

GUIDE SETTORIALI

per interventi di efficienza energetica
nell'ambito del
meccanismo dei certificati bianchi

IL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

attuazione dell'art. 15 del D.M. 11/01/2017

INDICE

IL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO	3
Gli impianti e le infrastrutture del servizio idrico integrato	3
Servizi di acquedotto	3
Servizi fognatura e depurazione	4
Descrizione delle migliori tecnologie disponibili e degli interventi di efficienza energetica	7
Impianti di depurazione: impianti di generazione di aria compressa	7
Impianti di depurazione: sistemi di diffusione dell'aria compressa	8
Impianti di depurazione: mixer.....	8
Ulteriori interventi di efficienza energetica	9
BIBLIOGRAFIA	10

BOLZA

IL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

Nella presente linea guida saranno indicati gli interventi di efficienza energetica realizzabili sull'intero Servizio Idrico Integrato (SII), ovvero sull'insieme di servizi idrici ed infrastrutture connessi con l'uso della risorsa idrica. Le principali fasi del processo sono di seguito elencate:

1. la captazione delle acque;
2. il trattamento delle acque;
3. il trasporto delle acque grezze o potabilizzate (adduzione e distribuzione);
4. il trasporto dei reflui civili e industriali;
5. la depurazione dei reflui civili e industriali.

Di seguito si riporta uno schema semplificato di un SII che indica le principali fasi del processo:

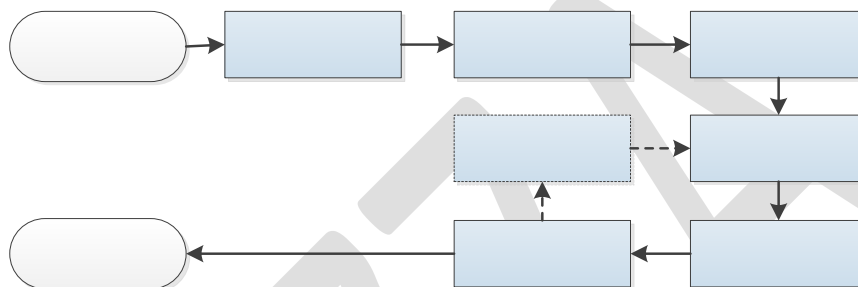


Figura 1 - Schema del servizio idrico integrato

Ad ognuno di tali servizi sottendono specifiche infrastrutture e processi che presentano peculiarità e tecnologie, e quindi consumi energetici, che dipendono da numerose variabili. A titolo esemplativo e non esaustivo:

1. nella fase di captazione e trattamento delle acque: la tipologia di corpo idrico (superficiale - come fiume, lago, invaso artificiale, acque piovane - o sotterraneo - come sorgenti, falde sotterranee superficiali o profonde) e le caratteristiche degli stessi (caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua, portate dell'acqua, profondità delle falde, etc.);
2. nella fase di trasporto delle acque trattate e dei reflui civili e industriali: la conformazione del territorio e le caratteristiche delle utenze o degli impianti di depurazione;
3. nella fase di depurazione dei reflui civili industriali: le caratteristiche dei reflui da trattare e dei corpi ricettivi di scarico, nonché le portate trattate.

Gli impianti e le infrastrutture del servizio idrico integrato

Servizi di acquedotto

Gli impianti acquedottistici prevedono tre fasi di processo: la captazione, la potabilizzazione e l'immissione in rete e distribuzione.

La captazione e l'immissione in rete sono le fasi generalmente più energivore; in particolare gli impianti da acque sotterranee presentano, per la fase di adduzione, maggiori consumi energetici rispetto agli impianti da acque superficiali. Di contro quest'ultimi presentano maggiori consumi legati alla fase di potabilizzazione a causa dell'alta variabilità della qualità dell'acqua da trattare e quindi dei maggiori trattamenti da effettuare. Le tecnologie adottate variano a seconda della tipologia di inquinante da dover trattare, molte delle quali sono le stesse utilizzate negli impianti di depurazione.

Il sistema di trasporto delle acque potabilizzate ha il compito di distribuire l'acqua dai punti di trattamento, ai serbatoi di raccolta (rete di adduzione) e successivamente, tramite la rete di distribuzione, alle varie utenze.

I consumi energetici sono essenzialmente connessi ai sistemi di pompaggio e dipendono da numerose variabili come le portate, l'orografia del territorio, le tipologie di condotte (ovvero condotte che lavorano in gravità - in pressione o a pelo libero - o in sollevamento), le interconnessioni tra le condotte, la numerosità e la tipologia di serbatoi di raccolta, la tipologia di rete di distribuzione, che varia in funzione della localizzazione, tipologia, numerosità e densità delle utenze.

Secondo i dati del 2014 presentati nel "Blue Book 2017: il settore idrico in Italia" di Utilitalia, la rete acquedottistica italiana risulta alquanto vetusta, con più del 60% dell'infrastruttura posata da oltre 30 anni ed il 25% da oltre 50 anni; queste percentuali salgono nelle reti dei centri abitati.

Le tubazioni sono per circa il 33% in PVC, 28% in acciaio-ferro, 24% in ghisa (di cui la metà è costituita da "ghisa grigia" e quindi ad elevata fragilità) e 12% in materiale cementizio.

Le perdite di rete sono mediamente del 35%, con picchi del 46-45% nel Centro e nel Sud, contro il 26% del Nord.

Servizi fognatura e depurazione

Il sistema di trasporto (sistema fognario) convoglia i reflui dalle varie utenze agli impianti di depurazione. Anche in questo caso le variabili che influenzano i consumi sono molteplici e del tutto simili a quelle sopra indicate. I consumi energetici della rete fognaria, comunque, sono in generale decisamente inferiori a quelli degli acquedotti in quanto è ancora prevalente il sistema di trasporto a gravità.

Secondo i dati di Utilitalia, al 2014, il 50% delle reti è di tipo misto a gravità (la percentuale sale a oltre il 70% nei grandi centri urbani), mentre il 37% è costituito da reti di acqua nere separate a gravità; il 9% è costituito da reti per la raccolta di acque meteoriche ed il 3% è legato a reti di acque nere in pressione.

Gli impianti di trattamento (impianti di depurazione) delle acque reflue civili e/o industriali hanno lo scopo di depurare i reflui dalle sostanze organiche e inorganiche, sedimentabili e non, al fine di permettere lo scarico delle acque trattate nel copro idrico recettore entro i limiti di legge, o l'eventuale riuso delle acque stesse.

Quasi sempre, e specialmente con sistemi fognari misti, a monte del depuratore è presente uno scolmatore, con la finalità di regolare e gestire i flussi di reflui in ingresso agli impianti di depurazione.

A livello impiantistico, a differenti limiti allo scarico, corrispondono differenti configurazioni:

1. impianti di piccola potenzialità, dove è previsto solamente il trattamento primario (trattamenti preliminari, sedimentazione/chiariflocculazione e disinfezione);
2. impianti dove è previsto il trattamento primario e secondario (con un trattamento biologico per la rimozione della sostanza organica);
3. impianti che prevedono il trattamento terziario (rimozione di azoto e fosforo) per lo scarico in aree sensibili o per gli scarichi sul suolo.

Secondo i dati di Utilitalia, al 2014, il 95% degli impianti presenti prevede un trattamento almeno secondario e circa il 78% anche un trattamento terziario. Circa l'86% dei reflui trattati sono di natura civile, mentre il 12% di natura industriale ed il 2% ha altra provenienza.

In Figura 2 è riportato uno schema completo di un impianto di depurazione, dove è evidenziata in nero la linea acqua, in rosso la linea fanghi (si precisa che le specifiche sotto fasi di processo possono presentare una sequenzialità differente da quella indicata).

La **linea acque** prevede tre fasi principali di processo:

1. il *pretrattamento*, durante il quale dal refluo, proveniente dal sistema fognario, vengono eliminate le sostanze sedimentabili. Le sotto fasi di processo sono la grigliatura, la staccatura, la dissabbiatura, la disoleatura, l'equalizzazione e la sedimentazione primaria.

In tale fase di processo, i consumi energetici sono connessi agli impianti di produzione di aria compressa (utilizzata per la pulizia delle attrezzature e per l'insufflaggio di aria in alcune sotto fasi

- di trattamento) e ai motori elettrici utilizzati per la sminuzzatura, la raccolta degli oli, gli agitatori, la movimentazione dei fanghi e dei reflui;
2. il *trattamento ossidativo biologico*, durante il quale il refluo viene depurato delle sostanze organiche presenti nell'acqua, grazie all'impiego di specifici microrganismi.
Gli impianti più diffusi e a maggiore efficienza di depurazione sono quelli a fanghi attivi. Molto spesso contestualmente a tale fase avviene la rimozione dell'azoto presente nei reflui con processi di denitrificazione e nitrificazione.
Negli impianti a fanghi attivi, l'ossidazione avviene tramite l'impiego di batteri aerobici. L'aerazione dei reflui può essere effettuata mediante aerazione meccanica (rimescolamento continuo della superficie del refluo) o mediante insufflazione d'aria o di ossigeno. Al fine di migliorare la solubilità dell'ossigeno nel refluo, lo stesso viene costantemente mantenuto in movimento mediante agitatori. I consumi energetici, pertanto, sono connessi al funzionamento di tali impianti;
 3. *ulteriori trattamenti* di affinamento del grado di depurazione come la sedimentazione secondaria, la chiariflocculazione, la filtrazione su tela, la disinfezione (può avvenire tramite l'impiego di cloro e acido peracetico, o tramite ozonizzazione, o raggi UV).
In tale fase di processo, i consumi energetici sono connessi ai motori elettrici utilizzati per la movimentazione dei fanghi e dei reflui, alle lampade UV e agli eventuali impianti di produzione di ozono.

La **linea fanghi** prevede il trattamento dei fanghi derivanti dalla linea acque, al fine di stabilizzarli e permetterne lo smaltimento o il riuso. Secondo i dati di Utilitalia, al 2014, circa il 75% dei fanghi è destinato al riutilizzo, prevalentemente in agricoltura e per il compostaggio.

I principali trattamenti dei fanghi sono:

1. la *stabilizzazione biologica*, effettuata generalmente con impianti di digestione anaerobica, ma possono essere presenti anche impianti aerobici;
2. l'*ispessimento* (al fine di ridurre il contenuto di acqua nei fanghi) che può essere effettuato per sedimentazione (gravità o flottazione) o centrifugazione. I consumi elettrici sono legati ai motori delle pompe, delle tramogge, dei raschiatori e delle eventuali centrifughe;
3. il *condizionamento* (al fine di ridurre il contenuto di acqua presente nelle sostanze colloidali) quasi sempre realizzato mediante l'impiego di sostanze chimiche;
4. la *disidratazione* che può essere effettuato mediante:
 - a) sistemi meccanici, ovvero centrifugazione o filtrazione (sotto vuoto, con i filtri a nastro, a pire e a dischi; sotto pressione, con filtropresse, presse a vite e nastropresse);
 - b) sistemi termici, ovvero essiccatori o forni di incenerimento.

I consumi energetici variano sensibilmente in funzione dal carico idraulico e della caratteristica dei reflui (carico organico dei reflui, carico di nutrienti e presenza di altri inquinanti).

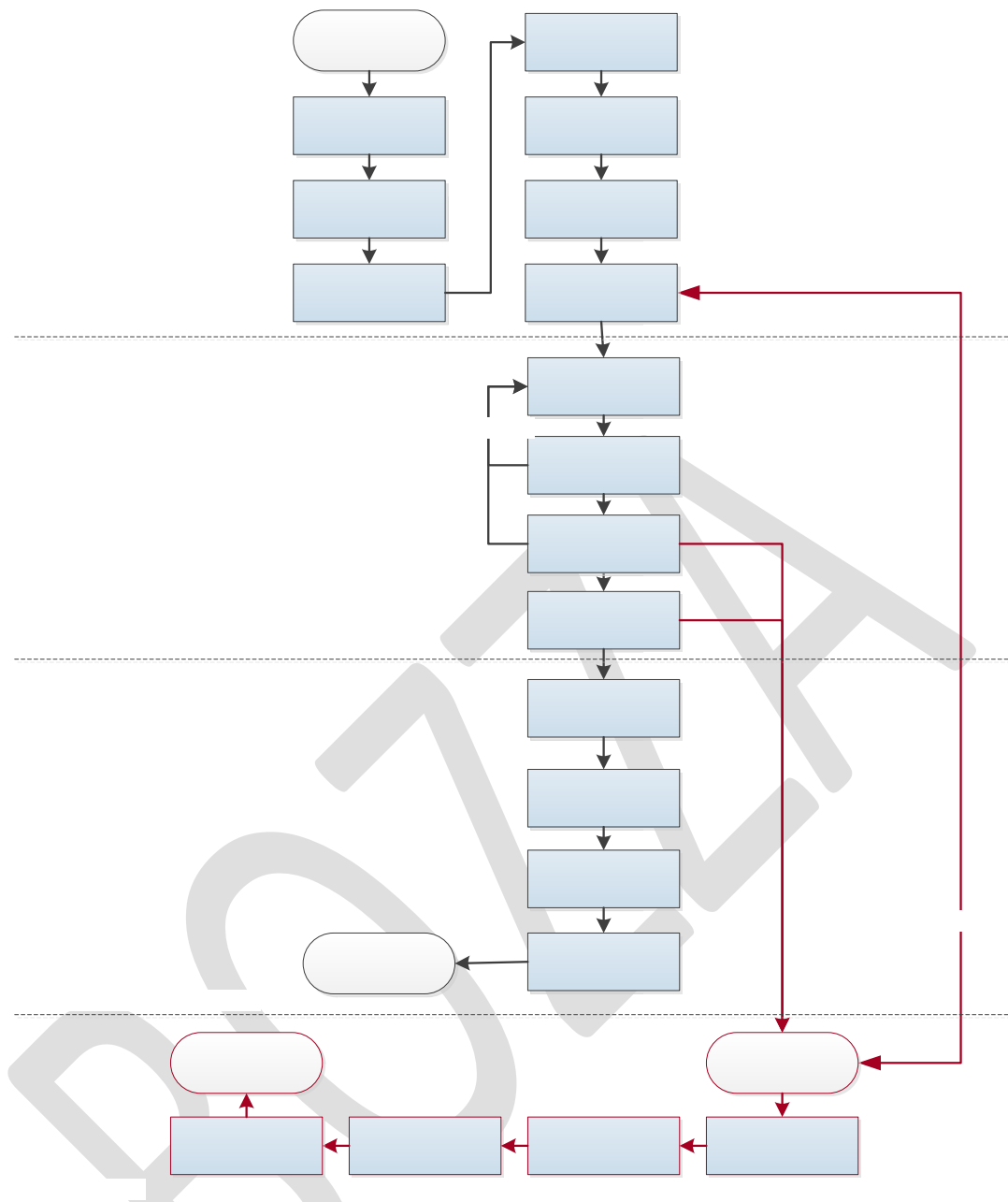


Figura 2 – Flusso del processo tipo di un impianto di depurazione

Descrizione delle migliori tecnologie disponibili e degli interventi di efficienza energetica

Impianti di depurazione: impianti di generazione di aria compressa

Gli impianti di generazione dell'aria compressa utilizzata per l'ossidazione dei carichi inquinanti avviene tramite l'utilizzo di compressori ovvero "soffianti" in caso di elevate portate e basse pressioni. Tali sistemi rappresentano generalmente il maggiore assorbimento di un impianto di depurazione. Le pressioni di esercizio variano in base alle applicazioni ma sono solitamente inferiori a 3 bar.

Le principali tipologie di compressori utilizzate sono quelle a lobi, a vite o centrifughi. La scelta della tipologia di compressore varia in funzione della quantità di aria richiesta e dalla pressione di impianto. Infatti, per portate basse e livelli di pressione richiesti vicini a 3 bar vengono utilizzati compressori a vite, mentre nel caso di basse pressioni, intorno ad 1 bar, ed alte portate si utilizzano i compressori centrifughi.

In alcuni impianti nei quali si hanno richieste variabili nel tempo sono presenti due diverse tipologie di compressori che possono coprire l'intero range di funzionamento richiesto dall'impianto di depurazione, con maggiore efficienza di funzionamento.

Sul mercato sono presenti anche compressori con tecnologie ibride nelle quali si sfrutta il principio di funzionamento dei compressori a vite ma con profili delle viti simili a quelli a lobi.

Nei compressori il consumo di energia primaria è legato principalmente al consumo del **motore elettrico**, pertanto il consumo energetico di riferimento deve essere caratterizzato almeno da compressori dotati di motori che hanno la classe di efficienza minima prevista dal regolamento CE 640/2009, che allo stato attuale è pari a motori di classe energetica IE3. Infatti, negli ultimi anni i produttori di compressori stanno dotando i loro sistemi con motori a magneti permanenti, tecnologia che garantisce livelli di efficienza energetica superiore agli standard previsti dal regolamento.

Nel caso quindi di presentazione di progetti che prevedono l'installazione di compressori dotati di motori elettrici di classe di efficienza superiore a quella minima di riferimento, a prescindere dalla tipologia di compressore, è possibile calcolare il risparmio di energia primaria sulla base della differenza di rendimento elettrico del motore ai diversi regimi di funzionamento.

Oltre all'installazione di un compressore dotato di motori elettrici ad alta efficienza è spesso presente un sistema di regolazione della produzione dell'aria compressa in funzione delle reali necessità delle vasche di ossidazione attraverso delle apposite sonde immerse nelle vasche. Infatti sulla base delle misure dei parametri caratteristici dei reflui è possibile variare la portata di aria prodotta evitando un'eventuale produzione superflua. Nel caso quindi di presentazione di progetti che prevedono (a) l'installazione di compressori dotati di motori elettrici ad alta efficienza e (b) di sistemi di regolazione della produzione dell'aria, il programma di misura dovrà essere indipendente dalla variabilità delle condizioni di esercizio, oppure sarà necessario considerare tutte le variabili che possono cambiare le condizioni di funzionamento tra la situazione ex ante (o di riferimento) e quella ex post (es. pressione di esercizio, la quantità di refluo trattato, il carico inquinante). Infatti dall'analisi dei dati di alcuni impianti si vede come il consumo specifico di energia elettrica degli impianti di generazione dell'aria compressa risulta inversamente proporzionale alla quantità di aria prodotta e refluo da trattare.

In alcuni impianti di depurazione l'aria compressa è stata sostituita con l'utilizzo di **ossigeno puro** in modo da aumentare le potenzialità e la resa della fase di ossidazione. Si specifica che, nel caso in cui il programma di misura proposto sia basato sulla misura della totale energia utilizzata per la fase di ossidazione, il calcolo del risparmio di energia primaria dovrà essere effettuato al netto dell'energia primaria utilizzata per la produzione di ossigeno puro. La contabilizzazione dell'energia primaria relativa all'ossigeno utilizzato dovrà avvenire sulla base della reale configurazione del sistema di alimentazione. In particolare:

- ossigeno prodotto all'interno dello stabilimento produttivo: misura diretta dell'energia primaria necessaria per la produzione di ossigeno (kWh/Nm^3);
- fornitura ossigeno allo stato liquido (es, trasporto tramite autobotti): deve essere considerata l'energia primaria necessaria per la separazione e la liquefazione (es. consumo tipico degli impianti

ASU). Nel caso di ossigeno il valore del consumo specifico da utilizzare deve essere pari a 1 kWh/Nm³;

- fornitura ossigeno allo stato gassoso (es. gasdotto): misura diretta dell'energia primaria necessaria per la produzione di ossigeno (kWh/Nm³) allo stato gassoso dall'impianto centralizzato.

Impianti di depurazione: sistemi di diffusione dell'aria compressa

L'aerazione dei reflui avviene tramite dei diffusori nei quali viene insufflata l'aria proveniente dalle soffianti. Tra i sistemi maggiormente utilizzati vi sono i sistemi di diffusione dell'aria a membrana a bolle fini i quali offrono un'elevata resa di trasferimento di ossigeno e una riduzione del consumo di energia elettrica delle soffianti, attraverso una minimizzazione delle perdite di carico del sistema. I dischi diffusori possono essere ceramici o a membrana.

Il **diffusore a membrana** è ideale nelle vasche a fanghi attivi e per l'aerazione in processi intermittenti.

La membrana stessa agisce poi come valvola di ritegno quando si voglia interrompere l'aerazione. Il diffusore tubolare a membrana a bolle fini viene generalmente utilizzato per la pre-aerazione, l'aerazione dei liquami e la digestione aerobica dei fanghi nei processi di trattamento e depurazione.

Nel mercato sono presenti membrane caratterizzate da diverse efficienze a seconda del livello di ottimizzazione della distribuzione dei fori di passaggio per l'aria sulla superficie della membrana.

Il **diffusore ceramico** è un disco di allumina sinterizzata con porosità costante che assicura una distribuzione uniforme dell'aria insufflata a differenti portate.

Una dei parametri che influenza l'efficienza delle bolle fini è la dimensione delle bolle che vengono generate. Ai fini dell'accesso al meccanismo dei certificati bianchi si ritengono risparmi energetici aggiuntivi esclusivamente quelli generati da impianti a bolle ultra fini.

Pertanto, per valutare i risparmi conseguibili, nel caso in cui si interviene sul sistema di distribuzione dell'aria, è possibile far riferimento al consumo della sezione di ossidazione attraverso il calcolo dell'indice di consumo specifico espresso come $\text{kWh}_{\text{el}}/\text{kg}_{\text{COD rimosso}}$ (o altri indici di inquinanti), considerando come soluzione di baseline l'impiego di tecnologie a bolle fini standard di mercato.

Pertanto sarà necessario monitorare:

- i consumi di energia elettrica delle apparecchiature nella sezione di compressione;
- la portata di refluo totale trattata;
- la concentrazione di COD (o altri indici di inquinanti) in ingresso e in uscita dalla sezione di ossidazione.

Il consumo specifico di baseline da adottare sarà in funzione del carico di COD rimosso (o altri indici di inquinanti); non potrà pertanto essere indicato un valore unico medio mensile o annuale, in quanto il consumo specifico è fortemente dipendente dai kg di COD rimossi (o altri indici di inquinanti), nonché dalle portate.

Impianti di depurazione: mixer

Negli impianti di depurazione i mixer hanno la funzione di movimentare i liquami da trattare per favorire il trattamento degli inquinanti presenti. I due principali sistemi di mixer utilizzati nei sistemi di depurazione sono ad eiezione o a miscelazione.

I mixer ad eiezione sono sistemi di insufflaggio di aria (eiettori aria-acqua) o di acqua (idroiettori) formati principalmente da una pompa e da un ugello per l'immissione di aria o acqua che consentono la movimentazione del fluido nelle vasche di trattamento. I mixer a miscelazione sono formati invece da un motore elettrico che movimentata un'elica che imprime il moto al fluido da trattare. L'utilizzo dei sistemi ad eiezione o a miscelazione varia in base alle condizioni di funzionamento dell'impianto. Ad esempio in funzione della tipologia di refluo da trattare, della forma e dimensioni della vasca etc.

In entrambe le tipologie di sistemi il consumo di energia primaria è legato al consumo del motore elettrico presente sia nei mixer ad eiezione che in quelli a miscelazione. Pertanto il consumo energetico di riferimento deve essere caratterizzato da motori che hanno almeno la classe di efficienza minima prevista dal regolamento CE 640/2009, che allo stato attuale è pari a motori di classe energetica IE3. Tra i motori con efficienza superiore a quella minima di riferimento si segnalano quelli a magneti permanenti.

Nel caso quindi di presentazione di progetti che prevedono l'installazione di mixer dotati di motori elettrici di classe di efficienza superiore a quella minima di riferimento, a prescindere dalla tipologia di mixer, è possibile calcolare il risparmio di energia primaria sulla base della differenza di rendimento elettrico del motore ai diversi regimi di funzionamento.

Ulteriori interventi di efficienza energetica

In aggiunta agli specifici interventi sopra descritti, considerando che i consumi elettrici degli impianti di un SII sono essenzialmente legati all'impiego di motori elettrici e pompe, è possibile considerare:

- l'installazione di pompe e motori ad elevata efficienza;
- l'installazione di inverter. Tale intervento, tuttavia, non genera risparmi energetici addizionali in quanto rappresenta ad oggi lo standard di mercato.

Negli **acquedotti**, interventi finalizzati alla riduzione delle perdite di rete rappresentano uno dei primi passi per ottenere importanti risparmi energetici. Alcune tipologie di intervento non si connotano come effettivi interventi di efficienza energetica, ma come interventi di normale manutenzione ordinaria e straordinaria, salvo interventi sostanziali sull'intera rete che permettono di raggiungere valori di perdite di rete prossimi a quelli fisiologici.

Una gestione ottimale delle pressioni di rete in funzione delle effettive esigenze di portata (ad esempio carico notturno o diurno, in funzione di specifiche porzioni di rete, etc.), mediante l'inserimento di valvole di regolazione della pressione, l'installazione di inverter su pompe, nonché il loro ridimensionamento, il controllo del funzionamento delle pompe mediante sistemi di telecontrollo delle pressioni in specifici punti, la modellizzazione dei comportamenti della rete, la distrettualizzazione per pressioni, rappresentano interventi di efficientamento e comportano un risparmio sia energetico sia della risorsa che va nella direzione di una ottimale gestione degli acquedotti.

Pertanto, tali interventi possono essere incentivati in qualità di misure comportamentali, qualora l'adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti generino risparmi energetici addizionali rispetto alle soluzioni tecnologiche standard di mercato, nonché ad eventuali prescrizioni normative.

Anche il re-layout delle reti, mediante nuove interconnessioni tra condotte o l'inserimento-eliminazione di serbatoi, ridefinendo l'assetto della rete stessa, determina spesso un sostanziale risparmio energetico caratterizzandosi, anche in questo caso, come un intervento di efficientamento.

Vista l'elevata dipendenza dei consumi di una rete dalle condizioni caratteristiche delle rete stessa, così come sopra descritto, ai fini della definizione del consumo di baseline, è necessario riferirsi alla situazione ex ante, opportunamente normalizzata nel caso in cui l'efficienza dei componenti presenti nella situazione ex ante sia inferiore a quella delle tecnologie standard di mercato.

Pertanto, in fase di presentazione di un progetto, è necessario fornire:

- una descrizione puntuale dei singoli componenti con indicazione della loro efficienza:
 - o per quelli presenti nella situazione ex ante;
 - o per quelli standard di mercato;
 - o per quelli installati nella situazione ex post;
- descrizione della configurazione impiantistica e un bilancio di massa-energia (con indicazione anche delle prevalenze):
 - o della rete nella situazione ex ante;
 - o di una possibile configurazione di riferimento alternativa a quella ex post;
 - o della situazione ex post.

BIBLIOGRAFIA

- *Blue Book 2017: il settore idrico in Italia*, Utilitalia
- *Energia ed efficienza energetica del servizio idrico integrato*, RSE, Ricerca di Sistema 2016 Prot. 17002208
- *Integrazione sistema elettrico-sistema idrico: stato dell'arte*, RSE, Ricerca di Sistema, 2015 Prot. 16001900
- *Guida operativa per il servizio idrico integrato*, ENEA, 2014
- *La gestione di perdite e pressioni idriche a Reggio Emilia*, M. Fantozzi, F. Calza, rivista servizi a rete settembre-ottobre 2014
- *Risparmio energetico nei sistemi di approvvigionamento idropotabile. Captazione, trattamento e distribuzione*, di C. Collivignarelli (a cura di), S. Sorlini, Maggioli Editore, 2014
- *Rapporto sulle performance ambientali: Italia 2013*, OCSE, p. 148
- *Relazione sperimentale tra perdite ed energia in reti idriche alimentate da pompe a giri variabili*. Artina & al 2010. L'ACQUA, 2/2010 Supplemento, pagg. 45-48
- *Linee guida per la gestione delle perdite idriche nelle reti*, progetto Interreg IV Italia-Austria GAP-UK, 2008
- <http://www.associazioneanea.it>
- <http://www.autorita.energia.it>
- <https://iwa-connect.org>