



Collana Tecnica

**Compendio
Energia Idroelettrica**

Autore: Stella Silvio Rudi

Prima Edizione Novembre 2017

L'ENERGIA IDROELETTRICA

1 PREMESSA

Il riconoscimento dell'importanza strategica di un corso d'acqua è caratteristica costante della storia delle comunità umane, e la scoperta della possibilità di produrre energia, sfruttandone il flusso direttamente o con l'accumulazione in bacini artificiali, ne ha accresciuto ulteriormente il valore.

Come nel caso delle altre fonti rinnovabili, anche l'utilizzo dell'acqua a scopi energetici ha origini molto antiche in quanto l'uomo, prima della scoperta dei combustibili fossili, ha da sempre utilizzato le forze della natura per produrre energia utile. Gli antichi romani sfruttarono la forza esercitata dalla corrente dei fiumi per far funzionare le pale che azionavano le macine dei mulini. Nelle prime fabbriche dell'età moderna, i mulini ad acqua consentivano il lavoro dei mugnai, degli artigiani tessili, delle segherie, dei conciatori e dei maniscalchi.

Con l'avvento dell'energia elettrica iniziarono i progetti per nuove ruote ad acqua molto più potenti e veloci, collegate a grossi generatori.

Per energia idroelettrica si intende infatti l'energia elettrica ottenuta attraverso la conversione dell'energia cinetica di una portata d'acqua in energia elettrica, utilizzando una turbina collegata ad un generatore di corrente. In alcuni casi tali impianti sfruttano l'energia potenziale dell'acqua, la cui massa si trova ad una quota superiore rispetto a quello delle turbine, per generare prima energia cinetica, poi energia meccanica ed infine energia elettrica.

L'utilizzazione di questa risorsa attraverso la costruzione di grandi impianti idraulici a bacino ha raggiunto in Europa un livello di sfruttamento prossimo al potenziale teorico.

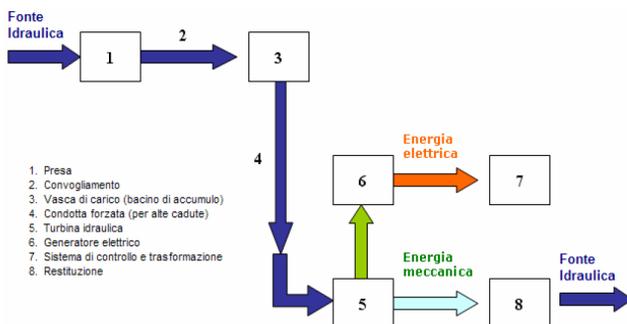


Figura 1 - Diagramma di funzionamento di un tipico impianto idroelettrico

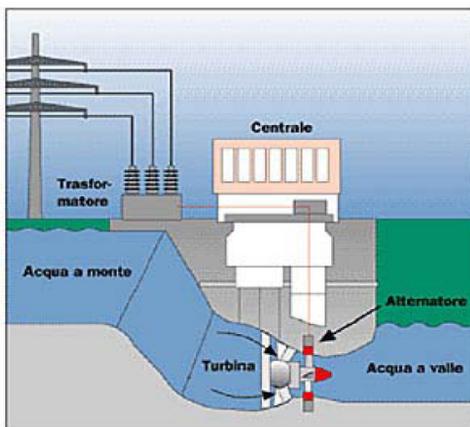


Figura 2 - Schema di un impianto idroelettrico (fonte: Greencrossitalia.)

Tuttavia numerose opportunità di convertire il movimento dell'acqua in energia elettrica si presentano con il ricorso a sistemi idroelettrici di minori dimensioni (impianti mini-hydro), che sfruttano direttamente la corrente di fiumi o canali. Infatti, nonostante l'Italia disponga di un valore di capacità installata tra i maggiori in Europa, esistono ancora quote significative di possibile crescita per gli

impianti idraulici di piccole dimensioni, che permetterebbero di contribuire al raggiungimento di importanti obiettivi come la riduzione delle emissioni di CO₂, la diversificazione delle fonti e la riorganizzazione a livello regionale della produzione di energia.

Gli impianti mini-hydro, inoltre, permettono in molti casi di portare notevoli benefici ai corsi d'acqua perché contribuiscono a regolarizzare il flusso dei corpi idrici a carattere torrentizio, soprattutto nelle aree montane degradate o dal suolo dissestato, concorrendo efficacemente alla salvaguardia del territorio.

2 CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI

Gli impianti idroelettrici possono essere suddivisi in base alla tipologia di approvvigionamento di cui si avvalgono. Si possono avere:

- impianti con centrale a valle di un bacino di accumulo;
- impianti ad acqua fluente;
- impianti inseriti negli acquedotti.

2.1 Impianti con centrale a valle di un bacino di accumulo

Sono ad oggi gli impianti idroelettrici più potenti e sfruttati; presentano però un notevole impatto ambientale determinato soprattutto dagli invasi, che occupano significative porzioni di territorio e richiedono accurate indagini geologiche e costante monitoraggio. Comprendono impianti a bacino idrico naturale (laghi) o artificiale; a volte sono bacini naturali nei quali si aumenta la capienza con dighe di sbarramento. L'utilizzazione dei bacini di accumulo svincola il funzionamento degli impianti dal regime di portata degli affluenti. Questo tipo di centrali hanno in genere potenze superiori ai 10 MW e possono arrivare a potenze enormi, come ad esempio nell'impianto di Itaipu in Brasile, che ha un bacino con estensione di 1.350 Km² ed una potenza di 12.600 MW.

2.2 Impianti ad acqua fluente

Gli impianti ad acqua fluente erano molto diffusi all'inizio del secolo scorso, soprattutto per azionare macchine utensili di piccoli laboratori; oggi il loro potenziale è sotto utilizzato. Non dispongono di alcuna capacità di regolazione degli afflussi, e la portata sfruttabile coincide con quella disponibile nel corso d'acqua (a meno di una quota detta deflusso minimo vitale, necessaria per salvaguardare l'ecosistema); pertanto le turbine producono con modi e tempi totalmente dipendenti dalla disponibilità del corso d'acqua.

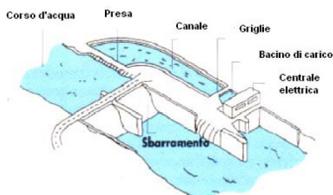


Figura 3 - Schema di impianto ad acqua fluente

Il loro impatto ambientale è di solito contenuto e limitato.

2.3 Impianti inseriti negli acquedotti

Una interessante possibilità solo di recente presa in considerazione sono gli impianti inseriti in canali o condotte per l'approvvigionamento idrico. L'acqua potabile, infatti, viene approvvigionata alle utenze adducendo da un serbatoio di testa mediante condotte in pressione. Solitamente in questo genere di impianti la dissipazione dell'energia all'estremo più basso della tubazione viene ottenuto mediante l'uso di apposite valvole: l'alternativa è quella di inserire piccole turbine che recuperino tale energia.

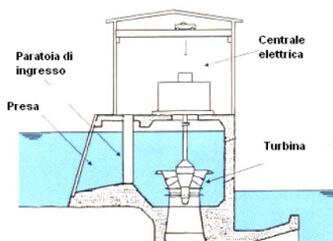


Figura 4 - Particolare della centrale elettrica di un impianto ad acqua fluente

3 L'IDROELETTRICO IN ITALIA

In Italia l'energia idroelettrica ha costituito la base dell'elettrificazione, contribuendo a più dell'80% dell'energia elettrica prodotta fino ai tardi anni '60. Attualmente le centrali idroelettriche presenti sul nostro territorio producono da 36 a 46 TWh/anno, in funzione della piovosità. (fonte: Statistiche sulle fonti rinnovabili in Italia - GRTN 2004). Molti esperti ritengono che il territorio italiano abbia una potenzialità idroelettrica annua di circa 65 TWh, a fronte di una produzione energetica lorda nel 2004 di circa 42,7 TWh. Si può quindi affermare che si è quasi al limite di sfruttamento, avendo realizzato grandi impianti in ogni sito ove fosse opportuno e conveniente dal punto di vista tecnico ed economico. La ripartizione della potenza idroelettrica installata in Italia ed in Europa è riportata nelle tabelle seguenti. Essa permette di produrre circa il 15% del totale della produzione elettrica nella UE.

Regione	Potenza (MW)	Produzione 2004 (GWh)
Piemonte	2.202,5	6.264,6
Valle D'Aosta	850,1	2.861,1
Lombardia	4.827,7	9.397,6
Trentino Alto Adige	3.013,9	8.606,3
Veneto	1.081,2	3.666,4
Friuli Venezia Giulia	451,7	1.722,5
Liguria	72,5	238,6
Emilia Romagna	287,0	1.032,8
Toscana	304,6	710,2
Umbria	507,4	1.633,4
Marche	217,2	589,1
Lazio	394,0	1.252,4
Abruzzo	1.001,3	1.864,6
Molise	78,7	229,0
Campania	330,9	621,3
Puglia	-	-
Basilicata	128,1	312,6
Calabria	712,5	1.313,8
Sicilia	152,2	117,3
Sardegna	441,8	311,5
Totale Italia	17.055,6	42.744,4

Tabella 1 - Potenze installate e produzione idroelettrica in Italia nel 2004. (fonte dati GRTN)

Paese	Potenza (GW)
Francia	25,6
Italia	17,1
Spagna	17,7
Svezia	16,4
Austria	11,5
Germania	9,0
Portogallo	4,5
Gran Bretagna	4,3
Grecia	3,0
Finlandia	2,9
Totale Europa	118,3

Tabella 2 - Capacità idroelettrica installata in Europa (fonte dati Eurestat)

3.1 Le turbine idrauliche: principi di funzionamento e classificazione

La turbina idraulica è una macchina motrice (motore primo) che consente di trasformare l'energia cinetica e di pressione dell'acqua in energia meccanica.

Essa si compone di:

- **distributore** (dispositivo fisso): ha la funzione meccanica di indirizzare e regolare la portata in arrivo alla girante e la funzione idraulica di incrementare l'energia cinetica dell'acqua.
- **girante** (dispositivo mobile): è messo in movimento dall'acqua in uscita dal distributore, ha la funzione di trasferire energia meccanica all'albero su cui è montata.

In rapporto alle caratteristiche dinamiche le turbine possono essere classificate in:

- **TURBINE AD AZIONE:** l'energia dell'acqua in uscita dal distributore è solo cinetica (la trasformazione da potenziale a cinetica avviene nel passaggio attraverso un ugello che

provoca un restringimento rispetto al diametro della condotta forzata). Lungo tutto il percorso attraverso la girante il fluido si trova a pressione atmosferica. Le uniche turbine ad azione adottate nella pratica costruttiva sono le PELTON.

- **TURBINE A REAZIONE:** l'energia dell'acqua in uscita dal distributore è in parte cinetica e in parte di pressione (la trasformazione da potenziale a cinetica che avviene nel distributore non è completa: l'acqua ne esce con una velocità minore rispetto alle turbine ad azione, ma dotata di una pressione non nulla). Le turbine a reazione lavorano completamente immerse in acqua e sono dotate nella loro parte terminale di un diffusore. Esistono numerose tipologie riconducibili a FRANCIS e AD ELICA (tra cui le turbine KAPLAN).

In base a salto e portata disponibili si installano turbine differenti, come riportato dalle figure seguenti:

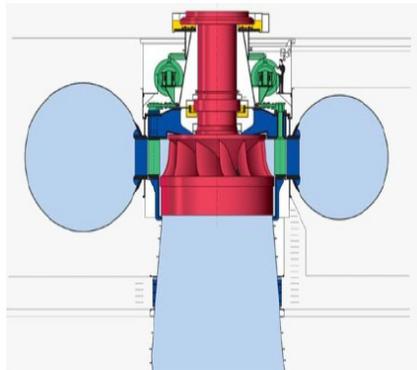


Figura 5 TURBINA FRANCIS: per valori medi di salto e portata (fonte: Energiewelten)

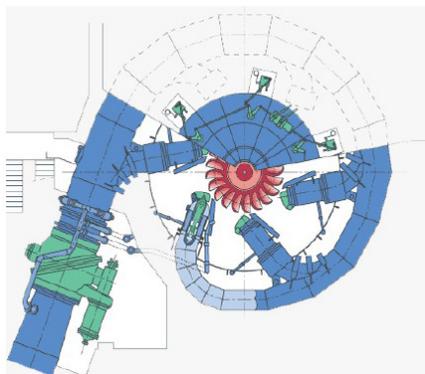


Figura 6 TURBINA PELTON: per notevole salto e modesta portata (*Energiewelten*)

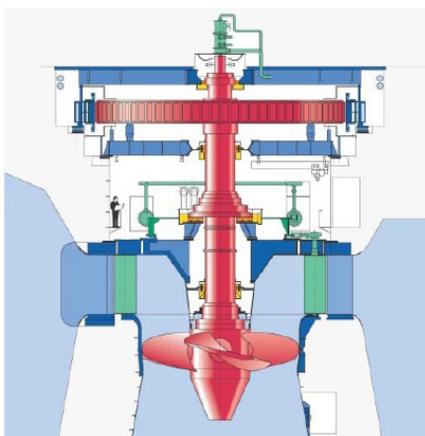


Figura 7 TURBINA KAPLAN: per piccolo salto e notevole portata (*fonte: Energiewelten*)

3.2 La composizione di un tipico impianto idroelettrico

Un impianto idroelettrico è costituito da componenti civili ed idrauliche (diga o traversa di sbarramento, opere di presa e

convogliamento, opere di restituzione) e da opere elettromeccaniche (turbina, alternatore, quadri elettrici, sistemi di comando).

L'acqua viene derivata tramite le opere di presa e convogliata, attraverso canali o condotte, alla vasca di carico dove determina il pelo libero superiore necessario al calcolo del salto utile. Da questo punto, per mezzo di condotte forzate, l'acqua viene portata attraverso gli organi mobili (giranti) ne determina la rotazione. L'albero della girante in rotazione è collegato ad un generatore di elettricità (alternatore); l'acqua in uscita dalla turbina viene rilasciata, per mezzo delle opere di restituzione, nel suo alveo originario ad un livello che determina il pelo libero inferiore.

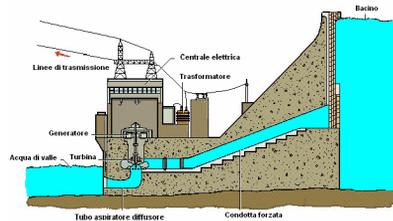


Figura 8 - Schema di impianto idroelettrico con bacino di accumulo

Più nel dettaglio un impianto idroelettrico è costituito dalle seguenti componenti:

- **opere di presa** la cui configurazione dipende dalla tipologia del corso d'acqua intercettato e dall'orografia della zona;
- **opere di filtraggio** finalizzate all'eliminazione dall'acqua di grossi corpi sospesi e le cui tipologie – compresa la possibilità o meno di automazione – dipendono dalla portata derivata e dall'entità dei solidi trasportati dal flusso idrico;
- **opere di convogliamento delle acque** costituite da canali o condotte forzate in funzione dell'orografia e conseguentemente della tipologia di impianto, a basso od alto salto;

- edificio di centrale contenente le opere elettromeccaniche: gruppo turbina-trasformatore, contatori, quadri elettrici e sistemi di controllo;
- **opere di restituzione** delle acque nel corso d'acqua principale.

Alcune applicazioni prevedono infine la realizzazione di **impianti idroelettrici di produzione con pompaggio**, tali da consentire, quando c'è disponibilità energetica in eccesso, di pompare l'acqua dal bacino a quota inferiore a quello a quota superiore reintegrando energia potenziale.

La potenza ottenibile da un impianto è espressa dalla seguente equazione:

$$P = Q \times H \times g \times \eta$$

dove:

P = potenza espressa in kW;

Q = portata d'acqua espressa in m³/s;

H = salto o dislivello espresso in m;

g = accelerazione di gravità espressa in m/s² (pari a 9,8 m/s²);

η = rendimento globale dell'impianto, tipicamente 0,8 – 0,9.

La potenza ottenibile, a parità di portata e salto, dipende dal rendimento globale di trasformazione η dell'impianto (sempre inferiore a 1).

3.3 Aspetti Ambientali

L'idroelettrico è una forma di energia rinnovabile in quanto sfrutta il ciclo idrologico naturale dell'acqua senza comportare il consumo della stessa.

Lo sfruttamento delle acque superficiali per produrre energia elettrica può però avvenire attraverso forme non del tutto sostenibili, come nel caso dei grandi impianti idroelettrici a bacino: questi rispecchiano un modello di produzione energetica che ha indubbiamente portato benefici allo sviluppo economico del nostro paese nei decenni passati, ma che è intrinsecamente affetto da gravi problemi di impatto ambientale.

I grandi impianti, infatti, sono caratterizzati da enorme intensità energetica, grande complessità realizzativa e sensibili effetti sull'ambiente. Le problematiche di impatto ambientale determinate da simili opere sono ben note, fra cui uno dei problemi principali è quello della non costanza del livello dell'acqua lungo i corsi. Una prescrizione nazionale, utile in linea di principio al mantenimento di valori ambientali accettabili lungo i corsi d'acqua, è quella del Deflusso Minimo Vitale (D.M.V.).

A livello italiano non esiste ancora un riferimento normativo che lo quantifichi, ma molte regioni italiane ed Autorità di Bacino hanno già legiferato in tal senso.

Con la sigla D.M.V. (Deflusso Minimo Vitale) si intende la quota minima di acqua che occorre garantire affinché il fiume a valle di una presa rimanga vivo e mantenga una continuità tale da sostenere flora e fauna. I metodi utilizzati per determinare il DMV sono molto vari. Nella letteratura e nelle normative nazionali e di altri paesi vi sono numerosi esempi di calcolo della portata; infatti data la varietà di dimensioni e di tipologie fluviali (includendo corsi d'acqua stagionali, alpini, di pianura, mediterranei, glaciali ecc.), questi metodi sono stati spesso concepiti per andare incontro ad esigenze specifiche e quindi di solito non hanno una validità generale.

4 IMPIANTI MINI-HYDRO

4.1 Classificazione degli impianti

Mini-hidro è il termine con cui la UNIDO (Organizzazione delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Industriale) indica le centrali idroelettriche di potenza inferiore a 10 MW. All'interno della mini-idraulica vale la seguente classificazione:

- pico centrali $P < 5$ kW
- micro centrali $P < 100$ kW
- mini centrali $P < 1.000$ kW
- piccole centrali $P < 10.000$ kW

La classificazione degli impianti di mini-idraulica altro non è che una convenzione utile a rispecchiare differenti modalità realizzative e di funzionamento. Nella realtà Italiana sarebbe più rispondente al reale considerare come limite superiore delle mini-centrali la potenza di 3.000 kW (3 MW) così da essere in linea con la taglia presa a riferimento dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas nelle delibere di determinazione dei prezzi di cessione dell'energia.

Un ulteriore modo di classificare tali impianti si basa sul loro funzionamento in rapporto alla modalità di presa ed accumulo delle acque:

- **Impianti ad acqua fluente:** sono quelli che non godono di capacità di regolazione. La portata derivabile durante l'anno è funzione del regime del corso d'acqua.
- **Impianti a deflusso regolato:** sono quelli che possono regolare la portata tramite un serbatoio di regolazione giornaliero, settimanale o mensile. L'entità della regolazione è connessa alla capacità di accumulo del serbatoio.

4.2 Le potenzialità del mini e micro-idroelettrico in Italia

Uno studio condotto da CNR, ENEA e CIRPS (Centro Interuniversitario di Ricerca Per lo Sviluppo sostenibile) afferma che mini e micro-idroelettrico potrebbero far aumentare la potenza idroelettrica installata in Italia del 50%: dagli attuali 20.000 MW a 30.000 MW. Alcune analisi tecniche evidenziano inoltre che sarebbe possibile installare nanocentrali da alcuni kW di potenza, anche inserite in condotte idriche, per complessivi ulteriori 8.000/10.000 MW. Altra possibilità da prendere ormai in considerazione riguarda lo sfruttamento dell'energia delle maree, del moto ondoso, delle correnti marine e del gradiente termico tra fondali e superficie. In Italia ci sono buone possibilità di sfruttamento delle correnti marine, soprattutto nello stretto di Messina, dove è calcolato un potenziale di circa 15.000 MW. Il potenziale dell'energia da fonte idroelettrica potrebbe così soddisfare complessivamente più del 60% del fabbisogno nazionale di energia elettrica, a fronte di impatti ambientali molto limitati. Di seguito vengono approfonditi aspetti tecnico economici relativi al micro idroelettrico.

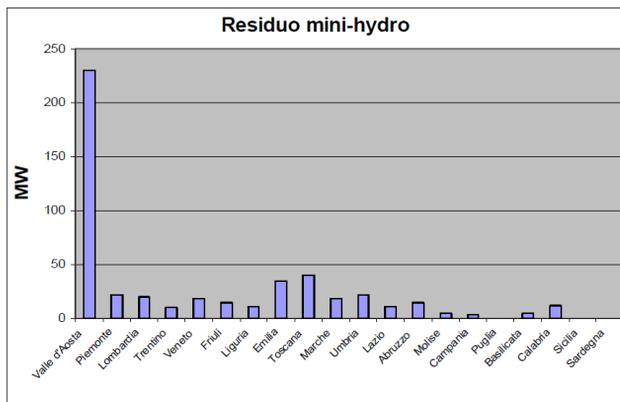


Grafico 1 - Potenziale residuo mini-idroelettrico installabile in Italia (fonte: Ministero dell'Ambiente)

4.3 Impianti Micro-hydro

Come già riportato, secondo la terminologia adottata in sede internazionale vengono denominati **microimpianti idroelettrici** le centrali idroelettriche di potenza **inferiore a 100 kW**.

Tali impianti sfruttano generalmente portate contenute su salti modesti, e il loro rendimento globale di trasformazione (η) ha valori compresi tra 0,5 e 0,7 (inferiore a quelli dei grandi impianti, pari a 0,8 – 0,9). Le turbine utilizzate da questi impianti possono essere di diverse tipologie, come di seguito descritto.

- **Microturbina Pelton:** molto simile alle macchine utilizzate negli impianti di taglia maggiore, è una turbina ad azione adatta ad impianti con salto elevato. Può essere ad asse orizzontale o verticale.
- **Microturbina Turgo:** non molto diffusa in Italia, è una turbina ad azione simile alla Pelton adatta a salti superiori ai 30 m. E' indicata in situazioni di notevole variabilità della portata.
- **Microturbina a flusso radiale o incrociato:** adatta per installazioni a basso e medio salto e portate comprese tra 20 e 1000 l/s, è utilizzata esclusivamente in impianti di piccola potenza. E' caratterizzata da una doppia azione del fluido sulle pale, con possibilità di regolazione della portata da 0 a 100%. Rispetto alle turbine Pelton ha minor rendimento ma maggiore semplicità costruttiva ed adattabilità a salti meno elevati.
- **Miniturbina Francis:** è utilizzabile per potenze con limite inferiore intorno ai 100 kW, per questo motivo è denominata miniturbina. L'utilizzo di turbine a reazione in piccoli impianti è più problematica rispetto all'applicazione delle turbine ad azione.

4.4 Applicazioni

Gli impianti micro-hydro possono essere utilizzati in applicazioni:

- **Off-grid o stand-alone:** sistemi non collegati in rete. In genere si tratta di pico-centrali a servizio di utenze da pochi kilowatt;
- **On-grid o grid-connected:** sistemi connessi alla rete a bassa tensione. In genere sono micro-impianti realizzati per l'autoconsumo che possono vendere l'energia eccedente al distributore locale.

Gli impianti micro-hydro possono trovare applicazione in tutte quelle situazioni in cui esiste un fabbisogno energetico da soddisfare e la disponibilità di una portata d'acqua, anche modesta, su di un salto anche di pochi metri. In simili circostanze l'introduzione di sistemi di utilizzo delle acque risulta di impatto limitato e non modifica la natura e l'uso prevalente dei corsi.

La maggiore diffusione degli impianti di piccolissima taglia è riscontrabile in aree montane, difficilmente raggiungibili e spesso non servite dalla rete nazionale.

In queste zone vengono realizzate o rimesse in funzione microcentrali su corsi d'acqua a regime permanente o torrentizio, e gestite all'interno di pianificazioni che prediligono, per la tutela e conservazione del territorio, la generazione distribuita rispetto a quella concentrata, convenzionale, di grossa taglia.

Il vantaggio, dal punto di vista operativo, è la facilità di gestione dovuta all'introduzione del telecontrollo, in un'ottica di risparmio di risorse e di personale, che si limita alla sola manutenzione ordinaria e straordinaria.

Parimenti vengono utilizzati piccoli corsi d'acqua, ruscelli e torrenti, con applicazioni mininvasive (turbina-alternatore stagni, inseriti direttamente nell'alveo del corso d'acqua) che, inserendosi nell'ambito naturale senza bisogno di opere civili e di controllo, riescono a fornire un contributo di alcuni kW, spesso già sufficienti per alimen-

tare un frigorifero, una radio ricetrasmittente o l'illuminazione di un rifugio o di una baita.

Come già detto, un'altra possibilità di crescente notevole interesse è quella del recupero energetico: ogni qualvolta si è di fronte a sistemi di tipo dissipativo è possibile installare una turbina finalizzata al recupero energetico.

I sistemi idrici nei quali esiste una simile possibilità possono essere tanti:

- acquedotti locali o reti acquedottistiche complesse;
- sistemi idrici ad uso plurimo (potabile, industriale, irriguo, ricreativo, etc...);
- sistemi di canali di bonifica ed irrigui;
- canali o condotte di deflusso per i superi di portata;
- circuiti di raffreddamento di condensatori di impianti a motori termici.

4.5 Aspetti economici

Dal punto di vista economico, la valutazione dell'investimento per la realizzazione di piccoli impianti idroelettrici deve considerare vari aspetti.

Gli impianti idroelettrici, come altri impianti da fonte rinnovabile, differiscono dagli impianti termoelettrici convenzionali per il fatto che hanno costi di investimento relativamente più elevati, a fronte però di costi di esercizio estremamente più bassi.

E' possibile affermare, in prima approssimazione, che il costo di investimento possa variare tra 1.500 e 2.700 €/kW installato, mentre i costi operativi annui sono stimabili nel 2-3% del costo di investimento. Considerando un numero medio annuo di ore di funzionamento pari a 3700 h e la durata tecnica dell'impianto pari a 20

anni, il costo di produzione dell'energia risulta compreso tra 0,043 e 0,103 €/kWh.

ore di funzionamento annuo = 3700 durata tecnica dell'impianto = 20 anni	Valore minimo	Valore massimo
Costo di investimento (€/kW)	1.500,00	2.700,00
Costi operativi (€/kW anno)	30,00 - 45,00	54,00 – 81,00
Costo di produzione dell'energia (€/kWh)	0,043	0,103

Tabella 3 – costi specifici

Sono disponibili in letteratura diversi studi che correlano, in maniera più o meno dettagliata, costi di investimento e potenza installata. Ad esempio, è possibile stimare il costo dell'investimento per un impianto mediante un modello di calcolo elaborato dall'ESHA (European Small Hydropower Association) che non tiene conto del salto ed è generalmente valido per medie ed alte cadute. I risultati sono illustrati dalla figura seguente. La figura successiva, invece, valida per impianti mini-idroelettrici con max 5 metri di salto, restituisce un'indicazione precisa del costo dell'impianto normalizzato al kW installato.

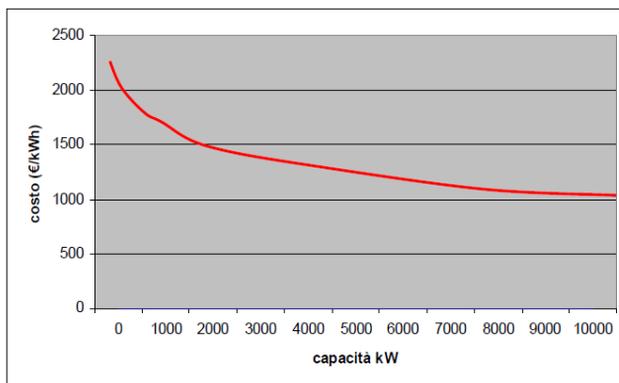


Grafico 2 - Costo per kW di capacità installata nel mini idroelettrico a media - alta caduta (Fonte: ESHA)

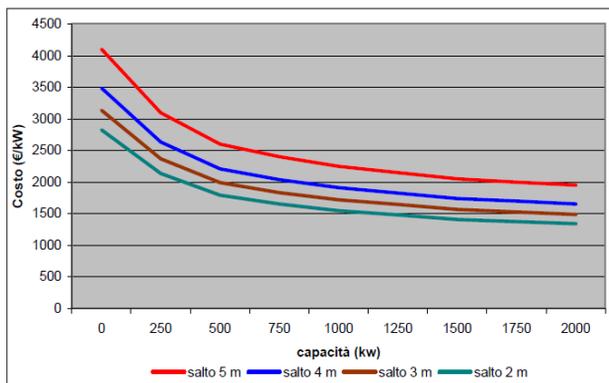


Grafico 3 - Costo per kW di capacità installata nei mini idroelettrici a bassa caduta (Fonte: ESHA)

4.6 Gestione dell'impianto (manutenzione e gestione)

Data la modesta complessità costruttiva di un microimpianto, manutenzione e gestione risultano molto semplificate rispetto agli impianti di taglia maggiore. Non è richiesta la presenza di un custode fisso, ma di un operatore che saltuariamente verifichi la corretta funzionalità delle opere idrauliche (di presa e filtraggio) e di quelle elettromeccaniche (turbina-alternatore).

La gestione avviene come già detto in remoto, attraverso sistemi di comando e telecontrollo che consentono, mediante un PC, di ricevere dati e fornire comandi all'impianto.

4.7 Azioni da intraprendere per la realizzazione di micro impianti

4.7.1 Micro-impianti idroelettrici di potenza inferiore a 20kW

- Le fasi da seguire per la realizzazione di un micro-impianto idroelettrico sono le seguenti: Scelta del sito e valutazione delle grandezze utili (portata e salto disponibili, potenza); Analisi delle autorizzazioni richieste;

- Studio di fattibilità dell'impianto e analisi dei costi;
- Scelta di progettista e costruttore;
- Costruzione;
- Gestione dell'impianto (manutenzione e gestione).

La scelta del sito viene condotta in base a:

- Disponibilità dei terreni (verifica delle proprietà o di vincoli);
- Accessibilità del sito (migliore è l'accessibilità al corso d'acqua, minore sarà l'impatto sullo stesso provocato da eventuali opere e infrastrutture);
- Valutazione delle grandezze di riferimento (portata e salto disponibile).

Come visto gli elementi che consentono di scegliere un sito per la realizzazione di un impianto idroelettrico si riferiscono al salto ed alla portata disponibili. Il prodotto dei due termini fornisce, a meno dell'accelerazione di gravità ($9,81 \text{ m/s}^2$) e del rendimento medio globale, la potenza dell'impianto.

Scelto un sito che risponda ai requisiti sopra enunciati, si passa alla verifica della **portata (Q)** d'acqua (l/s) e del **salto (H)** (m). Noti tali valori, il calcolo della **potenza teorica (watt)** si ottiene come segue:

$$P_{\text{teorica}} = Q \text{ [l/s]} \times H \text{ [m]} \times 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

La turbina ha un rendimento meccanico compreso tra il 50% e il 70%, per cui la potenza meccanica effettiva è pari a:

$$P_{\text{mecc}} = P_{\text{teorica}} \times \eta_m \text{ (rendimento meccanico)}$$

Infine per ottenere la potenza elettrica, si applica un'ulteriore riduzione per tenere conto del rendimento del generatore, pari circa all' 85%

$$P_{\text{elettrica}} = P_{\text{mecc}} \times \eta_e \text{ (rendimento elettrico)}$$

La valutazione del salto può essere fatta con un altimetro; la valutazione della portata è piuttosto complessa in quanto richiede di solito uno studio del regime del corso d'acqua che si vuole sfruttare.

La portata può essere misurata sperimentalmente. Si può determinare per punti la forma della sezione idrica di interesse, ricavarne l'area (prodotto della larghezza del pelo libero della sezione per un valore di altezza media della corrente), parallelamente misurare la velocità della corrente mediante un galleggiante, ed infine moltiplicare i due termini misurati sperimentalmente.

4.7.2 Micro-impianti idroelettrici di potenza superiore a 20kW

Nel caso di potenze più grandi (maggiori di 20 kW) per avere un quadro della potenzialità dell'impianto è necessario procedere ad uno studio idrologico che può essere condotto utilizzando metodi diretti o indiretti. I primi permettono di ricavare la portata nella sezione di interesse mediante misure sperimentali o partendo dalle serie storiche di dati idrologici disponibili sul corso d'acqua. I secondi ottengono la portata attraverso la trasformazione afflussi deflussi (basandosi cioè sullo studio delle precipitazioni) oppure ricavandola per estrapolazione da corsi d'acqua vicini. Una caratterizzazione idrologica di prima approssimazione del bacino può venire dall'esame degli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (S.I.M.I.). La pratica progettuale

richiederebbe poi di ricavare la *curva media di durata delle portate*. Ne risulta una curva che in ordinata mostra la portata dal valore

massimo a quello di magra, ed in ascissa i giorni dell'anno in cui la corrispondente portata viene uguagliata o superata.

La curva di durata consente di visualizzare in modo chiaro la portata che occorre lasciar defluire nel corso d'acqua per tutto l'anno come in seguito regolato dal disciplinare (comprende il Deflusso Minimo Vitale ed il quantitativo d'acqua che deve essere garantito a valle per altri usi civili, irrigui, industrial) e la portata massima derivabile dall'impianto.

La stima della producibilità annua dell'impianto che si intende realizzare può essere effettuata prendendo a riferimento un valore di 2.000 ore medie annue di funzionamento. Questo numero può in realtà essere anche molto più elevato, ma conviene attestarsi in via cautelativa sul valore sopraindicato soprattutto lungo i corsi d'acqua a regime torrentizio soggetti a lunghi periodi di magra.

$$\text{Producibilità annua [kWh/anno]} = P \text{ elettrica [kWinstallati]} \times h \text{ di funzionamento annuo}$$

4.8 Riattivazione di vecchie micro-centrali

Nel caso di riattivazione di un impianto in disuso, la documentazione da produrre per l'autorizzazione all'utilizzo è sostanzialmente differente in base alla presenza o meno di una concessione ancora attiva per lo sfruttamento delle acque ai fini idroelettrici.

4.8.1 Presenza di una concessione ancora attiva

Nel caso in cui il proprietario della centrale sia in possesso di una concessione all'utilizzo delle acque ai fini idroelettrici valida, la concessione per la riattivazione della centrale è subordinata alle modifiche che si vogliono effettuare all'impianto stesso.

- **Nessuna modifica:** Nel caso non vengano eseguite modifiche alla centrale non dovrà essere presentata alcuna documentazione presso l'amministrazione di competenza. In

questo caso specifico risulterà esclusivamente necessario ripristinare i contatti con l'Ufficio Tecnico di Finanza di competenza, il GRTN e le amministrazioni locali interessate dall'intervento quali comuni, consorzi irrigui o comunità montane.

- **Modifiche NON Strutturali:** Nel caso si esegua una semplice manutenzione, quindi si eseguano lavori di ristrutturazione e di sostituzione che non vadano a variare le condizioni definite nella concessione in possesso (portata, potenza installata...), bisognerà presentare una relazione tecnico-descrittiva dei lavori presso l'amministrazione provinciale di competenza. Tale documento dovrà essere esclusivamente di carattere informativo per l'organo di controllo, in modo che quest'ultimo possa verificare l'effettiva non variazione dei parametri fondamentali dell'impianto. Questo tipo di procedura non sarà soggetta a nessuna fase di verifica istituzionale e avrà esclusivamente lo scopo di informare l'ente preposto dei lavori in essere.
- **Modifiche Strutturali:** Qual'ora risultino necessari per la riattivazione della centralina idroelettrica interventi strutturali che vadano a variare le condizioni definite nella concessione in possesso, bisognerà presentare presso l'amministrazione provinciale una nuova domanda di concessione delle acque ai fini idroelettrici. Nel caso la dimensionalità dell'intervento lo richieda sarà anche necessario presentare la Valutazione d'Impatto Ambientale. Risulta quindi chiaro che qual'ora si operino interventi strutturali su una centralina dimessa, decade la vecchia autorizzazione e sia necessario produrre una nuova domanda per la concessione all'utilizzo delle acque al pari di un intervento ex-novo.

4.8.2 Assenza di una concessione ancora attiva

Nel caso la centralina idroelettrica risultasse sprovvista di concessione provinciale o comunque quest'ultima risultasse scaduta,

bisognerà presentare presso l'amministrazione stessa una nuova domanda per la concessione delle acque ai fini idroelettrici, e se necessario anche la Valutazione d'Impatto Ambientale. Risulta quindi chiaro che benché l'impianto sia esistente, una volta decaduta la vecchia autorizzazione risulta necessario produrre una nuova domanda per la concessione all'utilizzo delle acque al pari di un intervento ex-novo.

4.9 Azioni programmatiche: il ruolo degli enti locali

Il ruolo degli enti locali nella programmazione e pianificazione del territorio è di indubbia importanza, poichè contribuisce a definire i metodi per il raggiungimento degli obiettivi designati nelle fasi programmatiche di livello superiore.

In tema energetico-ambientale gli enti pubblici locali, sulla base delle indicazioni provenienti dai Piani Energetici Regionali e Provinciali, hanno la possibilità di progettare sistemi ambientali sostenibili che contribuiscano a dare al territorio una spiccata caratterizzazione ambientale.

Ma in che modo le realtà locali quali Comuni, Comunità Montane o Rivierasche, Enti Parco o Zone di Tutela e Salvaguardia Ambientale possono attivarsi per favorire o diffondere l'uso delle fonti rinnovabili di energia?

Di seguito sono riportate alcune procedure e riferimenti.

4.9.1 Quadro di riferimento

L'utilizzo delle risorse energetiche, la programmazione degli obiettivi di consumo, il ricorso a fonti energetiche rinnovabili sono linee definite dalle Regioni (D.Lgs. 112/98).

Comunità. Europea (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/)

Direttiva Europea concernenti le fonti rinnovabili (*Direttiva 2001/77/CE*);

Programmi Quadro di finanziamento(http://europa.eu.int/comm/research/fp6/index_en.html)

Piani Energetici Regionali e normativa sul decentramento Stato - Regioni

D. Lgs. 112/98 (Funzioni e compiti amministrativi dallo Stato alle regioni);

D Lgs. 96/99 (Ripartizione funzioni amministrative tra Regioni ed Enti Locali);

Rapporto Energia e Ambiente 2004 – L'analisi - ENEA (Quadro completo della normativa

regionale e dei programmi di finanziamento per l'energia e l'ambiente).

4.11.2 Ruolo degli Enti Locali

L'ente pubblico, la comunità o il bacino di aggregazione deve allinearsi alle indicazioni emanate dalla Regione di appartenenza e più specificamente dalla Provincia (*Piani Energetico-ambientale della Regione e/o Provincia di appartenenza*), qualora intenda approntare una propria campagna di promozione e sviluppo delle fonti rinnovabili e dello sviluppo sostenibile.

Il riferimento poi a programmi o fondi sviluppati in ambito CE è d'obbligo qualora si vogliano cogliere le opportunità e le esperienze a livello europeo.

Le opportunità che si offrono ad un ente locale per lo sviluppo e la diffusione delle fonti rinnovabili sono molteplici e non necessariamente impegnative dal punto di vista dei costi. Proviamo ad elencare solo alcune delle possibili azioni attuabili.

comunicazione	Aiuto alla diffusione	investimenti
Campagna di informazione e di adozione di un programma a favore delle fonti rinnovabili e sostenibili	Adozione di procedure amministrative semplificate per il rilascio delle autorizzazioni all'installazione ed esercizio degli impianti	Acquisto/installazione di microgeneratori per edifici/spazi degli enti pubblici
Campagna di informazione circa le potenzialità del territorio per l'impiego di tecnologie sostenibili	Individuazione di aree dedicate all'impiego di queste tecnologie e di procedure unificate e standard per l'inserimento nell'ambiente	Acquisto/installazione di sistemi di monitoraggio; definizione di una carta di criteri per l'inserimento ambientale
Adozione di un programma (valido per enti parchi e zone protette) di "emissioni zero" nell'area insistente o confinate con quella sottoposta a tutela	Definizione degli obiettivi all'interno delle aree protette e ricerca di sponsorship per l'installazione degli impianti	Installazione di impianti-pilota e monitoraggio degli stessi
Promozione di campagne di comunicazione presso le scuole	Istituzione di concorsi tra le scuole, con il patrocinio di Agenzie nazionali e/o delle Istituzioni.	Stanziamento di premi e/o fondi per l'attività di diffusione presso le scuole.

Tabella 4 – possibili azioni enti locali



EPIQ S.r.l.

mail info.epiq@gmail.com; cell. +39 335 7616360
Via Soella n.21 36066 Sandrigo (VI) - Italia