



acquedotto  
pugliese  
l'acqua, bene comune

**Direzione Ingegneria**

**DISCIPLINA TECNICA  
PER LA PROGETTAZIONE DI  
IMPIANTI IDROELETTRICI COMPATTI  
PER IL RECUPERO ENERGETICO  
NELLE RETI IDRICHE URBANE**

*A cura di:*

Ing. Giuseppe De Stefano  
Ing. Gianvito Capobianco  
Ing. Antonio Discipio

*Consulenza Manutenzione  
Specialistica ed Energia*

Ing. Giuseppe Rizzi

*Il Direttore:  
Ing. Andrea Volpe*

**EDIZIONE APRILE 2021**

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PRESCRIZIONI PROGETTUALI DI BASE.....</b>	<b>4</b>
2.1. Premessa .....	4
2.2. Nozioni generali sui sistemi idroelettrici e sulla politica di recupero energetico in AQP .....	4
2.3. Criteri di dimensionamento .....	11
2.4. Criteri costruttivi .....	13
<b>3. SCHEMA IDRAULICO DI MONTAGGIO .....</b>	<b>15</b>
<b>4. SISTEMI A TURBINA, APPARECCHIATURE IDRAULICHE, PIPING .....</b>	<b>18</b>
4.1. Premessa .....	18
4.2. Turbine idroelettriche / P.a.T. ....	18
4.3. Idrovalvole.....	19
4.4. Valvole a saracinesca .....	20
4.5. Valvole di ritegno .....	21
4.6. Manometri .....	21
4.7. Misuratori di portata elettromagnetici .....	22
4.8. Tubi di ghisa sferoidale e di acciaio inossidabile .....	23
4.9. Raccordi di ghisa sferoidale e di acciaio inossidabile.....	23
4.10. Raccordi di ghisa malleabile .....	24
<b>5. OPERE D'ARTE.....</b>	<b>24</b>
5.1. Premessa .....	24
5.2. Pozzetti d'ispezione.....	24
5.3. Camera di alloggiamento del sistema idroelettrico .....	24
<b>6. SISTEMA DI BY-PASS DI EMERGENZA.....</b>	<b>25</b>
<b>7. IMPIANTO ELETTRICO .....</b>	<b>25</b>
7.1. Premessa .....	25
7.2. Quadro elettrico di distribuzione e comando .....	26
7.3. Impianto di messa a terra.....	28
7.4. Cavi elettrici di potenza e di segnale .....	29
7.5. Rifasamento .....	31
<b>8. CENNI SUL TELECONTROLLO .....</b>	<b>32</b>
8.1. Il Sistema in generale.....	32
8.2. Quadro elettrico Sistema di Automazione e Telecontrollo .....	33

## 1. INTRODUZIONE

Il presente disciplinare ha lo scopo di definire i campi d'impiego, le caratteristiche tecniche e i criteri di gestione dei dispositivi idroelettrici compatti utilizzabili nelle reti idriche e condotte adduttrici di Acquedotto Pugliese.

Tali apparecchiature, installate sulle condotte di acquedotto, secondo gli schemi definiti nel presente documento, consentono il recupero dell'energia elettrica, attraverso lo sfruttamento del carico idraulico in eccesso rispetto all'esercizio ottimale delle condotte stesse.

L'impiego di questi sistemi per il recupero energetico, s'inserisce pienamente in un'ottica di **politica progettuale e gestionale 'eco-sostenibile'**, da anni perseguita da Acquedotto Pugliese, attraverso la produzione di energia pulita, l'utilizzo di apparecchiature idrauliche a ridotto consumo energetico e l'impiego di materiali a basso impatto ambientale.

Un ulteriore effetto legato all'installazione di questi dispositivi, non meno rilevante, è l'opportunità di ridurre efficacemente sovraccarichi pressori agenti sul sistema idrico.

Tale circostanza risulta ideale specialmente nel caso di sistemi di condotte di non recente realizzazione, sottoposti a carichi pressori rilevanti e soggetti, quindi, a maggiore rischio di perdite.

L'opportuno inserimento di queste apparecchiature, attraverso una idonea analisi di modellazione idraulica, consente di ottenere una regolazione delle pressioni in rete, simile a quella realizzabile attraverso sistemi idraulici a valvola (es. idrovalvole con 'pilota' inserite nelle ODU o a monte di 'distretti'), e garantisce, rispetto all'uso di valvole idrauliche, un *plus* in termini di recupero di energia elettrica, altrimenti passivamente dissipata.

I sistemi idroelettrici devono essere opportunamente dimensionati e collocati in modo tale da non influenzare negativamente, in alcun modo, l'esercizio della rete a valle: devono, di fatto, risultare invisibili alla rete idrica. A tal fine, il sistema previsto deve essere corredato di idonee apparecchiature di monitoraggio e telecontrollo a distanza.

Per la gestione ottimale dell'esercizio della rete, le apparecchiature per il recupero di energia devono essere installate insieme ai sistemi di regolazione tradizionale (idrovalvole, valvole a fuso); a garanzia di sicurezza, deve essere sempre prevista una condotta di *by-pass* diretto di diametro opportuno.

Grazie alle loro dimensioni contenute, i sistemi idroelettrici per reti idriche possono essere installati all'interno di pozzetti di ispezione tradizionali in c.a., prefabbricati o gettati in opera, secondo lo schema riportato nel presente documento.

L'inserimento di apparecchiature di questo tipo, nel contesto delle reti idriche, passa necessariamente da un'analisi del massimo beneficio tecnico ottenibile, da un'analisi dei ricavi derivanti dalla produzione energetica annua ipotizzata e da una valutazione dei costi di realizzazione e manutenzione dell'intervento. Naturalmente, al fine di massimizzare l'efficienza del sistema, è indispensabile scegliere la 'macchina' giusta rispetto alle condizioni idrauliche al contorno, come già detto, anche attraverso opportuna modellazione idraulica del sistema idrico.

A tal proposito, all'interno del presente documento, vengono forniti utili criteri di dimensionamento ed opportune modalità costruttive, con particolare riferimento ai materiali da impiegare nella realizzazione dei sistemi idroelettrici.

Soluzioni progettuali diverse da quelle indicate nel presente disciplinare dovranno essere motivate in modo dettagliato dal progettista e dovranno preliminarmente ottenere la formale condivisione degli Uffici AQP competenti (Tecnologia dei Materiali, Energia).

## 2. PRESCRIZIONI PROGETTUALI DI BASE

### 2.1. Premessa

La realizzazione di impianti idroelettrici nelle reti idriche offre la vantaggiosa possibilità di trarre benefici sia in termini di esercizio della rete stessa, tramite monitoraggio continuo e regolazione efficace dei parametri idraulici, sia in termini di ammortamento del consumo energetico delle apparecchiature idrauliche installate nella distribuzione. Infatti, l'energia prodotta da tali sistemi potrebbe consentire, laddove possibile, un possibile bilanciamento con l'energia assorbita, ad esempio, dai sollevamenti (idrici e/o fognari) o dalle postazioni di misura e regolazione delle reti idriche.

Tale impiego, tuttavia, deve essere fatto tenendo conto di molteplici fattori progettuali di cui, a seguire, si riportano i principi cardine, fondamentali per l'ottimale realizzazione e mantenimento nel tempo delle caratteristiche previste.

### 2.2. Nozioni generali sui sistemi idroelettrici e sulla politica di recupero energetico in AQP

L'idroelettrico, quale fonte di energia pulita e rinnovabile senza produzione di sottoprodotti inquinanti, è un sistema produttivo sostenibile e programmabile che sfrutta idonee condizioni di funzionamento di opere idrauliche convogliando ed indirizzando efficacemente l'acqua disponibile all'interno di appositi macchinari elettrici, opportunamente disposti.

La produzione di energia elettrica, a partire dal flusso idrico, avviene attraverso la movimentazione di turbine ad opera di una massa d'acqua che le investe durante il suo percorso di spinta da punti a piezometriche maggiori verso punti a piezometriche inferiori.

In termini fisici, l'energia potenziale in condotta idrica, data dal binomio tra quote e pressioni, viene trasformata, durante l'esercizio, in energia cinetica dando luogo al flusso idrico condizionato che, nel contesto acquedottistico, risulta necessario alla distribuzione dell'acqua all'utenza. Laddove questa energia potenziale risultasse eccessiva rispetto alle condizioni ottimali per l'esercizio, questa potrebbe essere recuperata sotto forma di energia elettrica, generata mediante l'azionamento di turbine da parte del medesimo flusso.

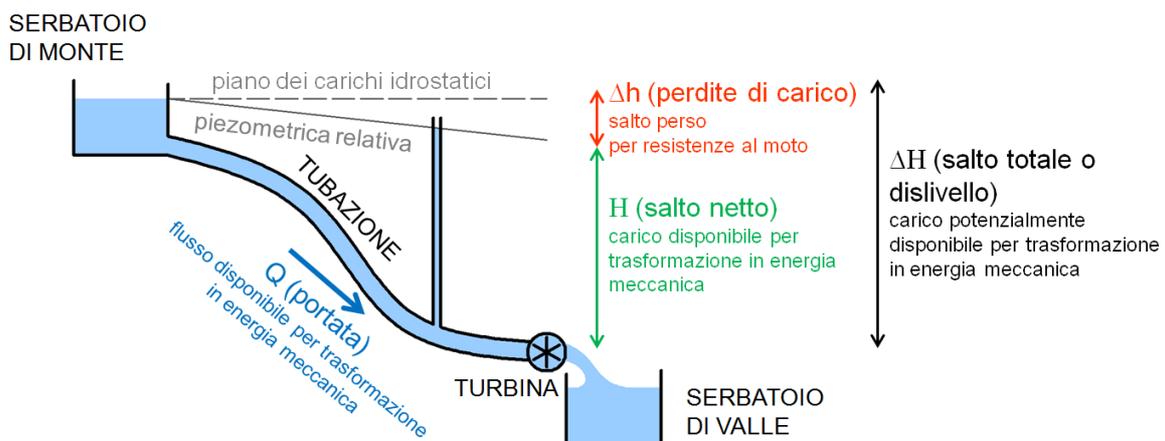


Figura 1 - Schema di funzionamento idraulico di un impianto idroelettrico per acquedotto (PM - Stralcio Acquedotti Montani)

Tale processo, oltre alla trasformazione dell'energia cinetica, produce anche dissipazione di energia potenziale, non trascurabile nella progettazione del sistema di regolazione della rete di distribuzione.

Paragonando l'effetto di riduzione dell'energia potenziale tra sistemi a turbina e semplici valvole di regolazione, per effetto dell'introduzione di perdite di carico idraulico localizzate, possiamo ottenere un medesimo risultato prestazionale per la gestione della rete, mediante l'introduzione di opportuni schemi idraulici di regolazione, con il vantaggio, nel caso dell'uso di sistemi idroelettrici, di produzione energetica.

**In Acquedotto Pugliese, nello specifico, è rivolta particolare attenzione al recupero energetico sostenibile, tanto è vero che, nell'ultimo triennio (2017-2019), è stata raddoppiata la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e sono state risparmiate circa 44 mila tonnellate di CO<sub>2</sub> (pari al 7% delle emissioni complessive legate al consumo di energia elettrica).**



<b>PRODUZIONE DI ENERGIA</b>	<b>U.M.</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Totale energia elettrica prodotta	GWh	5,1	6,04	7,20
Quota di energia prodotta da fonti rinnovabili	%	100	100	100
Energia prodotta da idroelettrico	GWh	3,53	4,32	5,05
Energia prodotta da fotovoltaico	GWh	1,57	1,63	1,67
Energia prodotta da cogenerazione	GWh		0,09	0,54
Volumi di energia elettrica venduta	GWh	3,61	4,32	5,10
Energia prodotta su vendita	%	1,41	1,39	1,41
Energia prodotta su consumata	%	0,97	1,13	1,32

Figura 2 - Recupero energetico da fonti rinnovabili negli impianti AQP - Triennio 2017-2019

Relativamente al recupero energetico nel campo idraulico, Acquedotto Pugliese, attualmente, ha già attive sei centrali idroelettriche, a cui, nei prossimi anni, se ne aggiungeranno altre quattro, ora in fase di progettazione.

In base alla massima produzione energetica, gli impianti idroelettrici vengono generalmente classificati in *micro-impianti* (fino a 100 kW), *mini-impianti* (fino a 1 MW), *piccoli impianti* (fino a 10 MW) e *grandi impianti* (oltre 10 MW).

Nel solo anno 2020, Acquedotto Pugliese, tramite le sue centrali idroelettriche, di tipologia Mini-Hydro, ha recuperato oltre 5'000'000,00 kWh.

Con le tecnologie oggi a disposizione, è possibile implementare tale recupero energetico, laddove ne sussistano le condizioni ideali, anche nell'ambito delle reti idriche.

I sistemi idroelettrici impiegabili in reti di acquedotto sono definiti come impianti “*ad acqua fluente*”, ossia con flusso idrico regolato all'interno di condotte collegate alla turbina, e, generalmente, del tipo appartenente alla categoria dei *micro-impianti*, o, talvolta ed in particolari condizioni, del tipo *mini-impianto*.

L'elemento cardine del funzionamento di un sistema idroelettrico è la *Turbina*. *Alter ego* delle pompe, la turbina è un dispositivo meccanico capace di trasformare la rotazione di una girante, prodotta ad opera della corrente idrica investitrice, in energia elettrica tramite il collegamento all'alternatore.

Le principali componenti delle turbine, dunque, sono:

- Il corpo fisso della turbina. Il suo ruolo è quello di incanalare efficacemente il flusso d'acqua verso gli organi mobili della macchina;
- La girante. Rappresenta la parte mobile della turbina, dotata di pale, la cui rotazione produce la successiva generazione di corrente elettrica.

A seconda della modalità con cui viene sfruttata la rotazione della girante, al fine di creare energia elettrica, si distinguono:

- *turbine ad azione*: sono turbine il cui funzionamento prevede che l'acqua sia indirizzata verso la zona periferica delle pale della girante, trasformando totalmente l'energia potenziale dell'acqua in energia cinetica;
- *turbine a reazione*: sono turbine il cui funzionamento prevede l'azionamento della girante per effetto dell'investitura da parte del flusso idrico che, restando confinato in condotta anche dopo il passaggio in turbina, consente il mantenimento del carico piezometrico a valle, decurtato della perdita di carico localizzata dovuta all'apparato meccanico.

Prevedendo l'impiego di turbine nel contesto delle reti acquedottistiche, in cui è necessario garantire il mantenimento di pressione residua nelle condotte di valle, è necessario optare per l'adozione di turbine a reazione.

La scelta della tipologia di turbina da adottare può essere effettuata attraverso la valutazione dei seguenti parametri:

- il carico idraulico disponibile ( $H$ , [m]);
- la portata idrica disponibile ( $Q$ , [ $m^3/s$ ]);
- la velocità di rotazione della turbina ( $n$ , [giri/min]), utile a stabilire l'accoppiamento con il generatore elettrico;
- il rendimento della turbina ( $\eta$ , [%]), necessario a stabilire l'efficienza della trasformazione energetica.

Generalmente, le turbine ad azione vengono impiegate con grandi carichi e basse portate. Viceversa, turbine a reazione sfruttano piccoli carichi e grandi portate.

Fanno parte delle turbine ad azione i modelli Pelton e Banki. Sono invece turbine a reazione quelle tipo Francis e Kaplan.

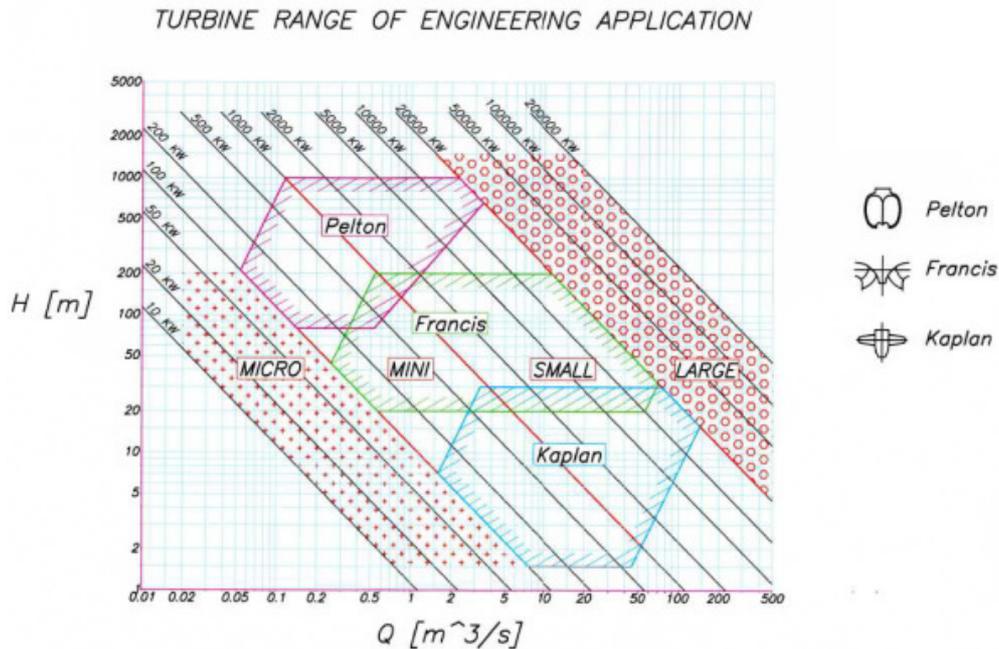


Figura 3 - Campi d'impiego delle diverse tipologie di turbine in base ai parametri idraulici di progetto (Magri - Piccole turbine idrauliche in Italia)

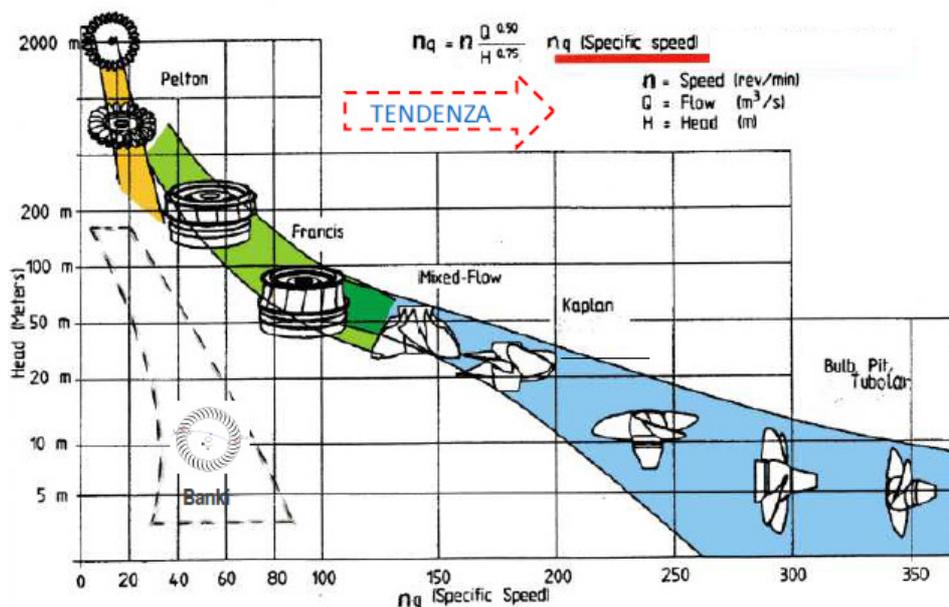


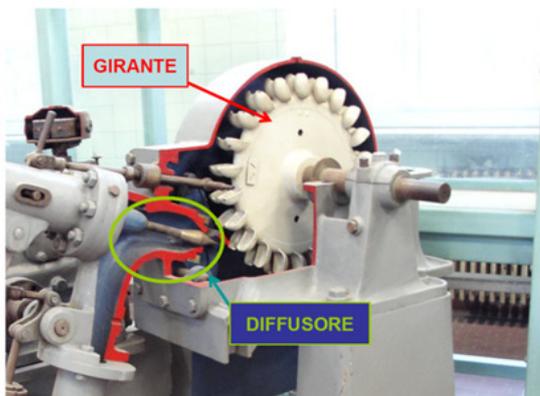
Figura 4 – Velocità specifica di rotazione, per i diversi tipi di turbine, in relazione al carico disponibile (Magri – Piccole turbine idrauliche in Italia)

Si riportano di seguito, brevemente, le loro caratteristiche peculiari:

- **Turbine Pelton:** sono turbine ad azione costituite da uno o più ugelli che indirizzano l'acqua, a pressione atmosferica ed alta velocità, verso le pale, simmetriche a doppio cucchiaio, di una girante di notevole diametro, ad asse orizzontale o verticale, in direzione centrale. Questo tipo di turbina è impiegata con notevoli carichi piezometrici e portate limitate;

- *Turbine Banki*: sono turbine ad azione costante in cui l'acqua attraversa un unico distributore, di grandi dimensioni, dotato di pale, costituente la girante cava, con elevato sviluppo longitudinale lungo l'asse di rotazione. Vengono utilizzate con carichi piezometrici limitati e notevoli variazioni di portate;
- *Turbine Francis*: sono turbine a reazione in cui l'acqua viene convogliata in un condotto a spirale ed indirizzata verso le pale di una girante cava con traiettoria centripeta. L'acqua, successivamente, esce centralmente in maniera solidale all'asse di rotazione. Generalmente queste turbine vengono usate con grandi portate e limitati carichi piezometrici;
- *Turbine Kaplan*: sono turbine con girante ad elica con pale regolabili per ottimizzare il rendimento rispetto alla variazione di portata. Simili alle turbine Francis, vengono impiegate per grandi portate e limitati carichi piezometrici.

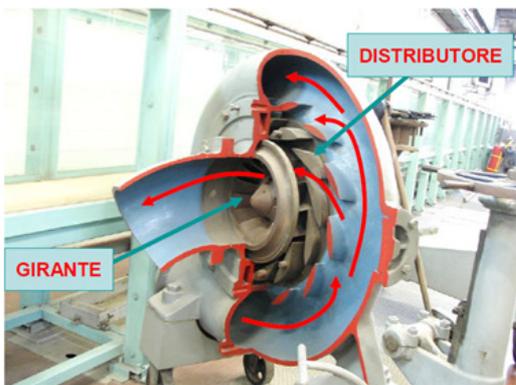
### PELTON



### BANKI



### FRANCIS



### KAPLAN

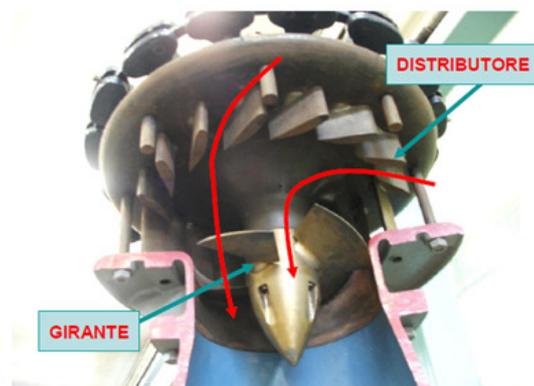


Figura 5 - Esempi delle diverse tipologie di turbine idroelettriche  
(PM - Stralcio Acquedotti Montani)

A parità di carico e portata, è opportuno scegliere la turbina che massimizza la velocità di rotazione e, quindi, il rendimento globale della macchina. Per rendimento della macchina, s'intende il rapporto tra l'energia meccanica di rotazione della turbina e l'energia cinetica posseduta dall'acqua in ingresso. Tale rapporto, inferiore all'unità, è indice di dissipazione energetica dovuta alla somma dei seguenti termini dissipativi:

- dissipazione idraulica, dovuta alla resistenza idraulica prodotta dalla turbina;
- dissipazione volumetrica, dovuta all'attraversamento degli organi di connessione;
- dissipazione meccanica, dovuta agli attriti dei componenti meccanici.

A seconda del tipo di turbina considerata, si hanno diversi valori di rendimento per i diversi valori di portata considerati.

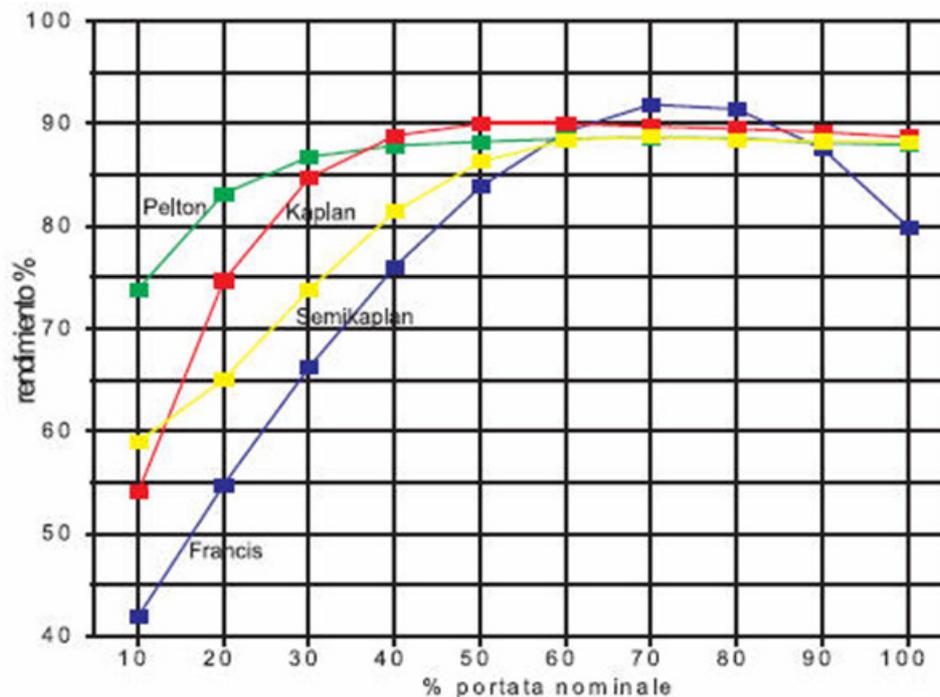


Figura 6 - Grafico delle curve di rendimento per tipologia di turbina al variare della portata (PM - Stralcio Acquedotti Montani)

Assieme al rendimento della turbina, influisce sulla quantità di elettricità prodotta anche il rendimento dell'alternatore in accoppiamento e delle apparecchiature di controllo.

Generalmente il progetto di una turbina viene fatto in maniera dedicata alla singola applicazione. La produzione delle apparecchiature è piuttosto artigianale poiché strettamente dipendente dal rendimento delle specifiche caratteristiche di salto e portata. Inoltre, il ridotto numero di applicazioni impedisce una vera e propria produzione in serie. Per tali motivi, i costi di fornitura delle turbine risultano spesso elevati ed antieconomici nelle applicazioni con basse potenze. Tuttavia, l'alta efficienza di queste macchine, bilancia, in genere a lungo termine, le spese di realizzazione d'impianto, salvo il verificarsi di eventuali blocchi dell'apparecchio con relativi notevoli costi e tempi di manutenzione.

Un sistema di recupero energetico nel campo delle reti idriche, alternativo all'uso di turbine, è rappresentato dall'installazione di Pompe Inverse o P.a.T. (Pump As Turbine).

Tali sistemi P.a.T. consistono nell'impiego di classiche pompe per il sollevamento idrico ma montate in senso inverso rispetto al loro normale utilizzo, facendo passare l'acqua in ingresso alla pompa dalla mandata. In questo modo si produce un'inversione del senso di rotazione della girante che, collegata al motore elettrico, lo fa funzionare da alternatore con conseguente produzione di corrente elettrica.

Tale installazione, come intuibile, produce una perdita di carico localizzata che, variando in relazione alla disponibilità del carico idraulico sfruttabile ed alla portata di esercizio, restituisce una curva caratteristica del tipo monotono crescente con concavità verso l'alto.

Tale curva caratteristica, coerentemente alla modalità di funzionamento prevista per le P.a.T., risulta sostanzialmente invertita rispetto a quella delle pompe di sollevamento.

Un aspetto non trascurabile, per la valutazione dell'inserimento delle P.a.T. come sistemi di recupero energetico, è che tale beneficio si ha esclusivamente se il dispositivo è collegato alla rete elettrica. In caso di blackout, la P.a.T., incapace di produrre corrente elettrica, tenderà ad accelerare fino a dissipare la potenza idraulica sotto forma di attrito.

La velocità di rotazione della girante, a differenza delle turbine, per le P.a.T. dipende esclusivamente dalla frequenza della rete e dal numero di poli dell'apparecchio, indipendentemente dalla potenza meccanica fornita e dalla potenza elettrica generata.

Dunque, le P.a.T., e quindi le loro curve caratteristiche, sono caratterizzate da un unico valore fissato di velocità di rotazione.

Tale aspetto incide sui rendimenti delle P.a.T., molto più bassi di quelli caratteristici delle turbine tradizionali, a parità di potenza nominale.

Con parametri idraulici diversi da quelli previsti per il dimensionamento in fase di progetto, il punto di funzionamento della P.a.T. si allontanerà dalla curva caratteristica determinando nuovi punti di funzionamento a rendimento inferiore.

La convenienza nell'installazione di P.a.T. rispetto alle Turbine risiede, dunque, nei costi legati alla fornitura ed all'installazione degli apparecchi. Infatti, le P.a.T. non sono altro che tradizionali pompe prodotte in serie e su larga scala di prestazioni. Sono caratterizzate da inferiori costi di manutenzione, dovuti all'ampia disponibilità dei pezzi di ricambio e tecnici specializzati.

Meccanicamente, le P.a.T. hanno funzionamento simile alle turbine Francis, ma caratterizzate da bassi rendimenti, impiegabili per basse portate e pressioni elevate.

Questo le rende ideali nell'impiego di reti idriche ma, come desumibile dal confronto con la curva del carico disponibile, poco adattabili alla variabilità dei parametri idraulici.

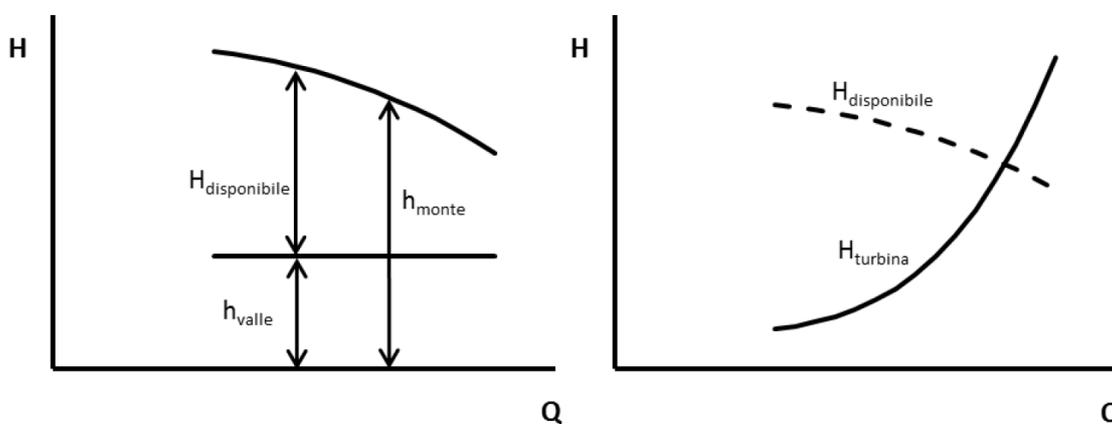


Figura 7 - Confronto tra curva d'impianto con regolazione (sinistra) e curva caratteristica di una PaT (destra)  
 (Fecarotta - Impiego di pompe come turbine)

Con carichi inferiori a quelli di progetto, le P.a.T. subiscono un crollo del rendimento fino a non produrre più energia elettrica, di fatto, con carichi inferiori al 40% rispetto al punto di funzionamento previsto.

Questa caratteristica rende le P.a.T. idonee all'installazione su condotte di acquedotto esterno dove si hanno valori di carico e portata più costanti. L'installazione sulle reti di distribuzione è tuttavia possibile prevedendo un opportuno schema idraulico che garantisca il funzionamento del sistema parallelamente all'esercizio delle condotte. Tale schema idraulico è dettagliatamente descritto nel rispettivo capitolo n.3 "Schema idraulico di montaggio".

All'atto pratico, si può ritenere che per la produzione di elettricità nelle reti idriche si utilizzano principalmente turbine Francis e pompe inverse. Questi due tipi di macchine idrauliche, infatti, sono particolarmente indicate per le condizioni tipiche che si ritrovano nelle reti idriche.

### **2.3. Criteri di dimensionamento**

Il primo aspetto da valutare nella progettazione di sistemi idroelettrici all'interno di una rete acquedottistica è l'identificazione dei parametri idraulici disponibili, ovvero regime pressorio e variabilità della portata transitante in condotta.

Individuati questi dati di progetto, dovrà affrontarsi opportunamente la scelta della tipologia di turbina da utilizzare valutandone il rendimento e la produzione di energia elettrica.

S'intuisce che il dimensionamento del sistema idroelettrico vien fuori da un'analisi preliminare che valuti contemporaneamente, da un lato, i benefici di regolazione nell'esercizio della rete e, dall'altro, i benefici di produzione energetica nel tempo.

La collocazione ottimale dell'impianto idroelettrico, indifferentemente dalla tipologia di apparecchio adottata, deve essere individuata considerando la distribuzione spazio-temporale dei parametri idraulici di rete.

Condizione necessaria, ma non sufficiente, alla realizzazione di un impianto idroelettrico, è che nella rete di distribuzione idrica sia individuabile almeno un distretto in cui il regime pressorio sia tale da generare un surplus di carico rispetto alle condizioni necessarie al corretto esercizio della rete. Tale situazione può essere valutata mediante analisi degli andamenti temporali dei parametri di pressioni misurate nella rete.

AmMESSO per ipotesi il verificarsi di tale condizione, è possibile abbinare all'idrovalvola del distretto un sistema idroelettrico (*Turbina o P.a.T.*) che, introducendo una perdita di carico paragonabile a quella altrimenti generata dalla chiusura dell'idrovalvola, andrebbe a recuperare una certa quantità di energia legata alle sue caratteristiche di funzionamento. Ciò comporterebbe l'ulteriore vantaggio di poter installare idrovalvole con prestazioni ridotte rispetto a quelle altrimenti necessarie nel caso tradizionale.

Partendo con l'analisi delle distribuzioni spazio-temporali di portata e pressione di rete, tramite modellazione idraulica, è possibile valutare, dunque, il posizionamento ottimale dell'impianto ed il tempo di funzionamento dell'apparecchio produttore di energia.

Si riporta di seguito un'immagine esemplificativa dell'analisi di variabilità, da modello idraulico, di un ipotetico sito di installazione di impianto idroelettrico in abbinamento ai classici sistemi dissipativi di pressioni eccedenti quelle necessarie all'esercizio.

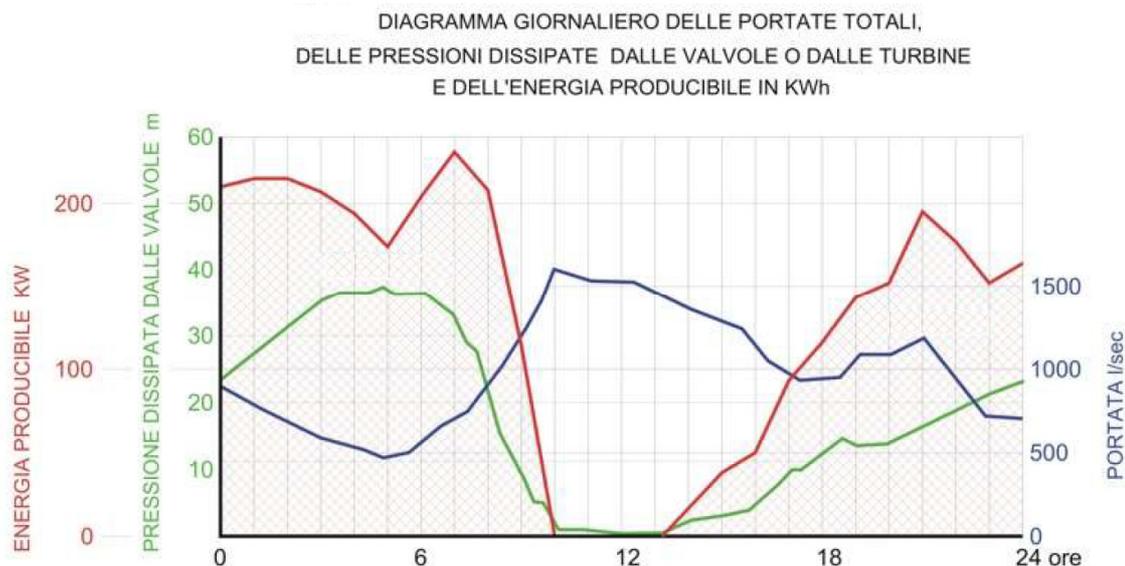


Figura 8 - Diagramma giornaliero esemplificativo dei consumi idrici urbani con effetto sul regime pressorio degli organi di regolazione e del sistema idroelettrico e relativo recupero energetico (Meneghin - Regolazione della pressione con produzione di energia elettrica)

Dal diagramma di esempio, è evidente che l'azione dell'idrovalvola, programmata per il mantenimento di una certa pressione d'uscita nel punto di controllo, produca una variabilità del carico idraulico dissipato (*curva verde*). Tale andamento, come noto, segue quello delle pressioni che, nel punto di maggior consumo (*picco della curva blu*) implica la totale apertura dell'organo di regolazione. È chiaro che, prevalendo la necessità d'esercizio sulla produzione energetica, il sistema idroelettrico sarà by-passato fintanto che non torneranno a presentarsi le condizioni di portata e pressione idonee al suo funzionamento (*curva rossa*).

L'aspetto interessante, oltre a quello della produzione energetica (*area sottesa dalla curva rossa*), è quello di considerare ragionevolmente contenuta la dissipazione delle pressioni ad opera dell'idrovalvola (*area sottesa dalla curva verde*) per effetto della perdita di carico prodotta dall'apparecchio idroelettrico. Senza quest'ultimo, la dissipazione delle pressioni sarebbe tale da richiedere la necessità di installare idrovalvole con prestazioni superiori.

Chiaramente, come detto in precedenza, sia le turbine che le P.a.T. sono macchine poco adattabili a forti variabilità temporali dei parametri di progetto (portata  $Q$  e carico idraulico  $H$  disponibile).

Per questo motivo, analizzati gli andamenti temporali di pressioni e portate, è possibile stabilire da progetto un valore medio di pressione, e rispettiva portata, eccedente rispetto a quella richiesta dall'esercizio, sfruttabile dal dispositivo idroelettrico in installazione.

Noti i valori di tali parametri, è possibile scegliere l'apparecchio più opportuno andando a sviluppare un'analisi delle potenze prodotte delle varie tipologie di macchine installabili ovvero l'energia elettrica prodotta nell'unità di tempo.

La potenza netta dell'impianto, quella cioè prodotta considerando l'insieme del rendimento della turbina e dell'alternatore, è data dalla seguente espressione:

$$P = \eta \cdot \gamma \cdot Q \cdot H$$

dove:

- $P$  [kW] – potenza ai morsetti dell’alternatore;
- $\eta$  – rendimento globale del gruppo turbina-alternatore;
- $\gamma$  – peso specifico dell’acqua (9,806 kN/m<sup>3</sup>);
- $Q$  [m<sup>3</sup>/s] – portata turbinata;
- $H$  [m] – carico utile (pressione dell’acqua) disponibile al distributore.

Imposto il valore di progetto di portata e carico utile, è possibile andare ad individuare l’apparecchio idoneo consultando le curve caratteristiche delle macchine idroelettriche, con relativa valutazione del rendimento e della potenza prodotta, secondo l’espressione sopra riportata.

Al fine di rendere più elastico ed adattabile il sistema di produzione elettrica, è possibile anche installare più apparecchi a turbina, di taglia ridotta, con disposizione in parallelo, facendoli funzionare a cascata man mano che variano le condizioni di esercizio, sotto la costante regolazione di idonee apparecchiature del caso. L’entrata in funzione a cascata di più apparecchi produce un abbattimento del carico utile a gradini mentre l’idrovalvola ha solo il compito di dissipare il residuo di pressione ancora in eccedenza rispetto al progetto.

Generalmente l’uso di più turbine in parallelo ha costi di fornitura pressoché equivalenti rispetto all’acquisto di una singola turbina con maggiori dimensioni ma questo offre il grande vantaggio di avere maggiore adattabilità alle variazioni temporali di carico e portata e, dunque, poter lavorare alla produzione di energia elettrica anche a regime ridotto (con portata e pressione inferiori al valor medio di progetto). Il maggior costo di realizzazione delle linee in parallelo, in termini di manufatti e apparecchiature idrauliche di connessione, è bilanciato in breve tempo dalla maggior produzione di energia elettrica.

Come apparso chiaramente, la scelta progettuale dell’apparecchio idroelettrico, nonché il suo dimensionamento e schema di installazione, dipendono fortemente da un’analisi dei costi legati a:

- realizzazione del sistema (turbina, by-pass, opere civili);
- esercizio dell’impianto (manutenzione annua).

In base alle soluzioni praticabili, si valuteranno, caso per caso:

- il rendimento annuale energetico (produzione di energia in base alla disponibilità idraulica di portata/pressione e tecnologia d’apparecchio installato);
- redditività della produzione energetica (costo di mercato dell’energia prodotta).

Dal confronto di questi parametri economici deriva la fattibilità dell’intervento in progetto nonché la scelta ed il dimensionamento ottimale dell’impianto idroelettrico per una rete acquedottistica.

## 2.4. Criteri costruttivi

Analizzati gli aspetti progettuali relativi alla scelta dei sistemi idroelettrici più adatti al caso, devono essere ben chiari e definiti i criteri di costruzione e realizzazione di tali impianti.

Acclarata la necessità di abbinare il sistema idroelettrico di nuova realizzazione ad un apparecchio di regolazione idraulica (*idrovalvola*), è possibile adoperare una o più linee parallele di funzionamento degli apparecchi.

Su ciascuna linea di flusso parallela dell’impianto idroelettrico P.a.T, ad esclusione del solo ramo di by-pass dell’impianto, deve essere predisposta una valvola di regolazione con specifico compito di

modulazione dei parametri idraulici del sistema affinché si operi sempre nelle condizioni ottimali di progetto.

Considerata la curva caratteristica di una condotta di rete, con andamento decrescente del carico disponibile (riportato nell'asse delle Ordinate) all'aumentare della portata in transito (riportata nell'asse delle Ascisse), e la curva caratteristica della P.a.T. dimensionata da progetto, con andamento ascensionale e concavità verso l'alto, lo scopo della regolazione delle valvole di regolazione è quello di ripristinare, col variare dei parametri idraulici legati all'esercizio della rete, il punto di funzionamento ottimale del sistema idroelettrico (*Punto A*) nell'arco temporale di variabilità considerato.

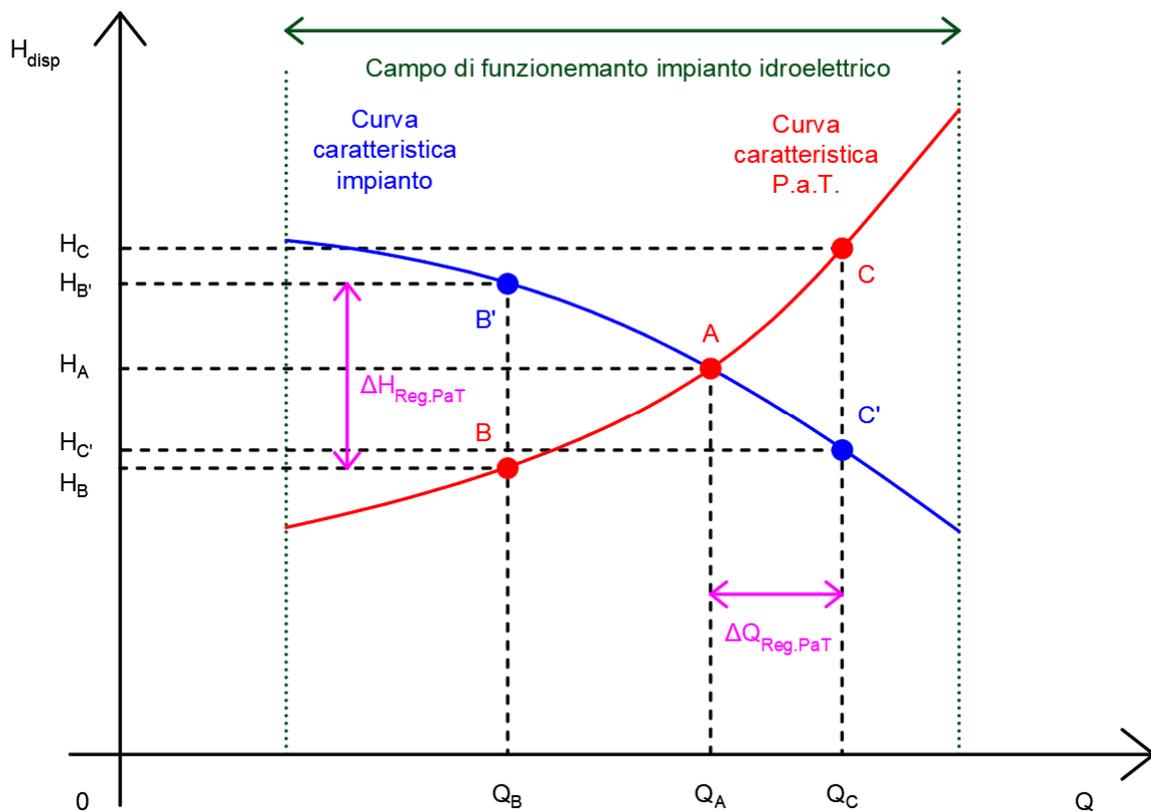


Figura 9 – Curve caratteristiche impianti idroelettrico e P.a.T. per la regolazione di sistema

Nelle condizioni ottimali (*Punto A*), tutta la portata transita attraverso la P.a.T. che, secondo progetto, dissipa autonomamente tutto l'eccesso di carico presente per l'esercizio.

Qualora la portata di esercizio si riducesse (ad esempio nelle ore di minimo consumo), spostandoci verso sinistra lungo l'asse delle ascisse, si verrebbe a determinare una condizione in cui la P.a.T. (*Punto B*), dato l'aumento della pressione in rete, non riuscirebbe a dissipare l'intero carico in eccesso rispetto all'esercizio per cui si aziona automaticamente la valvola di regolazione, posta a valle della stessa P.a.T., che, strozzandosi, dissipa tale eccedenza di carico.

Viceversa, se la portata di esercizio aumentasse (ad esempio nelle ore di massimo consumo), spostandoci verso destra lungo l'asse delle ascisse, si verrebbe a determinare una condizione in cui la P.a.T. (*Punto C*), data la riduzione della pressione in rete, dissiperebbe in maniera eccessiva il

carico disponibile. In tal caso si aziona automaticamente la valvola di regolazione sul ramo parallelo della P.a.T. che, aprendosi, consente un bilanciamento delle portate verso la rete facendo transitare attraverso la P.a.T. un valore di portata congruo a quello stabilito in progetto.

Come detto in precedenza, al verificarsi delle condizioni di pressione o di portata per cui il sistema idroelettrico non svolge correttamente la funzione per cui è dimensionato, il sistema di regolazione si attiverà affinché l'impianto idroelettrico sia temporaneamente isolato fino al ripresentarsi delle condizioni ottimali di funzionamento.

Nelle nuove realizzazioni di sistemi di misurazione e regolazione della rete con sistemi idroelettrici, a valle di valutazioni progettuali, è possibile realizzare un qualsiasi schema impiantistico purché sia prevista la corretta ed opportuna installazione di tutti gli elementi coinvolti per le operazioni di misurazione, regolazione e produzione elettrica.

Viceversa, per installazioni di apparati idroelettrici con schemi idraulici in derivazione da condotte esistenti e collegate a sistemi di regolazione della rete, è necessario valutare le modalità in cui le apparecchiature già predisposte funzioneranno ad interventi realizzati. Possono prevedersi eventuali modifiche funzionali agli elementi di misurazione e regolazione esistenti a patto che questi rimangano prestanti ed efficienti.

In ogni caso è indicato l'obbligo della realizzazione di un by-pass di emergenza, dotato di organi d'intercettazione, che possa consentire l'esercizio della rete, seppur in maniera irregolare, consentendo, al contempo, le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria delle macchine.

Le apparecchiature, laddove possibile, potranno essere inserite in camerette interrato realizzate in calcestruzzo armato, gettate in opera o prefabbricate, previa verifica degli spazi necessari.

Compatibilmente alle indicazioni del produttore delle turbine, i dispositivi idroelettrici possono essere montati con sviluppo verticale, piuttosto che orizzontale, al fine di ottimizzare gli ingombri.

Tutti i manufatti interrati di alloggiamento delle macchine, nonché quelli adibiti all'installazione di opere accessorie, devono essere agevolmente ispezionabili dal personale incaricato alla manutenzione e raggiungibili tramite aperture di idonee dimensioni opportunamente protette da chiusini stradali carrabili, come specificato nel capitolo 4.

L'inserimento di elementi prefabbricati in C.A., chiusini, tubazioni e quanto altro necessario alla realizzazione delle opere deve essere conforme a quanto indicato nei Disciplinari Tecnici AQP e nelle Linee Guida aziendali ultime aggiornate.

### **3. SCHEMA IDRAULICO DI MONTAGGIO**

Lo schema idraulico di montaggio deve prevedere l'idonea installazione di tutti i dispositivi necessari alla regolazione del flusso idrico ed al corretto inserimento dei dispositivi idroelettrici.

Prerogativa primaria del sistema è la garanzia del mantenimento dell'ottimale esercizio della rete.

Sia che l'intervento di realizzazione di stazioni idroelettriche in rete acquedottistica avvenga in concomitanza alla realizzazione di nuove postazioni di misura e regolazione dei parametri di rete, sia che tali sistemi a turbina vengano installati a monte di apparecchiature di misura e regolazione pre-esistenti, dovranno necessariamente essere realizzate le seguenti condizioni:

- Realizzazione di una o più tratte per installazione di una o più P.a.T., con relativi organi di misura, da porre in parallelo rispetto alla condotta adduttrice;

- Realizzazione di un ulteriore tratto in parallelo, chiuso mediante organi di intercettazione a monte e a valle, ad uso by-pass, in caso di manutenzione delle P.a.T.;
- Installazione di idonea idrovalvola sul tratto di condotta adduttrice interessato dai suddetti parallelismi; tale idrovalvola dovrà garantire al nodo di valle del sistema la stessa pressione imposta allo stesso nodo dal sistema di P.a.T.;
- Ove non già presente, realizzazione di postazione di misura e regolazione a valle del sistema ‘P.a.T.’ (sopra definito), che preveda l’installazione di idrovalvola che fissi la giusta pressione di rete, a valle.

Gli elementi di snodo, nonché tutte le apparecchiature elettriche ed idrauliche presenti, dovranno essere poste all’interno di appositi manufatti ispezionabili in c.a., prefabbricati o gettati in opera, garantendo sempre opportuni spazi di manovra, secondo le indicazioni del fornitore.

Si riporta di seguito lo schema idraulico di montaggio adottato per l’installazione di una singola apparecchiatura idroelettrica a monte della rete di distribuzione di valle.

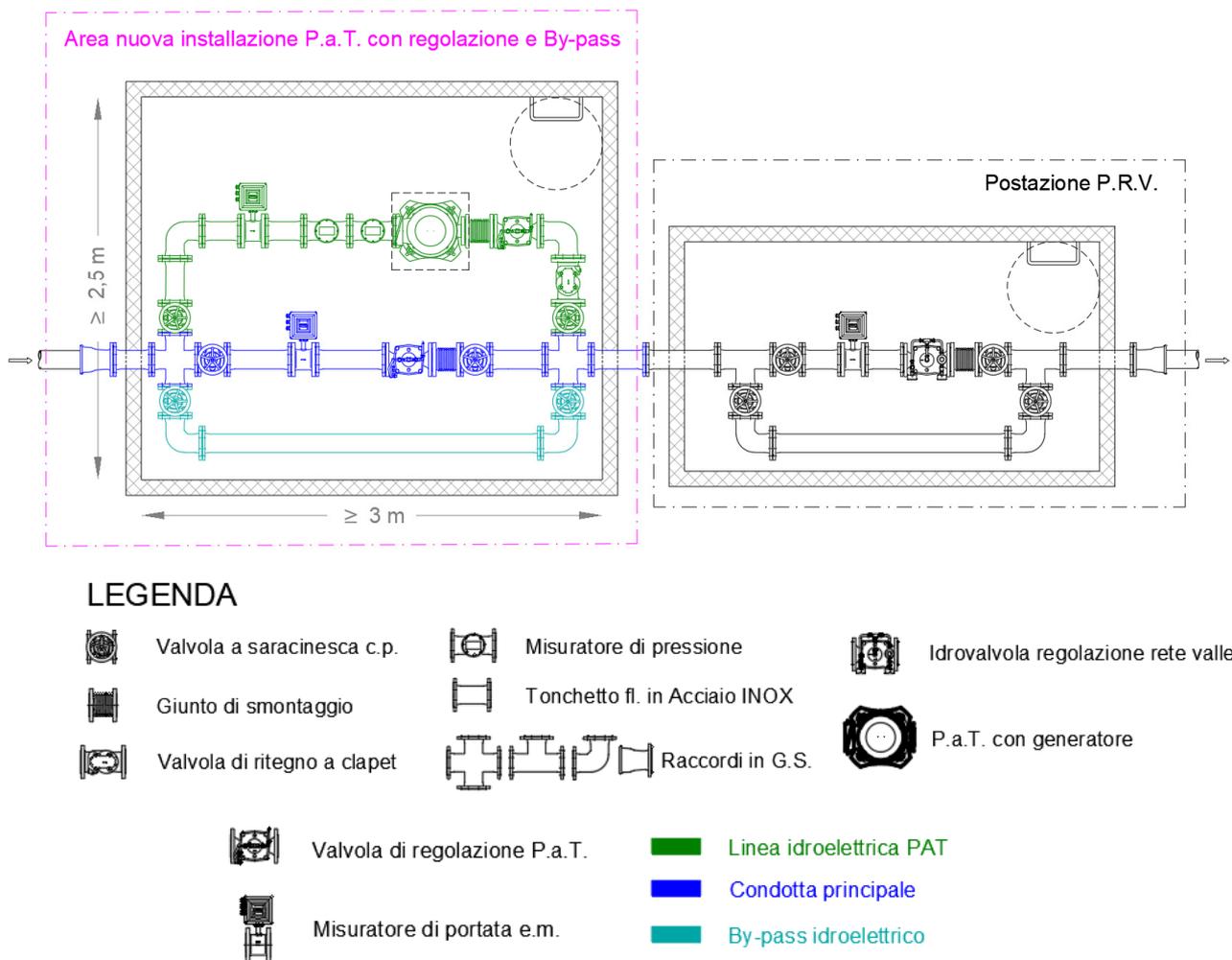


Figura 10 - Schema idraulico di montaggio per sistema idroelettrico a singola turbina P.a.T.

Nello schema idraulico di montaggio con **singola turbina**, al fine di assicurare l'efficiente funzionamento degli organi di regolazione inseriti, questa deve essere preceduta da una **coppia di misuratori di pressione, funzionanti in modalità Master/Slave, con relativo controllo di congruenza tra i due valori registrati da parte del PLC della turbina**.

Analogamente allo schema precedente, in linea con quanto affermato in precedenza, si riporta di seguito lo schema idraulico per il montaggio in parallelo di più apparecchiature idroelettriche a monte della rete di distribuzione acquedottistica.

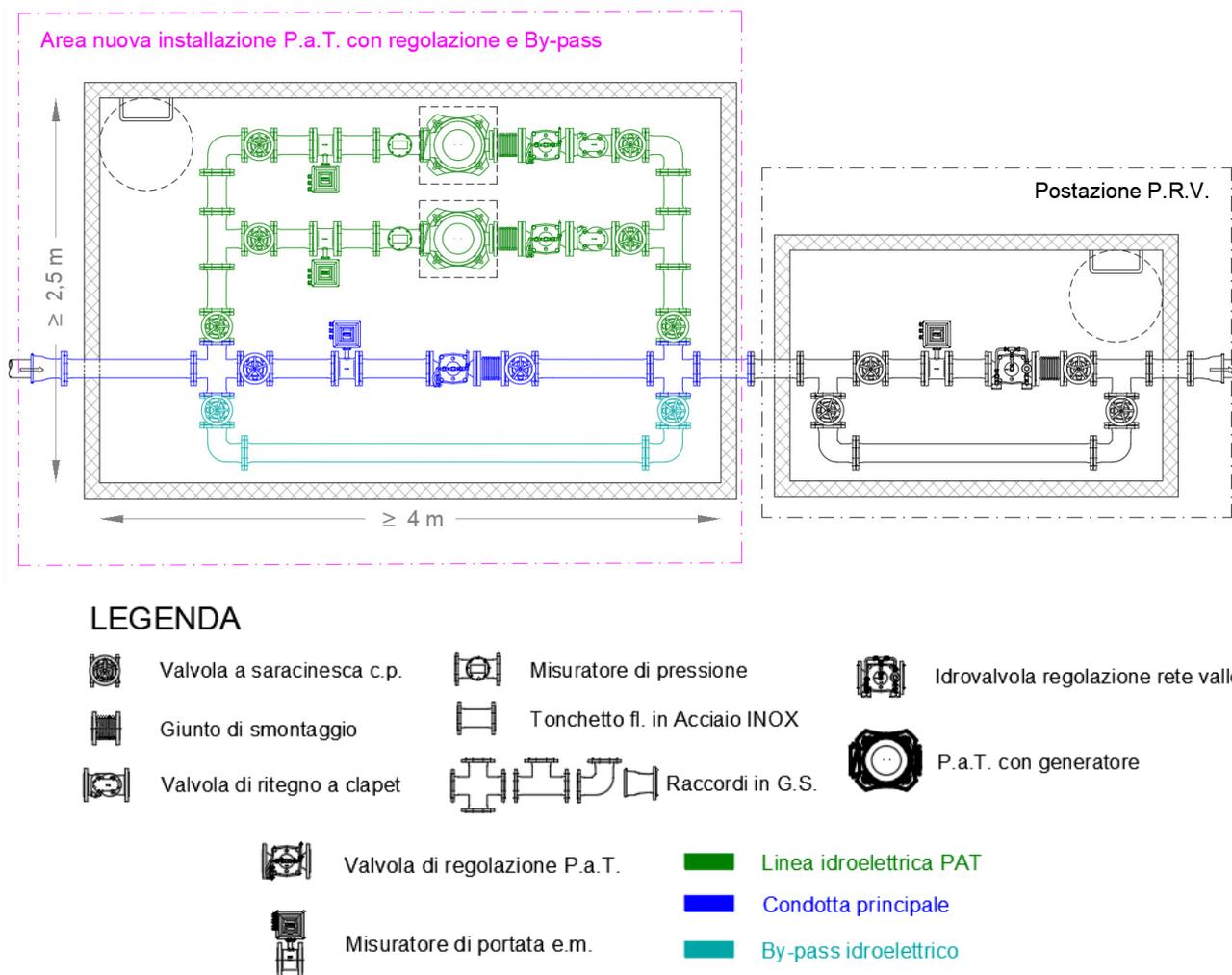


Figura 11 - Schema idraulico di montaggio per sistema idroelettrico a più turbine P.a.T. in parallelo

L'accorgimento del doppio misuratore di pressione con funzionamento master/slave non è necessario, invece, nello schema di montaggio con **più turbine in parallelo** poiché la condizione di ridondanza, necessaria al controllo di congruenza da parte del PLC, viene ugualmente realizzata inserendo un **singolo misuratore di pressione per linea idroelettrica**.

## **4. SISTEMI A TURBINA, APPARECCHIATURE IDRAULICHE, PIPING**

### **4.1. Premessa**

I componenti idraulici utilizzati per la realizzazione delle postazioni descritte ai punti precedenti sono i seguenti:

- turbine idroelettriche / P.a.T.;
- idrovalvole;
- valvole a saracinesca;
- valvole di ritegno;
- manometri;
- misuratori di portata;
- tubi di ghisa sferoidale;
- raccordi di ghisa sferoidale (pezzi a T, curve, tazze, imbrocchi; giunti di smontaggio, ecc.);
- raccordi di ghisa malleabile filettati.

Nel seguito, per ognuno dei succitati componenti idraulici, vengono indicate le principali prescrizioni tecniche di fornitura, in conformità con la normativa tecnica vigente e con gli *standard* di Acquedotto Pugliese (Manuale Tecnico sui Materiali; Disciplinari Tecnici; Linee Guida).

### **4.2. Turbine idroelettriche / P.a.T.**

Tutti gli impianti idroelettrici, per norma tecnica, devono essere realizzati nel modo meno oneroso possibile, compatibilmente con le esigenze di sicurezza del funzionamento ed affidabilità.

Le turbine dovranno essere conformi alla normativa sui processi e sui materiali utilizzabili a contatto con acqua destinata al consumo umano, regolamentata in Europa dalla direttiva europea 98/83/CE ed in Italia dal DM 174/2004, con certificato di ente terzo.

La turbina, resistente alla pressione nominale minima di PN 16, deve essere garantita dal fornitore esente da difetti di fabbricazione per un periodo di 24 mesi dalla data di collaudo dell'impianto.

L'impianto idroelettrico deve essere costituito da una o più turbine di piccola taglia con una potenza unitaria non inferiore a 10 kW e con una potenza complessiva installata non superiore a 200 kW.

La quantità di energia elettrica producibile deve tener conto:

- della curva di rendimento complessivo d'ogni singolo gruppo (turbina, moltiplicatore di giri e generatore) al netto delle perdite di carico dei sistemi idraulici d'adduzione e di restituzione;
- del carico idraulico disponibile;
- della portata disponibile.

Ogni singolo gruppo deve essere composto da turbina e generatore.

La turbina in particolare deve essere costituita dai seguenti sottosistemi assemblati: girante, organi di regolazione idraulica (ad eccezione delle P.a.T.) con i relativi sistemi d'attuazione e controllo, organi d'intercettazione idraulica a sicurezza intrinseca, trasduttori per il controllo delle principali grandezze, tronchetti d'adduzione e scarico, cassa e telai di fissaggio alle fondazioni.

I generatori potranno essere sincroni, con sistemi d'eccitazione a controllo elettronico, asincroni, con condensatori di rifasamento, a magneti permanenti oppure a corrente continua. In quest'ultimo caso il generatore sarà provvisto di inverter AC/DC/AC, con circuito intermedio in corrente

continua per disaccoppiare i valori di tensione e di frequenza a monte e a valle, permettere un controllo della turbina a frequenza variabile al fine d'ottimizzare il rendimento della turbina al variare della portata disponibile.

Un impianto idroelettrico costituito da più gruppi idroelettrici deve avere un unico punto di connessione.

Per evitare danni in caso di stacco di carico, ogni gruppo idroelettrico deve essere garantito per funzionare almeno un'ora alla velocità di fuga, pur essendo provvisto di dispositivi contro la sopravvelocità a sicurezza intrinseca (movimentazione in chiusura a gravità o mediante molle).

Tutte le operazioni di manutenzione e riparazione delle turbine devono essere garantite dal sezionamento idraulico dell'intero sistema idroelettrico tramite l'attivazione di apposito by-pass.

Il corpo turbina, la girante ed il supporto devono essere generalmente in ghisa. L'albero turbina deve essere in acciaio inossidabile AISI 431.

Le tenute meccaniche devono essere di tipo normalizzato dotate di adeguato sistema di raffreddamento e di isolamento nonché facilmente ispezionabili.

I lubrificanti utilizzati dal costruttore della turbina, nonché quelli utilizzati durante le successive attività di manutenzione specifiche, devono essere idonei per applicazioni dove è possibile il contatto accidentale con sostanze alimentari, secondo la normativa vigente.

### **4.3. Idrovalvole**

Le idrovalvole devono essere utilizzate per la modulazione e stabilizzazione della pressione di valle, indipendentemente dalle variazioni di pressione di monte o dalle richieste di portata.

Possono essere usate anche nel caso sia necessario sostenere la pressione a monte di una data sezione della rete.

Le idrovalvole devono essere conformi a quanto previsto dalle norme UNI EN 1074-1 e UNI EN 1074-5 che indicano le caratteristiche tecniche generali, le marcature e le prove in fabbrica relative alle valvole in generale (parte 1a) ed alle valvole di regolazione in particolare (parte 5a).

La regolazione avviene mediante uno o più "piloti" di controllo, a seconda delle esigenze di esercizio, ossia a seconda del numero e del tipo di regolazioni necessarie.

Il funzionamento è totalmente idraulico ed automatico, salvo casi particolari (più di 2-3 regolazioni), nei quali può essere conveniente, ai fini dell'efficacia delle regolazioni, prevedere l'assistenza di dispositivi elettrici o elettronici.

Le idrovalvole devono possedere le seguenti caratteristiche tecniche generali:

- corpo e coperchio realizzati in ghisa sferoidale, almeno del tipo EN GJS 400-15 secondo la norma UNI EN 1563;
- albero o stelo acciaio inossidabile, almeno AISI 303;
- sede in acciaio inossidabile austenitico AISI 316 o in bronzo secondo la norma UNI EN 1982;
- disco otturatore in acciaio inossidabile AISI 316;
- tenuta dell'albero e dell'otturatore garantita da guarnizioni elastomeriche in EPDM o NBR atossico o altro materiale equivalente compatibile con l'uso potabile;
- molla dell'otturatore in acciaio inossidabile AISI 302 o equivalente;
- membrana in EPDM, NBR atossico o altro materiale equivalente compatibile con l'uso potabile;

- corpo del dispositivo di regolazione o “circuiti pilota in acciaio inossidabile almeno AISI 304;
- rivestimento protettivo in resina epossidica di spessore minimo pari a 250 micron;
- flange conformi alla norma UNI EN 1092-2;
- circuiteria in acciaio inossidabile, con filtro ad alta capacità, con diametri di passaggio non inferiori a 3/8”. Per valvole aventi diametri superiori a 250 mm il passaggio sarà 1/2”. Valvole a sfera, valvole a spillo, filtrini, ecc. vanno forniti separatamente e non saranno mai conglobati in un unico elemento, in modo da facilitare e semplificare eventuali operazioni di manutenzione. La circuiteria deve essere realizzata in modo da consentire la manutenzione della stessa senza interrompere il flusso e bloccare la valvola nella sua ultima posizione (aperta, chiusa od in regolazione);
- sezioni di passaggio pari al diametro della valvola (valvola a passaggio totale);
- pressione nominale: almeno PN 10.

Tutte le necessarie operazioni di manutenzione e riparazione devono essere possibili senza rimuovere il corpo dalla linea, ma semplicemente estraendo verticalmente l’otturatore.

Le idrovalvole devono essere munite di due manometri. Ogni manometro deve essere corredato di valvola porta-manometro per la verifica della pressione e la messa a riposo. I manometri devono essere posti in prossimità delle flange.

A monte di ogni idrovalvola è sempre opportuno collocare un idoneo filtro a Y in ghisa sferoidale.

Per le attività di memorizzazione e trasmissione dei dati di misura in remoto e le attività di controllo e regolazione da remoto, devono essere previste idonee unità RTU e PLC (ved. paragrafo 2.8 del presente documento), settate in modo tale da poter comunicare con il sistema informativo centrale di supervisione e telecontrollo di AQP S.p.A.

#### **4.4. Valvole a saracinesca**

Le valvole a saracinesca utilizzate per consentire l’isolamento del sistema idroelettrico e l’apertura del *by-pass*, in caso di manutenzione, devono essere in tutto conformi alle norme UNI EN 1074-1/2, alla Tabella A40 del Manuale Tecnico AQP sui Materiali e al “Disciplinare Tecnico di fornitura e posa in opera di saracinesche” di Acquedotto Pugliese.

In particolare, le saracinesche devono avere le seguenti caratteristiche:

- verso di chiusura “destrorso”;
- corpo ovale (standard) oppure piatto (in caso sia necessario ottimizzare gli spazi);
- corpo e coperchio in ghisa sferoidale almeno del tipo EN GJS 400-15 secondo la norma UNI EN 1563;
- albero di manovra in acciaio inossidabile martensitico;
- cuneo metallico con gomma EPDM vulcanizzata su esso;
- guarnizioni in EPDM, conformi alla norma UNI EN 681-1
- flange conformi alla norma UNI EN 1092-2;
- viteria in acciaio inossidabile austenitico del tipo A2/A4 secondo ASTM A240;
- rivestimenti, interni ed esterni, delle parti in ghisa mediante strato di vernice epossidica, avente spessore minimo pari a 250 micron e conforme alle prescrizioni della norma DIN 30677-2;
- volantino di manovra in ghisa o acciaio, rivestito con vernice protettiva a base epossidica;
- pressione nominale: almeno PN 16.

#### 4.5. Valvole di ritegno

Le valvole di ritegno, da predisporre in linea ai tronchi di installazione delle P.a.T. con la funzione di evitare qualsiasi funzionamento idraulico diverso da quello desiderato in progetto, devono essere del tipo a *clapet* ed in tutto conformi alla norma UNI EN 1074 nonché al “Disciplinare per la fornitura e posa in opera di valvole di ritegno” AQP ed alla Tabella A 48 del Manuale Tecnico AQP sui Materiali.

La valvola di non ritorno deve avere queste caratteristiche principali:

- corpo e coperchio di ghisa sferoidale almeno del tipo EN GJS 400-15 secondo UNI EN 1563;
- disco o otturatore in ghisa sferoidale, almeno del tipo EN GJS 400-15 secondo UNI EN 1563, oppure in acciaio, almeno del tipo S275JR secondo UNI EN 10025, rivestito in gomma EPDM, conforme alla norma UNI EN 681-1. È anche ammesso l’otturatore in acciaio inossidabile del tipo AISI 304 o 316L, secondo ASTM A240;
- braccio o leva in ghisa sferoidale, almeno del tipo EN GJS 400-15 secondo UNI EN 1563 o in acciaio inossidabile almeno AISI 304 secondo ASTM A240;
- spurgo e tappo dello spurgo in rame o in ottone, secondo la norma UNI EN 1982 oppure in acciaio inossidabile secondo la norma UNI EN 10088-1;
- viteria in acciaio inossidabile A2/A4 secondo ASTM A240.
- guarnizione tra corpo e coperchio in EPDM, conforme alla norma UNI EN 681-1;
- flange con dimensioni e foratura secondo la norma UNI EN 1092-2.
- rivestimenti, interni ed esterni, delle parti in ghisa mediante strato di vernice epossidica, avente spessore minimo pari a 250 micron e conforme alle prescrizioni della norma DIN 30677-2;
- pressione nominale: almeno PN10.

#### 4.6. Manometri

I manometri utilizzati nei sistemi idroelettrici devono essere conformi alle norme UNI EN 837-1/2/3 e al “Disciplinare Tecnico di fornitura e posa in opera di misuratori di pressione” di Acquedotto Pugliese.

I misuratori di pressione da utilizzare in campo acquedottistico devono possedere la Certificazione di conformità CE secondo la direttiva 2004/108/EC e la direttiva 2006/95/EC.

Per le applicazioni all’interno delle postazioni di monitoraggio e controllo, in associazione al sistema idroelettrico, devono essere utilizzati manometri elettronici con display digitale, a garanzia di maggior durabilità nel lungo termine, maggior precisione nella misura e maggior leggibilità da parte degli operatori.

In corrispondenza di ogni manometro elettronico, con apposita raccorderia a T e rubinetteria, andrà sempre collocato un manometro analogico ad olio con opportuno fondo scala per consentire all’operatore che opera sull’apparecchiatura di avere immediata informazione del valore della pressione in quel nodo.

Lo strumento di misura elettronico è costituito essenzialmente da:

- un trasduttore primario, che include il sensore e l’interfaccia;
- un trasduttore secondario, che include l’elettronica, la morsettiera e la custodia.

Il display può essere scelto integrato al trasduttore (lato elettronica) o in versione separata.

I misuratori di pressione devono avere le seguenti principali caratteristiche tecniche:

- sensore: principio idrostatico con cella di misura di tipo capacitivo, con compensazione attiva della temperatura ed insensibile alla formazione di condensa;
- custodia in acciaio inossidabile, completa di pressa cavi;
- attacco filettato da 1/2" in acciaio inossidabile o in ottone;
- display: LC illuminato con visualizzazione di unità di misura e del valore misurato, in versione compatta o separata a seconda delle esigenze;
- alimentazione/misura: 2 fili, 24Vdc, 4-20 mA;
- grado di accuratezza nominale: +/- 0,2% del fondo scala, con T.D. fino a 20:1, certificato da laboratorio terzo accreditati secondo la norma UNI EN ISO/IEC 17025;
- fondo scala: da scegliere opportunamente in funzione delle condizioni di esercizio della postazione;
- limiti di temperatura ambiente: -20°C e +60°C;
- grado di protezione IP67 oppure, ove necessario, IP68.

Per le attività di memorizzazione e trasmissione dei dati di misura in remoto, deve essere prevista idonea unità RTU, settata in modo tale da poter comunicare con il sistema informativo centrale di supervisione e telecontrollo di AQP S.p.A.

#### **4.7. Misuratori di portata elettromagnetici**

I misuratori di portata elettromagnetici devono essere conformi alla norma UNI EN ISO 6817 e al "Disciplinare di fornitura e posa in opera di misuratori di portata elettromagnetici" redatto a cura di Acquedotto Pugliese.

Lo strumento di misura è costituito essenzialmente da:

- un sensore, costituito da tronchetto di misura flangiato entro cui scorre il liquido che viene misurato;
- un convertitore/trasduttore di portata, costituito dall'unità elettronica che amplifica e trasforma il segnale elettrico proveniente dal misuratore.

I misuratori di portata devono soddisfare i seguenti principali requisiti tecnici:

- sensore flangiato con flange in acciaio al carbonio secondo UNI EN 1092-1;
- tubo di misura in acciaio inossidabile AISI 304 secondo ASTM A240;
- rivestimento esterno di sensore e flange in polvere di poliestere o epossidica;
- Rivestimento interno in EPDM;
- sensori da DN50 a DN300 con coni di riduzione di un diametro integrati per ottimizzare le velocità e la precisione alle basse portate;
- display LCD con possibilità di visualizzare contemporaneamente la portata istantanea effettiva ed il flusso totale (diretto, inverso o netto);
- precisione migliore del +/- 0,4 % +/- 2 mm/s sul valore letto.
- temperatura del fluido -10°C / +70°C.
- temperatura ambiente con configurazione compatta del convertitore -20°C / +60°C;
- grado di protezione IP68.

Solo nel caso di installazioni in cui non sia disponibile la alimentazione elettrica, si deve prevedere l'installazione di un misuratore elettromagnetico alimentato a batteria.

Il misuratore di portata elettromagnetico deve essere tarato e certificato da laboratori terzi accreditati secondo la norma UNI EN ISO/IEC 17025.

Per le attività di memorizzazione e trasmissione dei dati di misura in remoto, deve essere prevista idonea unità RTU, settata in modo tale da poter comunicare con il sistema informativo centrale di supervisione e telecontrollo di AQP S.p.A.

#### **4.8. Tubi di ghisa sferoidale e di acciaio inossidabile**

I tubi o gli spezzoni di tubo di ghisa sferoidale da utilizzare per la realizzazione dei sistemi idroelettrici devono essere:

- rivestiti internamente con cemento d'altoforno ed esternamente con lega Zinco-Alluminio (Zn 80÷90% - Al 20÷10%);
- dotati di giunzioni elastiche conformi alla UNI EN 545, automatiche ex UNI 9163 o Tyton, con guarnizioni elastomeriche del tipo EPDM conformi alla norma UNI EN 681-1;
- conformi alla norma UNI EN 545, ai Disciplinari Tecnici AQP ed alla Tabella A1 del Manuale Tecnico AQP sui Materiali.

I tubi o gli spezzoni di tubo di acciaio inossidabile, da utilizzare per la realizzazione dei sistemi idroelettrici devono essere:

- in acciaio AISI 304 oppure AISI 316L (in ambienti aggressivi) secondo ASTM A240;
- dotati di estremità per giunzione per saldatura testa a testa;
- conformi alla norma UNI EN 10217-7, ai Disciplinari Tecnici AQP ed alla Tabella A70 del Manuale Tecnico AQP sui Materiali.

#### **4.9. Raccordi di ghisa sferoidale e di acciaio inossidabile**

I raccordi (o pezzi speciali) di ghisa sferoidale da utilizzare per la realizzazione dei sistemi idroelettrici devono essere:

- rivestiti internamente ed esternamente con vernice epossidica secondo UNI EN 14901;
- dotati di estremità per giunzioni elastiche (con contro-flange secondo ex UNI 9164) e/o flangiate (con flange secondo UNI EN 1092-2), con guarnizioni elastomeriche del tipo EPDM conformi a UNI EN 681-1;
- in tutto conformi alla norma UNI EN 545, ai Disciplinari Tecnici AQP ed alle Tabelle A2÷A27 (curve, tazze, imbocchi, manicotti, flange) e A54 (giunti di smontaggio) del Manuale Tecnico AQP sui Materiali.

I raccordi (o pezzi speciali) di acciaio inossidabile, da utilizzare per la realizzazione dei sistemi idroelettrici devono essere:

- realizzati in acciaio AISI 304 oppure AISI 316L (in ambienti aggressivi) secondo ASTM A240;
- dotati di estremità per giunzione per saldatura testa a testa;
- conformi alla norma UNI EN 10217-7, ai Disciplinari Tecnici AQP ed alla Tabella A70 del Manuale Tecnico AQP sui Materiali.

#### **4.10. Raccordi di ghisa malleabile**

Per i collegamenti tra elementi di piccola dimensione (ad esempio tra piatto forato e misuratore di pressione o valvolina di sfiato, devono essere utilizzati i raccordi (o pezzi speciali) di ghisa malleabile con estremità filettate.

I raccordi di ghisa malleabile devono essere rivestiti internamente ed esternamente mediante strato di zincatura applicata a caldo e devono essere conformi alla norma UNI EN 10242 ed alle Tabelle A61÷A65 (manicotti, nippli, riduzioni, curve) del Manuale Tecnico AQP sui Materiali.

### **5. OPERE D'ARTE**

#### **5.1. Premessa**

Le apparecchiature idroelettriche ed i dispositivi elettrici a loro connessi, nonché tutti i misuratori ed organi di regolazione previsti nello schema idraulico di montaggio, devono essere contenuti all'interno di appositi manufatti ispezionabili in c.a., prefabbricati o gettati in opera, aventi dimensioni interne tali da consentire agevolmente le manovre di installazione e manutenzione delle apparecchiature stesse.

Tali elementi, a seconda della tipologia prevista, devono essere conformi ai disciplinari aziendali di competenza nonché alla normativa vigente.

#### **5.2. Pozzetti d'ispezione**

Nel caso in cui le dimensioni del circuito idraulico lo permettano (P.a.T di piccole dimensioni), per l'alloggiamento delle apparecchiature, possono essere utilizzati uno o più pozzetti prefabbricati di pianta quadrata o rettangolare e con dimensioni interne compatibili con le apparecchiature in essi predisposte.

Nel caso di installazione di pozzetti d'ispezione prefabbricati, gli stessi devono essere conformi a quanto previsto dal disciplinare tecnico aziendale per la fornitura e la posa in opera di pozzetti prefabbricati in calcestruzzo armato a sezione quadrata o rettangolare.

Tali manufatti devono consentire l'ispezionabilità degli elementi tramite delle aperture circolari di diametro minimo pari a  $\varnothing$  600 mm, e comunque di dimensioni idonee a garantire il passaggio di apparecchiature in caso di manutenzione. Le aperture devono essere chiuse e coronate mediante idonee botole in acciaio zincato oppure chiusini in ghisa sferoidale della classe D400 conformi alla Tabella A110 del Manuale Tecnico Aziendale AQP

La discesa degli operatori all'interno dei pozzetti deve essere consentita dalla presenza di appositi scalini con rivestimento antiscivolo.

Le apparecchiature d'impianto devono essere installate alle quote di progetto e posizionate al di sopra di idonei supporti che consentano alla tubazione di non poggiare sul fondo.

#### **5.3. Camera di alloggiamento del sistema idroelettrico**

Laddove le dimensioni dei pozzetti d'ispezione prefabbricati non siano sufficienti al comodo alloggiamento dell'insieme di apparecchiature costituenti il sistema idroelettrico oppure qualora il

numero eccessivo di pozzetti prefabbricati ravvicinati possa rappresentare una obiettiva difficoltà per le operazioni di manutenzione delle apparecchiature, è necessario predisporre la realizzazione di camere di alloggiamento in c.a., di opportune dimensioni, gettate in opera (come da schemi idraulici indicati a pag. 16 e pag. 17 del presente documento).

Alla stregua di quanto previsto per i pozzetti d'ispezione, anche la camera di alloggiamento del sistema idroelettrico deve potersi ispezionare tramite delle aperture circolari, di diametro minimo pari a Ø 600 mm, e comunque di dimensioni idonee a garantire il passaggio di apparecchiature in caso di manutenzione. Le aperture devono essere chiuse e coronate mediante idonee botole in acciaio zincato oppure chiusini in ghisa sferoidale della classe D400 conformi alla Tabella A110 del Manuale Tecnico Aziendale AQP.

La discesa degli operatori all'interno dei pozzetti deve essere consentita dalla presenza di appositi scalini con rivestimento antisdrucciolo.

Le apparecchiature presenti all'interno dell'impianto devono essere installate alle quote di progetto e devono essere posizionate al di sopra di idonei supporti che consentano alla tubazione di non poggiare direttamente sul fondo.

Il vano di alloggiamento dell'impianto deve essere dotato di apparecchiature di tipo fisso o mobile che garantiscono il sollevamento e la movimentazione dei carichi durante le operazioni di manutenzione nonché di adeguato impianto di illuminazione di tipo ordinario e di emergenza.

Il fondo della camera deve essere dotata di opportuna pendenza e risega per favorire l'aggettamento di acque accumulate sulla platea.

## **6. SISTEMA DI BY-PASS DI EMERGENZA**

Considerati i precedenti elementi costruttivi previsti, al fine di realizzare le operazioni di manutenzione è necessario procedere all'isolamento del sistema idroelettrico, e relativi organi di regolazione, mediante l'attivazione di apposita condotta di *by-pass* predisposta.

Il *by-pass*, secondo gli schemi indicati nel presente documento, deve avere le seguenti caratteristiche:

- deve essere realizzato in materiale metallico (ghisa sferoidale, acciaio al carbonio, acciaio inossidabile, con caratteristiche previste dai disciplinari aziendali);
- dimensionato in modo opportuno (in base alla portata che si intende far transitare);
- dotata di organi di intercettazione (preferibilmente valvole a saracinesca di ghisa sferoidale), a monte e a valle.

## **7. IMPIANTO ELETTRICO**

### **7.1. Premessa**

L'architettura elettrica impiantistica di campo a servizio dei Sistemi Idroelettrici è costituita dai seguenti elementi:

- Quadro elettrico di distribuzione e Comando;
- Impianto di messa a terra;
- Cavi elettrici di potenza e segnale;

- Rifasamento.

Tutti gli interventi previsti sia di tipo impiantistico sia di tipo elettro-strumentale, si intendono inclusivi della realizzazione di tutte le nuove vie-cavi, sia a vista (all'interno di pozzetti), sia interrate (all'esterno delle opere d'arte), necessarie per collegare i quadri di telecontrollo ai vari dispositivi di segnalazione, misura e controllo ubicati nelle opere d'arte.

Le vie-cavi devono essere realizzate a perfetta regola d'arte; i percorsi e le tipologie di condutture adottati devono essere i più adeguati a seconda delle circostanze e, comunque, devono pienamente rispettare le norme tecniche e la regola d'arte.

Tra i cavi da utilizzare sono anche inclusi tutti i cavi di potenza e segnalazione necessari.

Per la protezione delle vie-cavi interrate deve essere prevista la realizzazione di appositi cavidotti interrati, posti a profondità adeguata, mediante utilizzo di tubi in polietilene corrugato, pieghevole, per cavidotti elettrici da interrare, aventi sezione minima  $\varnothing$  40 mm, doppia parete con passacavo.

Il nuovo quadro di distribuzione a servizio dei Sistemi Idroelettrici deve essere allacciato al contatore ENEL mediante cavidotto realizzato con tubazione in plastica di tipo pesante, avente diametro  $\varnothing$  80 mm, posato ad una profondità minima pari a 50 cm.

Ogni 20 m di cavidotto devono essere previsti pozzetti di ispezione in cls, carrabili, con dimensioni interne pari a 40 x 40 cm, dotati di chiusino 40 x 40 cm in ghisa sferoidale, di classe D400.

Con riferimento alla normativa tecnica CEI da rispettare, la configurazione impiantistica dovrà essere eseguita in conformità oltre che a tutte le normative CEI necessarie alla realizzazione delle opere secondo la regola dell'arte, anche secondo la Norma CEI 0-21:2019-04 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica" oppure secondo la Norma CEI 0-16:2019-04 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica" in caso di connessione MT.

Inoltre, in caso di impianti con Potenza installata superiore a 100 kW dovrà essere prevista una connessione elettrica in MT e dovrà essere realizzata una nuova cabina di consegna e trasformazione MT/BT, costruita sempre secondo le prescrizioni dell'Ente distributore e della sopra citata norma CEI 0-16, al cui interno dovranno essere disposti tutti gli apparecchi necessari per la trasformazione dell'energia in bassa tensione; in particolare, dovrà essere presente un trasformatore MT/BT, opportunamente dimensionato per poter alimentare tutti i carichi presenti.

I trasformatori dovranno essere costruiti secondo le principali normative di settore, in particolare secondo la norma CEI EN 60076. Inoltre, dovrà essere rispettata anche la cosiddetta "DIRETTIVA ECO DESIGN" e il successivo Regolamento europeo UE/548/2014, mirati ad implementare l'efficienza energetica negli apparecchi utilizzatori di energia elettrica.

## **7.2. Quadro elettrico di distribuzione e comando**

### Normativa da Rispettare

I quadri elettrici devono essere conformi alle CEI EN 61439-1 e 61439-2 dal titolo: "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)" Parte 1: Regole generali, Parte 2: Quadri di potenza.

### Caratteristiche costruttive

Le dimensioni progettuali dei Quadri devono tenere conto di vari elementi spesso tra loro collegati, quali ad esempio:

- dimensioni delle apparecchiature installate;
- numero di apparecchiature installate;
- presenza di sistemi barre di elevata intensità e sviluppo;
- eventuali riserve per futuri ampliamenti;
- spazi disponibili per l'installazione nell'impianto o a bordo macchina;
- le dimensioni esterne, che devono tenere conto delle problematiche di movimentazione e trasporto.

I Quadri di Distribuzione e comando dovranno avere grado di protezione minimo pari a IP55. Le carpenterie dei quadri dovranno essere realizzate in:

- Acciaio inossidabile AISI 304 o AISI 316L, con spessore minimo pari a 2 mm, per pose in ambienti aggressivi e/o all'esterno;
- Resina rinforzata con fibra di vetro, con spessore stabilito dal produttore, per pose in ambienti aggressivi e/o all'esterno senza esposizione al sole (previa autorizzazione della DL).

Ogni quadro inoltre dovrà avere spazio libero per almeno il 20% dell'ingombro complessivo a disposizione di altre apparecchiature o azionamenti. Nel caso di quadri MCC lo spazio libero deve essere conteggiato per l'equivalente del 20% sul numero totale di moduli costituenti il singolo quadro. Nel caso di quadri di distribuzione l'interruttore di arrivo linea e le barrature interne devono essere dimensionate nell'ottica del potenziamento.

### Caratteristiche azionamenti

Con riferimento alla quadristica di comando, devono essere attuati i seguenti accorgimenti progettuali e costruttivi:

- in condizioni ambientali di posa più gravose (tale condizione sarà concordata con la DL in fase dei lavori) i Quadri di avviamento devono contenere al loro interno componentistica elettronica adatta alle condizioni climatiche nel punto di installazione; tale condizione è soddisfatta anche utilizzando apparecchiature tropicalizzate;
- in presenza di Quadri di avviamento Inverter, devono essere forniti cavi opportunamente schermati nel tratto che collega il Quadro di Avviamento Inverter fino alle utenze al fine di evitare interferenze con eventuali sistemi di misura presenti (livello, portata).
- Si deve provvedere alla fornitura di quadri di Comando singoli per ogni singola utenza elettromeccanica in campo; in particolare, in presenza ad esempio di n.2 P.a.T./Turbine, i quadri di comando devono essere separati e indipendenti, al fine di garantire la ridondanza totale dal punto di vista elettrico.

### Certificazione del quadro secondo la normativa CEI EN 61439

Un quadro elettrico di potenza dovrà essere conforme alle norme CEI EN 61439-1/2. Per ogni quadro di potenza deve essere fornita una dichiarazione di conformità con la quale il costruttore dichiara di aver effettuato tutte le verifiche di progetto e individuali richieste dalla norma.

### Marchatura del quadro

La targa deve essere realizzata con scritte indelebili e situata in modo da essere visibile quando il quadro deve essere installato. Tali targhe devono riportare secondo, secondo la norma CEI EN 61439-1, almeno i seguenti dati:

- Marchatura CE;
- Norme di riferimento;
- Nome e marchio di fabbrica del costruttore;
- Numero di identificazione del quadro;
- Data di costruzione.

### Documentazione

Per l'accettazione in cantiere si deve anticipare al committente la seguente documentazione:

- DICO (Dichiarazione di Conformità) dell'impianto dove con riferimento alla quadristica installata saranno indicati: Modello, tipo o sigla, del quadro, Nome del costruttore (finale) del quadro;
- Copia della dichiarazione di conformità del quadro alla norma applicata;
- Fascicoli d'uso e manutenzione relativi ai dispositivi forniti con il quadro come quelli relativi a interruttori e sezionatori, eventuali apparecchi di ventilazione, schede elettroniche di regolazione e di processo, modalità di comando e protezione, ecc.;
- Verbale di collaudo; (rapporto di prova individuale);
- Disegni d'ingombro (dwg / pdf / cartaceo);
- Schema elettrico (dwg / pdf / cartaceo).

### **7.3. Impianto di messa a terra**

L'impianto di terra è definito dalla Norma CEI 64-8 come "l'insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) principali di terra e dei conduttori di protezione ed equipotenziali, destinato a realizzare la messa a terra di protezione e/o di funzionamento, e deve soddisfare esigenze sia di sicurezza sia funzionali".

La funzione dell'impianto di terra di sicurezza è triplice e consiste in:

- assicurare un percorso prestabilito per la corrente di guasto, in modo che i dispositivi di protezione possano rilevarla ed intervenire interrompendo l'alimentazione del circuito sede del guasto;
- limitare il valore delle tensioni di passo e di contatto a valori convenzionalmente non pericolosi;
- realizzare l'equipotenzialità di masse e masse estranee.

L'impianto di terra deve essere costituito dal dispersore o da parti metalliche in contatto con il terreno di efficacia pari a quella dei dispersori (per es. ferri di armatura di plinti o platee), dai conduttori di terra, dai collettori (o nodi) di terra, dai conduttori di protezione, dai collegamenti equipotenziali principali e dai collegamenti equipotenziali supplementari.

L'impianto di terra deve:

- avere una sufficiente resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- sopportare, da un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- evitare danni a componenti elettrici ed a beni;

- garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sull'impianto di terra per effetto dalle correnti di guasto a terra.

#### Impianto di Terra Sistemi TT

In caso di punto di prelievo e distribuzione elettrica interamente in Bassa tensione il modo di collegamento a terra degli impianti elettrici sarà del tipo TT: l'impianto di terra delle masse è separato da quello del neutro del Distributore di energia.

La resistenza di terra deve soddisfare la seguente relazione:

$$R_e \times I_{dn} \leq 50$$

dove:

- $R_e$  è la resistenza del dispersore, in *ohm*;
- $I_{dn}$  è la più elevata tra le correnti differenziali nominali d'intervento degli interruttori differenziali installati, in *ampere*. Se nell'impianto dovessero essere presenti due interruttori differenziali in serie, è preferibile che siano selettivi.

#### Impianto di Terra Sistemi TN

Nel caso di impianti di grossa potenza, in cui sia presente un punto di prelievo dall'Ente distributore in MT, si realizza un sistema elettrico di tipo TN.

L'impianto di terra è chiamato a disperdere la corrente di guasto a terra in media tensione.

Come si evince dalla norma CEI 99-3, un impianto di terra è ritenuto sicuro nei confronti di un guasto a terra in media tensione, se la tensione di contatto che si può stabilire in un punto qualsiasi interno o esterno dell'impianto di terra unico non supera la tensione di contatto ammissibile  $U_{Tp}$ .

In sede di verifica, la misura delle tensioni di contatto è complessa e si preferisce giudicare l'impianto di terra sulla base della resistenza di terra  $R_e$ .

Se la tensione totale di terra ( $U_e = R_e \times I_e$ ) è uguale o inferiore alla tensione di contatto ammissibile ( $U_e \leq U_{Tp}$ ), l'impianto di terra è sicuro, essendo  $U_t \leq U_e$ . Sostanzialmente è sufficiente che la resistenza di terra soddisfi la seguente relazione:

$$R_e \leq U_{Tp}/U_e$$

Per la determinazione dei parametri necessari al calcolo di cui sopra, si deve preventivamente richiedere all'Ente distributore le seguenti caratteristiche:

- Stato del neutro: isolato o collegato a terra con bobina risonante;
- Corrente di primo guasto a terra;
- Durata del primo guasto a terra.

Per tutte le altre informazioni in merito al dimensionamento e alle caratteristiche dell'impianto di terra si deve far riferimento, soprattutto, alle norme CEI 0-16, CEI 99-3.

### **7.4. Cavi elettrici di potenza e di segnale**

Le linee principali di distribuzione presenti nell'impianto devono essere realizzate con cavi resistenti alla fiamma ed a bassa emissione di gas tossici; devono, inoltre, essere previsti i requisiti previsti dalla Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR.

Per quanto attiene al dimensionamento dei cavi di distribuzione principale si deve fare in modo che la caduta di tensione non superi il 3% tra il Quadro Generale di Bassa Tensione e le utenze

dell'impianto. Il dimensionamento di dette linee deve essere rapportato al carico da alimentare (utenze singole di f.m.).

#### Cavi per energia - posa interni e cablaggi

Devono avere le seguenti caratteristiche:

- Cavi del tipo unipolare flessibile, conformi ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Regolamento UE 305/2011;
- Rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione CPR, di rame ricotto isolato con materiale isolante in PVC di qualità S17, conformi a CEI EN 50525, CEI 20-40;
- Sigla di designazione: FS17 450/750 V (adatti per luoghi Marci TIPO B, C);
- Colori Standard: giallo/verde, blu, marrone, nero, grigio;
- Tensione nominale  $U_0/U$ : 450/750 V;
- Temperatura massima di esercizio: 70°C;
- Temperatura minima di esercizio: -10°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche);
- Temperatura minima di posa: 5°C;
- Temperatura massima di corto circuito: 160°C;
- Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm<sup>2</sup>;
- Raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo.

Condizioni di Impiego: cavi per alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con obiettivo di limitare produzione e diffusione di fuoco e di fumo; per installazioni entro tubazioni in vista o incassate o sistemi chiusi similari; adatti per installazione fissa e protetta in apparecchi di illuminazione ed apparecchiature di interruzione e comando; per installazioni a rischio d'incendio la temperatura massima di esercizio non deve superare i 55°C (rif. CEI 20-40).

#### Cavi per energia-posa esterna

Devono avere le seguenti caratteristiche:

- Cavi del tipo unipolare/multipolare flessibile, conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Regolamento UE 305/2011;
- Rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR), di rame ricotto isolato con materiale isolante in gomma HEPR ad alto modulo di qualità G16, guaina in PVC di qualità R16, con rivestimento interno riempitivo di materiale non igroscopico, norme di riferimento CEI 20-13, CEI 20-67;
- Sigla di designazione: FG16R16 0,6/1 kV (adatti per luoghi Marci TIPO B, C);
- Colore anime secondo Normativa HD 308;
- Colore guaina Grigio.

Caratteristiche Tecniche:

- Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6/1 kV;
- Temperatura massima di esercizio: 90°C;
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche);
- Temperatura minima di posa: 0°C;
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C fino alla sezione 240 mm<sup>2</sup>, oltre 220°C;
- Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm<sup>2</sup>;
- Raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo.

Condizioni Di Impiego: cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo; per impiego all'interno in locali anche bagnati o all'esterno; adatti per pose fisse su murature e strutture metalliche in aria libera, in tubo o canaletta o sistemi similari; adatti anche per posa interrata (rif. CEI 20-67).

Nota - In caso di installazione in luoghi Marci tipo A devono essere impiegati i seguenti cavi: FG16OM16 0,6/1 kV.

#### Cavi per segnali e strumentazione di misura

Per quanto concerne segnali di misura e comandi analogici si provvederà all'utilizzo di cavi per segnalazioni isolati in HEPR, con qualità FG16, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi; flessibili e schermati, con treccia di fili di rame sotto guaina in PVC mod. FG16OH2R16.

Tali cavi devono essere conformi alle seguenti norme, Direttive e Regolamenti:

- CEI 20-13, IEC 60502-1;
- CEI UNEL 35318 (energia);
- CEI UNEL 35322 (segnalamento);
- Direttiva Bassa Tensione 2014/35/UE;
- Direttiva RoHS: 2011/65/UE;
- Regolamento 305/2011/UE;
- Ulteriori normativa CEI non menzionata ma attinente al prodotto.

In particolare, i cavi utilizzati per le misure e regolazioni analogiche e digitali in campo, tutti numerati ed etichettati devono essere i seguenti:

- Valvole di regolazione: FG16OH2R16 19x1,5 mm<sup>2</sup>;
- Valvole a farfalla ON/OFF: FG16OH2R16 10x1,5 mm<sup>2</sup>;
- Misuratori di portata: FG16OH2R16 2x1,5 mm<sup>2</sup>;
- Misuratori di pressione: FG16OH2R16 3x1,5 mm<sup>2</sup>.

## **7.5. Rifasamento**

L'Autorità di regolazione per energia e reti e ambiente (ARERA) pubblica annualmente un aggiornamento delle tariffe obbligatorie per i servizi di distribuzione e misura dell'energia elettrica per i clienti non domestici e delle condizioni economiche per l'erogazione del servizio di connessione. In particolare, l'ARERA definisce le penali per prelievi di energia reattiva degli utenti BT (>16,5kW) e MT.

Il rifasamento, quindi, risulta essere lo strumento principale per rifasare l'impianto elettrico, limitando il prelievo di energia reattiva dalla rete; oltre a questo, esso rappresenta un'ottima soluzione di efficientamento energetico dell'impianto stesso.

Pertanto, in ogni impianto elettrico non domestico con fornitura in MT, e nel caso di consegna in BT e potenza disponibile >16,5kW, deve essere previsto un sistema di rifasamento efficiente e installato secondo la regola dell'arte che dovrà riportare il fattore di potenza >0,95.

Queste tipologie di quadri devono essere conformi alla normativa CEI EN 61439-1 e 61439-2, oltre che alla norma EN 60831-1 (Condensatori).

## 8. CENNI SUL TELECONTROLLO

### 8.1. Il Sistema in generale

Acquedotto Pugliese dispone già di un sistema informativo di telecontrollo unificato con tecnologie standardizzate e consolidate sia a livello di campo sia a livello di centro di controllo. Tale sistema rappresenta uno strumento strategico per la gestione del flusso e la conduzione degli impianti da parte delle strutture aziendali preposte.

Le nuove postazioni di telecontrollo a servizio dei Sistemi Idroelettrici devono essere integrate nel suddetto sistema, e, quindi, è indispensabile che tutte le forniture e le attività di integrazione previste assicurino il pieno raggiungimento degli obiettivi, nel rispetto degli *standard* aziendali, garantendo al contempo la massima continuità di funzionamento di tutto il sistema esistente.

In caso di postazioni in pozzetto è sempre preferibile la collocazione dei quadri contenenti la strumentazione di acquisizione e trasmissione dati all'esterno del pozzetto in un'apposita conchiglia per garantire maggiore facilità di accesso in caso di manutenzione e migliore trasmissione dei dati.

A tale proposito, si evidenzia che è da prevedere il telecontrollo di n.2 principali tipologie di funzione per gli apparecchi installati:

- **Funzione di regolazione**, svolta dalle idrovalvole (regolazione fine di pressioni). Le regolazioni sono effettuabili anche per mezzo di pilota motorizzato (vale per le idrovalvole), tramite circuito 4-20 mA. È prevista anche la possibilità di regolazione remota da centro di controllo, secondo gli *standard* qualitativi e di sicurezza individuati nella norma IEC 60870-5-104;
- **Funzione di misura**, relativamente ai valori di portate, rilevate da misuratori elettromagnetici, e delle pressioni in rete, svolte da manometri elettronici, e relativa storicizzazione.

A fronte di queste due diverse macro-tipologie è previsto l'impiego di due differenti tecnologie:

➤ **Sistema di regolazione, per mezzo di PLC** che deve garantire:

- l'acquisizione e la storicizzazione di segnalazioni di stato e allarme e delle misure previste;
- tutte le eventuali funzioni di telecomando e regolazione da remoto;
- l'effettuazione di tutti i calcoli ed elaborazioni previsti, localmente;
- la trasmissione periodica al centro di controllo di tutti i dati previsti, nonché la necessaria continuità nella storicizzazione dei dati anche in caso di temporanea indisponibilità del servizio GPRS o del *modem*, in modo da poterli trasmettere al centro di controllo anche in momenti successivi, una volta ripristinato il collegamento GPRS;
- l'invio di apposite segnalazioni al centro di controllo ed al personale reperibile, in caso di insorgenza di condizioni di allarme;
- la comunicazione diretta, senza alcun coinvolgimento diretto del sistema centrale, nel caso di necessità di controllo di processi che coinvolgano diverse postazioni di campo.

Il PLC deve essere fornito in opera in apposito quadro elettrico di telecontrollo IP65.

➤ **Sistema di misura, per mezzo di RTU**, con funzionamento a batteria e staghezza IP68, che deve garantire:

- l'acquisizione e la storicizzazione di segnalazioni di stato e allarme e delle misure previste;
- l'effettuazione di tutti i calcoli ed elaborazioni previsti, localmente;
- Trasmissione giornaliera, al centro di controllo, di tutti i dati previsti, sotto forma di SMS/pacchetti dati GPRS;

- l'invio di apposite segnalazioni al centro di controllo ed al personale reperibile, in caso di insorgenza di condizioni di allarme.

Lo sviluppo e l'implementazione del sistema di telecontrollo, oltre a soddisfare tutti gli *standard* di riferimento in Acquedotto Pugliese, ai quali naturalmente si rimanda, devono soddisfare tutte le prescrizioni della normativa nazionale ed internazionale, ed in particolare:

- D.M. n. 99 del 08.01.1997 del Ministero dei Lavori Pubblici;
- norme IEC 60870, relative ai sistemi di telecontrollo ed in particolare al protocollo IEC 60870 5-104 con protocollo di sicurezza IPSEC;
- norma IEC 61131-3, che definisce metodologie e linguaggi di programmazione per dispositivi di controllo programmabili;
- norma IEC 61131-5, che definisce le strutture dati;
- norme CEI 81-1 e 81-4, relative alle protezioni contro scariche atmosferiche e sovratensioni.

## 8.2. Quadro elettrico Sistema di Automazione e Telecontrollo

Detto quadro elettrico sarà alimentato dal quadro di Distribuzione Generale e sarà destinato all'automazione, al monitoraggio, telecontrollo e teleallarme.

Pertanto svolgerà le seguenti funzioni:

- acquisizione dati (livelli, portate, numero giri turbine/PAT, stati/allarmi, parametri elettrici) e Monitoraggio + Configurazione locale;
- Automazione;
- Teleallarme;
- *Logging* dei dati acquisiti;
- Connessione con il centro di controllo remoto;
- Trasferimento dati;
- Monitoraggio + Configurazione remota.

Di dimensioni idonee per consentire la comoda ispezione e manutenzione e con grado di protezione IP55, in acciaio inox, porterà montate e connesse le seguenti apparecchiature:

- interruttore generale;
- relè di presenza 230Vac (con fusibili di protezione), con due contatti ausiliari per l'accensione della lampada spia da quadro (compresa) e la segnalazione al PLC;
- Protezioni contro sovratensione tipo II sull'arrivo 230Vac (secondo norme IEC 61643);
- Presa di servizio con fusibili di protezione;
- Trasformatore d'isolamento 230/230 Vca 400 VA;
- Sistema di alimentazione, di protezione e di soccorso, in grado di garantire l'autonomia di funzionamento di tutto il sistema anche in caso di assenza di alimentazione proveniente dalla rete Enel, avente due contatti di allarme mancanza rete 230 Va e batteria in fault da collegare al PLC, 2 batterie 12 Vdc 50 A/h con fusibile di protezione, da installare fuori quadro; in caso di posa esterna devono essere installate in opposti quadri /armadi stradali;
- Protezioni contro sovratensione tipo III sull'uscita a 24Vdc;
- Protezioni contro sovratensione tipo III su ciascuno dei loop 4-20 mA;
- Coppie di portafusibili-sezionabili per l'alimentazione del PLC, degli ingressi digitali, del modem, del pannello operatore, della misura di livello, della misura di portata (ove prevista) e

- eventuali utenze aggiuntive; comprese 4 riserve;
- PLC, la configurazione proposta dovrà soddisfare i seguenti requisiti in rapporto alla Lista I/O collegata con la raccolta dati di ciascuna postazione:
    - Alimentatore;
    - CPU con funzionalità, compatibile per integrazione in centro di controllo con secondo standard IEC 60870-5-104;
    - DI, ingressi digitali optoisolati, in numero pari al numero di ingressi digitali previsti nella Lista I/O + 8 aggiuntivi;
    - DO, uscite digitali a relè (con corrente nominale adeguata o, in alternativa, con aggiunta di relè di appoggio esterni), in numero pari al numero di uscite digitali previsti nella Lista I/O + 2 aggiuntive;
    - AI, ingressi analogici con risoluzione minima 16 bit, in numero pari al numero di ingressi analogici previsti nella Lista I/O + 1 aggiuntivo;
    - AO, uscite analogiche con risoluzione minima 14 bit, in numero pari al numero di uscite analogiche eventualmente previste nella Lista I/O;
    - temperature di funzionamento da -5°C a + 60°C;
    - umidità 0-95%;
    - memoria min. 200KB RAM + min. 1 MB dati (e comunque sufficiente per l'applicazione del presente intervento e del successivo);
    - memory card min. 12 MB (e comunque sufficiente per l'applicazione del presente intervento e del successivo);
    - alimentazione a 24Vdc;
    - 1 porta ethernet per il collegamento di un router-modem IP;
    - 1 porta disponibile per la programmazione dei dispositivi (PLC + Hmi) senza interruzione di comunicazione tra i dispositivi;
    - Mantenimento programma anche in caso di mancanza di energia elettrica;
    - Pannello di interfaccia operatore, prodotto dalla stessa Casa Costruttrice del PLC;
    - Alimentazione a 24Vdc;
    - Montaggio fronte quadro - Grado di protezione IP 65, NEMA 4x;
    - Risoluzione 480 x 272 px;
    - Display 4.3 inch TFT widescreen, 16 M colori;
    - Tastiera a Membrana 28 tasti - 8 tasti funzione con LED;
    - Memoria min. 4 MB;
    - Interfacce: 1xRJ 45 Ethernet, 1xRS 485, 1xUSB-host + 1xUSB- device, 2xSD card slot;
    - Le funzioni di interfaccia operatore sviluppate ed implementate nel presente intervento dovranno rispettare le seguenti prescrizioni: semplice ed immediato utilizzo, con la possibilità, in ognuna delle pagine, di passare alla pagina precedente, a tutte le pagine correlate e alla pagina iniziale Pagina iniziale generale con descrizione della struttura delle pagine e delle relative funzioni, pagina/e rappresentanti i dati idraulici ed elettroidraulici (stati, allarmi, misure) con layout di impianto per monitoraggio locale, pagina per la modifica dei fondo-scala delle misure, funzione di inserimento dei numeri telefonici a cui inviare gli SMS/mail di allarme e selezione dei singoli allarmi da abilitare/disabilitare, pagine di monitoraggio + modifica parametri di automazione, pagine di comando manuale processo, password su funzioni di modifiche e comandi, e quant'altro necessario e/o richiesto dalla D.LL. anche se non già descritto nel presente documento.
  - N. 1 router-modem, prodotto dalla stessa casa costruttrice del PLC, per la gestione delle comunicazioni in rete (su supporto UMTS 4G-LTE) con 1 solo indirizzo IP pubblico

(simbolico cioè con risoluzione tramite DNS) di riferimento presso il centro di controllo, con i seguenti requisiti:

- Alimentazione a 24Vdc con montaggio su guida DIN;
  - Esecuzione di tipo industriale, completo di relative omologazioni;
  - Grado di protezione IP20;
  - temperature di funzionamento da 0°C a + 60°C;
  - umidità 0-95%;
  - sicurezza garantita tramite implementazione di VPN con codifica cifrata dei dati (IPsec) autenticazione (identificazione) del nodo/partner della rete e verifica di integrità dei dati;
  - funzioni di accesso remoto sicuro, funzioni di gestione di nomi simbolici per indirizzi IP;
  - memory-card, con configurazione completa, per sostituzione dispositivo;
  - antenna omnidirezionale + antenna direttiva e relativi accessori, incluse nella fornitura;
  - Sim-card escluse dalla fornitura.
- Switch per collegamento vari dispositivi ethernet già previsti + 1 porta di riserva.
  - Tutte le ulteriori forniture complementari ed accessorie necessarie.

In ogni caso la configurazione hardware del sistema di controllo e trasmissione dati dovrà essere sottoposta, per tramite dell'Ufficio di D.L., all'Unità competente della Stazione Appaltante per la relativa approvazione o per eventuali modifiche e/o integrazioni propedeutiche all'approvazione.

È prevista la protezione delle linee di segnale 4-20mA tramite inserimento di coppia di scaricatori di sovratensione per loop 4-20mA, secondo IEC 61643: uno sul lato alimentazione, da installare nel quadro; uno sul lato apparecchiatura di misura, da installare in cassetta adiacente al misuratore.

Il quadro sarà completo di morsettiera generale d'interfaccia con il campo con apposita suddivisione funzionale, alla quale attestare tutte le linee elettriche dei segnali di I/O, in arrivo ed in partenza.

All'interno dei quadri saranno inoltre presenti apposite targhette che descriveranno la funzione di ogni interruttore, fusibile, morsettiera, ecc. All'interno dei quadri, i cavi viaggeranno in apposite canaline e fascette; tutte le apparecchiature saranno installate su guide DIN.

---