria che va in soluzione con l'acqua. Il dimensionamento è tale da contenere la pressione massima transitoria conseguente all'arresto contemporaneo di tutte le elettropompe per improvvisa mancanza di energia, entro le 10 atm.

1.3.3 Azionamento delle pompe

L'azionamento avviene tramite motori in corto circuito, e regolazione continua della velocità da 0÷1450 g/min tramite inverters e potenza installata di 160 kW alla massima velocità.

Dovendo l'impianto funzionare in condizioni di esercizio estremamente mutevoli, derivanti dal pompaggio diretto nella rete irrigua, allo scopo di avere una maggiore flessibilità di funzionamento e cercare di ottenere un notevole risparmio energetico, inoltre la possibilità di esigere dall'impianto ampie variazioni di velocità di rotazione, è stato scelto l'azionamento di tipo ad inverter con filtri ed induttanze anti disturbi, in quanto comporta minori perdite, risposte più rapide nella regolazione, insensibilità ai disturbi di rete, e un migliore rendimento del sistema.

Particolare cura è stata infine rivolta nella progettazione e realizzazione dell'automatismo che, operando secondo una curva di funzionamento quadratica, regola l'erogazione dell'acqua dalla centrale alla rete di distribuzione.

1.3.4 Fabbisogno e fornitura di energia elettrica

La potenza totale installata nella centrale è di 640 kW, per le pompe, più la potenza necessaria per il compressore, il carroponte ed i servizi ausiliari di centrale.

L'energia viene fornita in media tensione a 20.000 V, e trasformata in una cabina adiacente, dotata di 2 trasformatori da 500 kVA.

EIPLI ha stipulato con il gestore energetico un contratto di fornitura a tariffa agevolata, con costo del kWh di energia consumata, pari ad € 0,15.

1.3.5 Caratteristiche di funzionamento

Appare evidente che il consumo di energia necessario per il sollevamento, rappresenta l'onere economico-finanziario più significativo per l'esercizio dell'impianto.

In relazione alle prevalenze ed alle portate medie mensili di progetto, l'energia necessaria per il sollevamento può essere stimata come di seguito specificato.

Tutto ciò premesso, si propone di alimentare la rete irrigua direttamente dal pompaggio con le prevalenze stagionali (Tabella 5.3) previste, disconnettendo le vasche sopradescritte, ovvero fornendo alla rete irrigua i valori di prevalenza e portata strettamente necessari al consumo istantaneo, con ovvi benefici riguardo la

potenza assorbita e quindi alla energia consumata. Vedasi in proposito anche le calcolazioni di verifica e comparazione che seguono.

1.4 CONFRONTO ENERGETICO SOLUZIONE BASE - SOLUZIONE MIGLIORATIVA

Nella tabella che segue sono illustrati i risultati delle simulazioni di consumo energetico sia per la soluzione base che per la soluzione migliorativa. Le valutazioni esposte sono state desunte dalle ipotesi di funzionamento nelle ore di punta e nei diversi mesi del progetto base (relazione agronomica e relazione generale). È stata inoltre mantenuta per le suddette variazioni la quota massima prevista in progetto per la vasca di carico. Come evidenziato in tabella 5.3 l'offerta migliorativa realizza un'economia di gestione rispetto al progetto base in termini di consumo energetico pari al 24%.

Tabella 5.3 - Confronti energetici Soluzione Base-Soluzione Migliorativa

Mese	Sollevamento V2		
	Progetto Base kWh	Proposta migliorativa kWh	Volume sollevato mc
marzo	2.857	2.675	25.110
aprile	15.590	8.522	137.040
maggio	34.962	20.413	307.334
giugno	85.555	70.994	729.960
luglio	105.690	97.806	884.864
agosto	53.794	32.735	458.986
settembre	22.223	12.557	195.360
ottobre	4.570	3.937	40.176
Totale stagionale	325.241	249.639	1.279.386

I dettagli computazionali dei dati riassunti in tabella 5.3 sono illustrati in seguito, al paragrafo 1.4.1.

Le curve caratteristiche delle pompe impiegate e la loro combinazione in parallelo, sono rappresentate nelle figure 5.1 e 5.2.

Nei calcoli non sono stati presi in considerazione i rendimenti dei trasformatori, dei motori elettrici e della B.T. in generale, in quanto non comportano sensibili variazioni.

1.4.1 Risparmio economico mensile

Confronto relativo al costo di funzionamento delle elettropompe, tra soluzione di progetto e la proposta migliorativa, a parità di volume d'acqua sollevato.

Mese di: **MARZO**

Portate di esercizio giornaliero: 25 l/sec

	Elettropompe di progetto - giri fissi -			Elettropompe proposte - giri variabili -		
Portata d'acqua	Q_{TOT}	320	litri/sec	Q_{MED}	25	litri/sec
Portata d'acqua	Q_{TOT}	1152	mc/h	Q_{MED}	90	mc/h
Prevalenza manometrica	H	33	m	H	18	m
Rendimento pompa	Rend.	79	% medio	Rend.	46	% medio
Potenza assorbita pompe	P	131,05	kW	P	9,59	kW

Volume d'acqua sollevato nel mese di Marzo → 810 x 31 = 25.110 mc

		Elettropompe di progetto	Elettropompe proposte
Ore necessarie ad ottenere il volume d'acqua desiderato	h	21,80	279
Potenza assorbita dalle pompe alle condizioni specificate	kW	131,05 (1 pompa)	9,59 (1 pompa)
Energia totale assorbita pompe nel mese	kWh	2.856,89	2.675,61

Mese di: **APRILE**

Portate di esercizio giornaliero: 141 l/sec

	Elettropompe di progetto - giri fissi -			Elettropompe proposte - giri variabili -		
Portata d'acqua	Q_{TOT}	320	litri/sec	Q_{MED}	141	litri/sec
Portata d'acqua	Q_{TOT}	1152	mc/h	Q_{MED}	507,60	mc/h
Prevalenza manometrica	H	33	m	H	18,5	m
Rendimento pompa	Rend.	79	% medio	Rend.	81	% medio
Potenza assorbita pompe	P	131,05	kW	P	31,57	kW

Volume d'acqua sollevato nel mese di Aprile → 4.568 x 30 = 137.040 mc

		Elettropompe di progetto	Elettropompe proposte
Ore necessarie ad ottenere il volume d'acqua desiderato	h	118,96	269,97
Potenza assorbita dalle pompe alle condizioni specificate	kW	131,05 (1 pompa)	31,57 (1 pompa)
Energia totale assorbita pompe nel mese	kWh	15.589,71	8.522,95

Mese di: **MAGGIO**

Portate di esercizio giornaliero: 306 l/sec

	Elettropompe di progetto - giri fissi -			Elettropompe proposte - giri variabili -		
Portata d'acqua	Q_{TOT}	320	litri/sec	Q_{MED}	306	litri/sec
Portata d'acqua	Q_{TOT}	1152	mc/h	Q_{MED}	1101,60	mc/h
Prevalenza manometrica	H	33	m	H	20	m
Rendimento pompa	Rend.	79	% medio	Rend.	82	% medio
Potenza assorbita pompe	P	131,05	kW	P	73,17	kW

Volume d'acqua sollevato nel mese di Maggio → $9.914 \times 31 = 307.334$ mc

		Elettropompe di progetto	Elettropompe proposte
Ore necessarie ad ottenere il volume d'acqua desiderato	h	266,78	278,98
Potenza assorbita dalle pompe alle condizioni specificate	kW	131,05 (1 pompa)	73,17 (1 pompa)
Energia totale assorbita pompe nel mese	kWh	34.961,52	20.412,96

Mese di: **GIUGNO**

Portate di esercizio giornaliero: 751 l/sec

	Elettropompe di progetto - giri fissi -			Elettropompe proposte - giri variabili -		
Portata d'acqua	Q_{TOT}	625	litri/sec	Q_{MED}	751	litri/sec
Portata d'acqua	Q_{TOT}	2.250	mc/h	Q_{MED}	2.703,60	mc/h
Prevalenza manometrica	H	34	m	H	30	m
Rendimento pompa	Rend.	79	% medio	Rend.	84	% medio
Potenza assorbita pompe	P	263,71	kW	P	262,95	kW

Volume d'acqua sollevato nel mese di Giugno → $24.332 \times 30 = 729.960$ mc

		Elettropompe di progetto	Elettropompe proposte
Ore necessarie ad ottenere il volume d'acqua desiderato	h	324,43	269,99
Potenza assorbita dalle pompe alle condizioni specificate	kW	263,71 (2 pompe)	262,95 (3 pompe)
Energia totale assorbita pompe nel mese	kWh	85.555,43	70.993,87

Mese di: **LUGLIO**

Portate di esercizio giornaliero: 881 l/sec

	Elettropompe di progetto - giri fissi -			Elettropompe proposte - giri variabili -		
Portata d'acqua	Q_{TOT}	900	litri/sec	Q_{MED}	881	litri/sec
Portata d'acqua	Q_{TOT}	3.240	mc/h	Q_{MED}	3.171,60	mc/h
Prevalenza manometrica	H	35	m	H	34,5	m
Rendimento pompa	Rend.	80	% medio	Rend.	85	% medio
Potenza assorbita pompe	P	387,00	kW	P	350,57	kW

Volume d'acqua sollevato nel mese di Luglio → 28.544 x 31 = 884.864 mc

		Elettropompe di progetto	Elettropompe proposte
Ore necessarie ad ottenere il volume d'acqua desiderato	h	273,10	278,99
Potenza assorbita dalle pompe alle condizioni specificate	kW	387,00 (3 pompe)	350,57 (3 pompe)
Energia totale assorbita pompe nel mese	kWh	105.689,70	97.805,78

Mese di: **AGOSTO**

Portate di esercizio giornaliero: 457 l/sec

	Elettropompe di progetto - giri fissi -			Elettropompe proposte - giri variabili -		
Portata d'acqua	Q_{TOT}	625	litri/sec	Q_{MED}	457	litri/sec
Portata d'acqua	Q_{TOT}	2.250	mc/h	Q_{MED}	1.645,20	mc/h
Prevalenza manometrica	H	34	m	H	22	m
Rendimento pompa	Rend.	79	% medio	Rend.	84	% medio
Potenza assorbita pompe	P	263,71	kW	P	117,34	kW

Volume d'acqua sollevato nel mese di Agosto → 14.806 x 31 = 458.986 mc

		Elettropompe di progetto	Elettropompe proposte
Ore necessarie ad ottenere il volume d'acqua desiderato	h	203,99	278,98
Potenza assorbita dalle pompe alle condizioni specificate	kW	263,71 (2 pompe)	117,34 (2 pompe)
Energia totale assorbita pompe nel mese	kWh	53.794,20	32.735,51

Mese di: **SETTEMBRE**

Portate di esercizio giornaliero: 201 l/sec

	Elettropompe di progetto - giri fissi -			Elettropompe proposte - giri variabili -		
Portata d'acqua	Q_{TOT}	320	litri/sec	Q_{MED}	201	litri/sec
Portata d'acqua	Q_{TOT}	1152	mc/h	Q_{MED}	723,60	mc/h
Prevalenza manometrica	H	33	m	H	19	m
Rendimento pompa	Rend.	79	% medio	Rend.	80,5	% medio
Potenza assorbita pompe	P	131,05	kW	P	46,51	kW

Volume d'acqua sollevato nel mese di Settembre → $6.512 \times 30 = 195.360$ mc

		Elettropompe di progetto	Elettropompe proposte
Ore necessarie ad ottenere il volume d'acqua desiderato	h	169,58	269,98
Potenza assorbita dalle pompe alle condizioni specificate	kW	131,05 (1 pompa)	46,51 (1 pompa)
Energia totale assorbita pompe nel mese	kWh	22.223,46	12.556,76

Mese di: **OTTOBRE**

Portate di esercizio giornaliero: 40 l/sec

	Elettropompe di progetto - giri fissi -			Elettropompe proposte - giri variabili -		
Portata d'acqua	Q_{TOT}	320	litri/sec	Q_{MED}	40	litri/sec
Portata d'acqua	Q_{TOT}	1152	mc/h	Q_{MED}	144	mc/h
Prevalenza manometrica	H	33	m	H	18	m
Rendimento pompa	Rend.	79	% medio	Rend.	50	% medio
Potenza assorbita pompe	P	131,05	kW	P	14,11	kW

Volume d'acqua sollevato nel mese di Ottobre → $1.296 \times 31 = 40.176$ mc

		Elettropompe di progetto	Elettropompe proposte
Ore necessarie ad ottenere il volume d'acqua desiderato	h	34,87	279,00
Potenza assorbita dalle pompe alle condizioni specificate	kW	131,05 (1 pompa)	14,11 (1 pompa)
Energia totale assorbita pompe nel mese	kWh	4.569,71	3.936,69

1.4.2 Esame e confronto del risparmio energetico

Esaminando il diagramma di esercizio e funzionamento dell'impianto a velocità fissa, si evince una costante prevalenza per tutti i mesi irrigui a prescindere dalla richiesta delle rete comiziale.

La dissipazione di energia è perciò l'elemento critico di tale sistema e non si possono individuare altri compromessi se non quello di adottare una diversa modulazione verso la rete.

Introducendo perciò i benefici dell'inverter e modificando il sistema di pompaggio da torino piezometrico a rete, si garantiscono ai vari distretti, soltanto le pressioni e le portate richieste a seguito dell'apertura degli idranti.

Con questa modalità di pompaggio, prevalenza e portata mirati alle effettive richieste, si avrà una potenza assorbita dalle elettropompe nettamente inferiore.

Il raffronto dei consumi energetici (Tabella 5.3) del caso analizzato indica un'economia di gestione del 24% per l'impianto con azionamento a velocità variabile rispetto quello con velocità fissa.

Da quanto detto risulta un minor consumo annuo di 75.602 kWh.

Considerando il costo dell'unità di energia pari a 0,15 €/kWh, si avrà dall'esecuzione del calcolo un economia di gestione pari ad € 11.340,00 per l'intera stagione.

In aggiunta a quanto finora detto, è opportuno far notare la situazione che si andrà a realizzare durante la costruzione degli impianti.

Nella realtà delle cose, questo sistema è in fase di realizzazione, ed allo stato attuale è in approvazione il progetto esecutivo.

Le ipotesi ricavate dal progetto del 2010 sono perciò ancora in fase di verifica, in quanto le recenti e mutate condizioni climatiche, impongono più severi giudizi.

In una probabile perizia, si presuppone pertanto di far funzionare gli impianti per almeno 18 ore al giorno, modificando perciò anche i consumi di energia, che tuttavia manterranno un indice di risparmio tra le soluzioni menzionate, sempre pari al 24-25%.

Per opportuna conoscenza e per analogia con il distretto V2 si analizza in sintesi anche il distretto V3.

La scelta progettuale effettuata risulta simile alla prima, salvo che per il numero delle pompe, la portata; la prevalenza e la potenza.

Dai confronti energetici nei vari mesi di funzionamento, seguendo gli stessi criteri di ottimizzazione, si realizzano economie di gestione in termini energetici, pari al 35%.

La tabella 5.4 illustra i risultati delle simulazioni del consumo energetico sia per la soluzione base che per la soluzione migliorativa. Le valutazioni esposte sono state desunte dalle ipotesi di funzionamento nelle ore di punta e nei diversi mesi come già fatto per il distretto V2.

Tabella 5.4 - Confronti energetici Soluzione Base-Soluzione Migliorativa

Mese	Sollevamento V3		
	Progetto Base kWh	Proposta migliorativa kWh	Volume sollevato mc
marzo	4.969	2.312	44.175
aprile	26.790	8.510	238.140
maggio	59.998	22.138	533.324
giugno	142.365	109.060	1.265.520
luglio	172.653	152.423	1.534.717
agosto	89.602	43.101	796.483
settembre	38.052	13.159	338.250
ottobre	7.794	3.413	69.285
Totale stagionale	542.223	353.846	4.819.894

Da quanto detto risulta un minor consumo annuo di 188.377 kWh.

Considerando il costo dell'unità di energia pari a 0,15 €/kWh, si avrà dall'esecuzione del calcolo un'economia di gestione pari ad € 28.256,00 per l'intera stagione.

Le economie risultanti dallo studio di questi distretti, sembrano abbastanza contenute, ma in generale appena le condizioni di lavoro, legate al territorio, diventano più gravose, si fa notare maggiormente anche il risparmio.

Il lavoro è stato aggiudicato al raggruppamento con la società COBAR Spa di Milano per quanto riguarda tutte le opere civili e MISA Srl per tutte le opere elettromeccaniche.

Gli impianti sono stati realizzati nel 2017 e messi in esercizio nel 2018. Nel 2019, si sono completati i collaudi tecnico-funzionali. Dopo il collaudo tecnico-amministrativo l'opera sarà consegnata all'Ente e agli utenti.

1.4.3 Analisi del sistema proposto

Riesaminando il diagramma di funzionamento a velocità regolata (figura 5.2) emerge un'ulteriore possibilità di risparmio.

Confrontando infatti i periodi dell'anno nei quali le necessità di irrigazione sono notevolmente inferiori a quelle di normale o di massimo utilizzo, ci riferiamo ai mesi di Marzo-Aprile –Ottobre di cui alla tabella 5.1, bisognerebbe introdurre una pompa definita “pompa base”, avente caratteristiche di portata e prevalenza ridotte rispetto alle pompe principali, ma proprio per questo in grado di fornire una risposta idraulicamente adeguata alle richieste di bassi consumi della rete.

Il suo utilizzo sarebbe tipicamente rintracciabile nelle fasi di inizio e fine stagione, oppure, anche in piena stagione irrigua, successivamente a periodi di piovosità.

L'attività della pompa base verrebbe coordinata con l'azione svolta delle casse d'aria le quali non avranno più solamente la funzione di “controllo antiariete” ma fungeranno anche da polmone di espansione per compensare i minimissimi consumi o le possibili minime perdite di rete.

La caratteristica idraulica di detta pompa base sarebbe inoltre maggiormente inclinata rispetto a quella relativa alle macchine principali per rendere la risposta più stabile ovvero contenere la variazione di portata a fronte di una variazione alla pressione di rete, mantenendo inoltre valori di rendimento più che accettabili e comunque superiori a quella della pompa principale.

L'ipotesi menzionata porterebbe all'impianto un ulteriore risparmio pari a circa il 5%.

Sollevamenti costruiti con quest'ultima configurazione porterebbero in generale un risparmio globale di

energia pari a circa il 30%.

Idem per quanto riguarda anche il distretto V3, che porterebbe un risparmio di energia pari al 40%.

1.4.4 Impianti diversi

L'episodio dello schema idrico Basento-Bradano, preso in considerazione è solo un esempio di tutto quello che succede nel mondo dei sollevamenti elettromeccanici.

In generale ogni impianto di distribuzione e/o approvvigionamento ha caratteristiche e funzioni diverse, tuttavia il confronto tra sistemi tradizionali a giri fissi con organi di regolazione e dissipazione e sistemi a velocità variabile, porta ad avere le medesime considerazioni di risparmio.

Nei sistemi dove l'adduzione e la fornitura d'acqua non avviene a gravità, le centrali di sollevamento rappresentano un impegno finanziario molto consistente, sia come costo d'esecuzione dell'opera, sia come costi continui e crescenti nel tempo per la gestione.

La voce più importante nei costi di conduzione degli impianti di sollevamento, è il costo dell'energia per l'alimentazione delle elettropompe. È preferibile pertanto adottare pompe, motori e azionamenti che consentano di avere un effettivo risparmio energetico.

Lo scopo è quello di cercare di contenere gli oneri finanziari, per cui nella progettazione di nuove stazioni di sollevamento occorre valutare attentamente, le situazioni che si presentano. Tali circostanze dipendono, dalla posizione topografica della zona da servire, dalla posizione della fonte, dal tipo di utenza e dalla rete di distribuzione.

Spesso ci si trova ad avere notevoli perdite di carico rispetto alla prevalenza geodetica che, nel caso di distribuzioni orizzontali, rappresenta la pressione minima da garantire all'utenza.

Impianti di questo tipo devono quindi fornire portate anche molto variabili nell'arco della giornata o delle stagioni, garantendo una pressione finale il più uniforme possibile.

Per esempio, le centrali ad uso acquedottistico e/o di processo, che funzionano 24 ore su 24 con prevalenze intorno ai 50/60 mt o addirittura intorno ai 100 mt (circostanza molto comune), necessitano di risorse economiche importanti ed il costo energetico va ben valutato al fine di ridurre i costi di gestione.

Se vengono installate pompe a velocità regolata, particolare cura va posta oltre che al tipo di azionamento, anche al programma di monitoraggio che deve essere fatto in funzione delle reali necessità del servizio.

Il monitoraggio ed il telecontrollo, sono strumenti volti al miglioramento dell'esercizio delle reti e degli impianti di distribuzione. Inoltre con il telecontrollo si può informatizzare tutto l'impianto, sia di pompaggio che di distribuzione, potendo effettuare una programmazione dell'intero sistema nell'arco delle ventiquattro ore. Infatti i maggiori risparmi di energia si ottengono proprio da una attenta ed oculata programmazione, cercando di soddisfare sia la domanda di portata che i carichi ai nodi della rete.

Dove possibile il sistema verrà integrato in ambito web al fine di avere una maggiore facilità di accesso e quindi una maggiore funzionalità per il raggiungimento dei vari obiettivi per cui viene predisposta, in particolare l'aggiornamento, la lettura e la diffusione e condivisione dei dati.

Oggi la regolazione della turbomacchina viene eseguita normalmente tramite un PLC, un trasmettitore di pressione e un misuratore di portata.

Questo consente di seguire le varie richieste di portata senza eccedere nella pressione cioè seguendo esattamente la curva resistenze. Vengono eliminati completamente gli sbalzi di pressione che nella prima soluzione inevitabilmente, se pur contenuti, si verificano, a tutto vantaggio delle apparecchiature idrauliche.

Per quanto riguarda l'azionamento dei motori asincroni trifasi, i convertitori di frequenza, sono ormai componenti essenziali in settori come quelli delle stazioni di pompaggio, per la distribuzione acquedottistica o l'irrigazione a pioggia.

Ovunque sia necessario controllare grosse masse di fluidi, il sistema a velocità variabile offre un maggior

controllo e una maggiore versatilità. Questo comporta un incremento del rendimento e un risparmio di energia notevole.

La velocità del motore può essere regolata facilmente, rilevando pressione, portata, temperatura, grazie a trasduttori che riportano le informazioni sotto forma di un segnale di controllo al convertitore.

Non è quindi più necessario controllare volumi di fluidi variabili con sistemi di forti perdite, mediante strozzamento del flusso o motorizzazioni speciali.

I vantaggi del controllo con inverter sono numerosi e di seguito ne riportiamo qualcuno.

- Pompaggio ad alto rendimento, senza necessità di valvole di controllo che limitano in modo inefficiente il flusso dell'acqua e sottosfruttando le pompe operanti a velocità costante.
- Avviamento graduale, che evita picchi di pressione, e quindi sollecitazioni nel piping di erogazione e nelle apparecchiature idrauliche in genere. Un arresto controllato delle pompe evita inoltre picchi di pressione altrettanto dannosi. Si ottiene anche una notevole riduzione delle sollecitazioni sulle parti rotanti delle pompe. Regolando le rampe di accelerazione e decelerazione, è possibile ottimizzare le partenze e le fermate delle pompe.
- Fattore di potenza elevato che aiuta a ridurre il costo dell'energia elettrica e il numero di condensatori.
- Minore manutenzione, utilizzando l'inverter, vengono meno tutte le problematiche legate ai vari attuatori, servovalvole, giunti idraulici, idrovalvole ecc. L'inverter non necessita di manutenzione essendo costituito da elementi statici.
- Con l'eliminazione di picchi di corrente all'avviamento non occorrono cavi elettrici di sezioni eccessive, a differenza di un motore collegato direttamente a rete, che assorbe 6-7 volte la corrente nominale, si evitano shock di corrente elevati, quindi si riducono alti costi di installazione, e si evitano problemi agli Enti erogatori.
- La possibilità di utilizzare al posto di un numero di pompe di piccola portata, minori pompe di grossa portata, le quali mediamente offrono un rendimento più elevato e quindi ulteriori vantaggi energetici.
- Offre inoltre la possibilità di utilizzare pompe della stessa taglia con conseguente razionalizzazione delle operazioni di manutenzione, possibilità di distribuzione uniforme delle ore di funzionamento e riduzione dei pezzi di ricambio da tenere di scorta.

Naturalmente vanno abbinati motori elettrici predisposti al funzionamento con l'inverter e possibilmente con grado di efficienza IE2 oppure IE3 (Regolamento CE 640/2009).