

Fabio Andreolli



Dario Flaccovio Editore

# Impianti micro idroelettrici

Progetto e installazione

[Scheda sul sito >](#)



- ✓ Valutazione dell'investimento, procedure autorizzative
- ✓ Ciclo dell'acqua, cenni di idraulica, tecnologie
- ✓ Soluzioni realizzative, manutenzione e sicurezza
- ✓ Principali riferimenti normativi

Fabio Andreolli

# **IMPIANTI MICRO IDROELETTRICI**

Progetto e installazione



Dario Flaccovio Editore

*Dedicato alla mia famiglia*

Fabio Andreolli

IMPIANTI MICRO IDROELETTRICI – Progetto e installazione

ISBN 978-88-579-0135-0

© 2012 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

[www.darioflaccovio.it](http://www.darioflaccovio.it)    [info@darioflaccovio.it](mailto:info@darioflaccovio.it)

Prima edizione: giugno 2012

Andreolli, Fabio <1964->

Impianti micro idroelettrici : progetto e installazione / Fabio Andreolli. –

Palermo : D. Flaccovio, 2012.

ISBN 978-88-579-0135-0

1. Impianti idroelettrici.

627.8 CDD-22

SBN Pal0243979

*CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana “Alberto Bombace”*

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, giugno 2012

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

# INDICE

*Presentazione di Giorgio Biliato*

*Presentazione di Luca Dotti*

*Premessa*

## **1. L'energia idroelettrica**

1.1. Cenni introduttivi.....	»	1
1.2. L'Europa 2020-20 .....	»	3
1.3. Il ruolo dell'idroelettrico.....	»	5
1.4. Micro e pico idroelettrico .....	»	7

## **2. La valutazione dell'investimento**

2.1. L'approccio.....	»	11
2.2. La producibilità elettrica.....	»	15
2.3. Il contratto di vendita dell'energia .....	»	16
2.3.1. Impianti con potenza uguale o inferiore a 20 kW .....	»	17
2.3.2. Impianti con potenza superiore a 20 kW.....	»	20
2.4. Costi degli impianti .....	»	22
2.5. I benefici ambientali .....	»	23

## **3. Procedure autorizzative**

3.1. Cenni introduttivi.....	»	25
3.2. La concessione di sfruttamento dell'acqua .....	»	26
3.3. Altre autorizzazioni .....	»	30
3.4. Valutazione impatto ambientale .....	»	31
3.4.1. Impatto paesaggistico.....	»	32
3.4.2. Impatto naturalistico .....	»	33
3.4.3. Impatto acustico .....	»	35
3.4.4. Impatto dei campi elettromagnetici sulle telecomunicazioni.....	»	36
3.4.5. Impatto sulla sicurezza dei luoghi.....	»	36

## **4. Il ciclo dell'acqua**

4.1. L'acqua.....	»	39
-------------------	---	----

4.2.	Nuvole e vento .....	»	40
4.3.	Il sistema idrico .....	»	41
4.4.	Banche dati e mappe .....	»	41
4.5.	La misura di portata.....	»	44
4.5.1.	Misure dei corsi d'acqua.....	»	44
4.5.2.	Misure in tubi e condotte.....	»	46
4.6.	Le misure di livello.....	»	47
4.7.	La misura di precipitazione .....	»	48
4.8.	Raccomandazioni generali riguardo le misure.....	»	49

## 5. Cenni di idraulica

5.1.	Cenni introduttivi.....	»	51
5.2.	Energia e carico idraulico.....	»	51
5.3.	Le perdite di carico.....	»	54
5.3.1.	Perdite in condotte e tubazioni.....	»	54
5.3.2.	Perdite di circuito .....	»	55
5.3.3.	Perdite in canali e corsi d'acqua .....	»	56
5.4.	Potenza idraulica disponibile.....	»	57
5.5.	Fenomeni transitori.....	»	58

## 6. Le tecnologie

6.1.	Componenti.....	»	61
6.2.	Sbarramenti e derivazioni.....	»	62
6.2.1.	Griglie e paratoie.....	»	64
6.2.2.	Condotte e canali.....	»	66
6.3.	Sistema elettromeccanico .....	»	67
6.3.1.	Turbine a coclea o vite di Archimede .....	»	69
6.3.2.	Motrici a stantuffo.....	»	70
6.3.3.	Ruote alimentate dal basso ( <i>undershot</i> ) .....	»	70
6.3.4.	Ruote alimentate tangenzialmente ( <i>breastshot</i> ) .....	»	72
6.3.5.	Ruote alimentate dall'alto ( <i>overshot</i> ).....	»	73
6.3.6.	Turbine Francis.....	»	74
6.3.7.	Turbine Kaplan e a elica .....	»	76
6.3.8.	Turbine a bulbo e a sifone.....	»	77
6.3.9.	Turbine Pelton.....	»	77
6.3.10.	Turbine Turgo .....	»	79
6.3.11.	Turbine a flusso incrociato Banki-Michell o Ossberger.....	»	80
6.3.12.	Generatori.....	»	82
6.3.13.	Accoppiamenti turbina-generatore e lubrificazione .....	»	84
6.3.14.	Regolazione automatica e telecontrollo.....	»	85
6.3.15.	Connessione elettrica alla rete.....	»	89

**7. Possibili soluzioni realizzative**

7.1. Impianti in isola .....	»	91
7.2. Impianti connessi in rete per lo scambio sul posto .....	»	93
7.3. Impianti connessi solo in rete .....	»	94
7.4. Impianti ibridi .....	»	96
7.5. Impianti a recupero di energia idroelettrica a idrogeno .....	»	97
7.6. Green design .....	»	98
7.7. Nuove soluzioni .....	»	103
7.7.1. Turbine Tidal .....	»	103
7.7.2. Ruote flottanti .....	»	105
7.7.3. Boe flottanti .....	»	105
7.7.4. Impianti inseriti in acquedotti .....	»	106
7.7.5. Recupero di energia da processi industriali .....	»	106
7.7.6. Impianti inseriti in scarichi fognari e pluviali .....	»	107
7.7.7. Impianti inseriti in tubazioni domestiche per l'acqua potabile .....	»	107

**8. Il progetto**

8.1. Fasi principali .....	»	109
8.2. Studio di fattibilità .....	»	109
8.3. Realizzazione .....	»	114

**9. Manutenzione e sicurezza**

9.1. Manutenzione .....	»	119
9.2. Cavitazione e colpo d'ariete .....	»	123
9.3. Sicurezza .....	»	125

Principali riferimenti normativi .....	»	127
----------------------------------------	---	-----

Bibliografia e sitografia .....	»	131
---------------------------------	---	-----

# PRESENTAZIONE

di Giorgio Biliato

L'utilizzo del ciclo dell'acqua al fine di produrre potenza risale agli albori dell'evoluzione tecnologica: importanti testimonianze circa l'impiego di mulini ad acqua ci giungono dall'età classica. Quella idraulica è stata un'importante fonte di energia per i primi prototipi di macchine rinascentali e ha giocato un ruolo fondamentale in fondamentali passaggi chiave dello sviluppo dell'era moderna: basti pensare agli albori della rivoluzione industriale, all'elettrificazione, in particolare quella del nostro Paese, in cui l'idroelettrico ha giocato un ruolo di primo piano anche in relazione alla ridotta disponibilità di altre risorse.

Nel corso della seconda metà del secolo scorso la tecnologia dell'idroelettrico si è evoluta in modo eccezionale, giungendo fino alla realizzazione di unità di generazione tra le più grandi in assoluto (varie centinaia di MW come taglia unitaria). Ma l'idroelettrico non ha perso attualità: ancora oggi quella idroelettrica è la più importante (in termini di contributo al bilancio energetico) tra le fonti energetiche cosiddette rinnovabili e, a livello mondiale, l'impiego delle risorse idriche ai fini idroelettrici (che contribuisce per quasi 1/5 alla produzione elettrica globale) gioca un ruolo non trascurabile nello sviluppo delle economie emergenti. A questa importante risorsa si guarda con interesse anche in relazione agli obiettivi sempre più pressanti di riduzione delle forme di inquinamento su scala globale nonché come campo in cui promuovere iniziative di sfruttamento su piccola scala per realizzare progetti di recupero/efficientamento energetico (ad esempio sfruttamento dei canali irrigui o dei rilasci che garantiscono il deflusso minimo vitale dei corsi d'acqua). Insomma l'idraulica e il mondo dell'energia sono da sempre intimamente legati e questo legame si presenta stabile anche per il futuro. Nel mondo industrializzato e nel nostro Paese, in particolare, nonostante lo storico e sistematico sfruttamento della risorsa idrica ai fini idroelettrici, le potenzialità del cosiddetto mini e micro idroelettrico appaiono a tutt'oggi interessanti e promettenti per il conseguimento di importanti obiettivi sul piano energetico, economico e ambientale.

Questo libro ha la legittima ambizione di essere un'introduzione interessante e ricca di spunti e curiosità, utile sia allo studente sia al tecnico sia a chi desidera investire risorse nel settore, che descrive la struttura e la tipologia degli impianti



X

Impianti micro idroelettrici

pico e micro idroelettrici; è altresì una guida alla consapevolezza e alla soluzione delle problematiche costruttive e realizzative degli stessi, non ultime quelle legate agli aspetti autorizzativi e alla verifica della sostenibilità economica.

L'Autore ha maturato una significativa esperienza come progettista e coordinatore di importanti progetti ed è quindi pienamente titolato a condividere quanto ha appreso "sul campo", cosa che riesce a fare senza essere mai ridondante e noioso, ma anzi con ricchezza di spunti e stimolando la curiosità che, per chi lo conosce, è anche una delle sue caratteristiche salienti.

Ing. Giorgio Biliato

*Responsabile Sviluppo & Eccellenza Operativa Edipower S.p.A.*

# PRESENTAZIONE

di Luca Dotti

L'acqua è da sempre una fonte importante di energia. Il processo di produzione, semplice ed efficace, ha permesso lo sviluppo dell'industria e dell'economia nel nostro paese nell'ultimo secolo.

Negli ultimi decenni questa tecnologia ha subito notevoli innovazioni in termini di affidabilità, sicurezza e rendimento tanto da portare a considerare vantaggioso lo sfruttamento del residuo potenziale idroelettrico che in Italia consiste principalmente in piccoli corsi d'acqua dotati di portate modeste o stagionali e dislivelli utili limitati.

Il libro si concentra su un ventaglio di potenze in forte espansione (da qualche kilowatt a pochi megawatt) che suscitano notevole interesse sia tra i privati sia tra le pubbliche amministrazioni per l'elevata versatilità, semplicità, affidabilità, economia e rispetto per l'ambiente. Si focalizza in modo esaustivo l'attenzione del lettore con esempi reali dell'applicazione di questa tipologia di impianto idroelettrico, mostrando interessanti casi dove si sono installati mini o micro impianti anche dove altre fonti di energia non sono disponibili a costi ragionevoli.

La pubblicazione affronta dunque tutti gli aspetti per un corretto approccio e sviluppo dell'argomento, dalla progettazione alla realizzazione, senza tralasciare alcun dettaglio della seppur vasta materia. Si pone luce ai grandi vantaggi che questi impianti di piccola taglia riescono a garantire in termini di esercizio e manutenzione, anche grazie al recente sviluppo della gestione da remoto e del telecontrollo degli impianti stessi.

In un settore storico dell'energia, all'interno del quale in più di un secolo si è scritto tanto, mancava nella biblioteca del semplice appassionato, come in quella del tecnico progettista, questo utile testo che marca le linee guida per una tecnologia di produzione di energia rinnovabile di grande attualità con ampio margine di crescita nel futuro in un'ottica di sviluppo sostenibile.

Tanto più micro idro, tanto meno impatto con l'ambiente.

Ing. Luca Dotti  
*Gestione Idroelettrica*

## PREMESSA

Nella società moderna l'acqua si è trasformata da risorsa strettamente destinata alla sopravvivenza degli esseri viventi a bene indispensabile per lo sviluppo di settori economici e produttivi e per il mantenimento di adeguati livelli di qualità della vita.

Questo testo è destinato a tutti coloro che, attratti dalle energie provenienti da fonti rinnovabili, in particolare da quella idroelettrica, sono interessati a valutare correttamente il potenziale, anche etico, di un investimento e a conoscere i criteri fondamentali per progettare e realizzare impianti di taglia micro o pico a un costo contenuto e con un rapido raggiungimento del punto di pareggio dell'investimento. Nel testo ho raccolto appunti, esperienze, fotografie e disegni che ho sintetizzato in forma di guida da consultare ogni qualvolta se ne presenti la necessità.

Il libro si articola in un percorso che conduce il lettore a conoscere la necessità e il valore economico ed etico delle fonti rinnovabili come quella idroelettrica, la loro origine fisica e la tecnologia a disposizione, nonché le modalità di progettazione e realizzazione di un impianto, anche attraverso esempi concreti. In conclusione sono riportate le norme di riferimento e le fonti di consultazione, comprese quelle più referenziate disponibili su Internet.

Auguro a tutti una buona lettura e rilettura di questo mio testo che vuole essere una guida utile in ogni momento, cercando di ricordare comunque e sempre che l'acqua rappresenta per l'uomo, come afferma l'Organizzazione delle Nazioni Unite *the vital lines of communication in nature* e come tale va rispettata.

L'Autore

# 1. L'ENERGIA IDROELETTRICA

## 1.1. Cenni introduttivi

La tecnologia dello sfruttamento dell'acqua come fonte di energia ha origini molto lontane nella storia dell'umanità e nasce dalle deduzioni scientifiche di uomini che cercavano di comprendere le forze della natura e trovare un sostituto all'energia allora impiegata, basata sullo sfruttamento muscolare dei loro simili e degli animali. Nascono così macchine idrauliche come ruote e stantuffi che generano energia meccanica dalle forze potenziali e cinetiche dell'acqua e azionano macchine, segherie, mantici, magli, mole, frantoi, follatrici, soffianti che permettono di produrre in modo continuo e in grande quantità.

Il limite di questa forma di energia è duplice: è disponibile solo nei pressi di un corso o un bacino d'acqua e non è trasportabile.

Con l'avvento dei generatori elettrici rotanti come dinamo e alternatori, accoppiati alle macchine idrauliche, nascono gli impianti idroelettrici, che permettono di trasformare l'energia in elettricità, facilmente trasportabile a distanza, e di convertirla in altra forza motrice, calore e luce.

La prima centrale idroelettrica nasce grazie all'ingegno dell'imprenditore e ambientalista convinto inglese William George Armstrong. Questi, nel 1878, fa progettare la sua abitazione di campagna a Cartington, in Inghilterra, dall'architetto scozzese Norman Shaw, la chiama *Cragside* e la fa dotare di una ruota idraulica che sfrutta per azionare la lavanderia, un girarrosto, un ascensore e una dinamo. Con l'energia prodotta dalla dinamo alimenta una lampada ad arco, che poco tempo dopo sostituisce con una lampada ad incandescenza, appena inventata dall'inglese Joseph Wilson Swan, e illumina così artificialmente la sua galleria d'arte.

Nel 1881 viene inaugurata la prima centrale idroelettrica costruita per fornire energia alla città di New York; si chiama Schoelkopf Power Station No. 1 ed è alimentata dal corso d'acqua che termina nelle cascate del Niagara. Due anni dopo, in settembre, il tecnico Lorenzo Vanossi idea e mette in opera, a Chiavenna, in provincia di Sondrio, il primo impianto microelettrico italiano azionato idraulicamente; questo alimenta 30 lampade a incandescenza per illuminare il

cotonificio Amman e sostituisce gli obsoleti e fumosi lucignoli a petrolio impiegati precedentemente. Nel 1883, a Tivoli, in provincia di Roma, entra in servizio la prima centrale idroelettrica italiana, che produce 62 kW in corrente continua alla tensione di 100 volt. Con essa viene illuminato il paese sfruttando il corso dell'Aniene. Nel 1887 cresce di potenza, raggiunge i 185 kW e, tramite una linea elettrica lunga 25 km, raggiunge Porta Pia a Roma. Anche la capitale d'Italia finalmente è illuminata artificialmente. Sulla scorta di questa esperienza, nel 1898, viene inaugurata la prima grande centrale. Si tratta della "Angelo Bertini", a Porto d'Adda, in provincia di Monza e Brianza, della potenza di 11 MW, che ha lo scopo di fornire energia elettrica ai nuovi tram che cominciano a circolare a Milano in sostituzione dei vecchi omnibus trainati da cavalli.

Da qui in avanti prosegue l'ascesa degli impianti idroelettrici, fino ad arrivare ai nostri giorni, che vedono la loro rivalutazione in quanto in grado di erogare energia domestica autoprodotta, come in origine, oltre a fornire energia ai nuovi veicoli urbani motorizzati elettricamente.

L'attuale successo di questa forma di sfruttamento e generazione di energia è sostanzialmente dovuto alla larga disponibilità di tecnologie e prodotti affidabili, alla convenienza economica (si pensi ad esempio alla possibilità di poter produrre indipendentemente da crisi economiche e politiche, contrariamente a molte fonti



Figura 1.1. La centrale "Bertini" di Porto D'Adda (MB), prima grande centrale idroelettrica italiana

oggi utilizzate) e alla valenza etica di tutte le fonti rinnovabili nell'ottica del rispetto dell'ambiente.

Esistono poi i piccoli impianti di produzione denominati *micro* e *pico*, nel passato relegati a funzioni di alimentazione di soccorso per abitazioni isolate (rifugi alpini, baite, isole, fari ecc.) o, nel settore agricolo in particolare, per l'azionamento di pompe dell'acqua per pozzi, mulini e così via. Oggi presentano taglie fino a 100 kW e possono soddisfare molte utenze domestiche e industriali di piccole dimensioni, godendo di tutti gli incentivi vigenti.

Come per tutti gli investimenti basati sullo sfruttamento di fonti rinnovabili, la produzione di energia dipende dalla disponibilità della fonte energetica, in questo caso idrica, pertanto le caratteristiche e l'ubicazione geografica dell'impianto determinano la continuità della produzione.

Se paragonati ai principali impianti alimentati da altre fonti rinnovabili, gli impianti micro e pico idroelettrici richiedono la presenza di importanti infrastrutture, quali corsi o invasi, e concessioni per lo sfruttamento dell'acqua. Tuttavia, dato che possono operare indipendentemente dalla presenza della luce, consentono di produrre energia in quantità superiori rispetto a un impianto fotovoltaico. Inoltre si dimostrano vantaggiosi rispetto al geotermico, praticabile solo in limitatissime realtà geografiche, oppure ancora alle biomasse, soggette al variare del costo del combustibile e al continuo controllo e abbattimento delle emissioni gassose.

È da rimarcare che il settore sta ampliando il proprio raggio d'azione con lo sfruttamento delle energie del mare, quali maree, correnti e onde.

## 1.2. L'Europa 2020-20

L'Unione Europea ha svolto un ruolo di primo piano nell'elaborazione dei due grandi trattati internazionali sui cambiamenti climatici: la *Convenzione quadro* delle Nazioni Unite del 1992 e il relativo *Protocollo di Kyoto*, approvato nel 1997.

Nonostante si tratti di due risultati importanti, le recenti prove scientifiche dimostrano che urge un'azione globale molto più ampia e rapida per evitare che l'effetto serra raggiunga livelli irreversibili. A titolo di esempio, la temperatura media globale è già aumentata di 0,8 °C rispetto all'era preindustriale.

In occasione della conferenza ONU del dicembre 2009 sui cambiamenti climatici, l'Unione Europea ha offerto il proprio sostegno all'accordo di Copenaghen, considerato il primo passo verso un trattato globale giuridicamente vincolante in grado di sostituire il Protocollo di Kyoto nel 2013.

Nel 2008 l'Europa ha assunto l'impegno incondizionato di ridurre le emissioni entro il 2020 di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990 e sta già attuando norme vincolanti al fine di:

- ridurre i gas a effetto serra del 20%;
- ridurre i consumi energetici del 20% attraverso un aumento dell'efficienza energetica;
- soddisfare il 20% del fabbisogno energetico europeo mediante l'utilizzo delle energie rinnovabili.

Questa azione è mirata a indirizzare l'Europa verso un futuro sostenibile sviluppando un'economia a basse emissioni di CO<sub>2</sub> improntata all'efficienza energetica, rafforzando la sostenibilità e la sicurezza degli approvvigionamenti, contribuendo nel contempo a promuovere lo sviluppo economico e l'occupazione e a limitare i costi energetici per le famiglie e le imprese.

Al vertice di Copenaghen, scienziati e uomini politici hanno riconosciuto che il surriscaldamento del pianeta non deve superare i 2 °C; per rimanere al di sotto di questa soglia, le emissioni globali devono stabilizzarsi prima del 2020, per poi essere almeno dimezzate rispetto ai livelli del 1990 entro il 2050, e continuare anche in seguito a diminuire.

L'Unione Europea ha reiterato la propria disponibilità ad abbattere le emissioni anche del 30%, a condizione che gli altri paesi industrializzati assumano un impegno analogo, inclusi i paesi in via di sviluppo che beneficeranno di un contributo. Riducendo i consumi energetici del 20% entro il 2020, l'UE punta ad abbattere le emissioni di quasi 800 milioni di tonnellate l'anno, con un risparmio di circa 100 miliardi di euro. L'iniziativa prevede di coinvolgere i tre settori maggiormente responsabili, ovvero edilizia, trasporto e industria.

Per l'edilizia, dove abitazioni ed edifici rappresentano il 40% del fabbisogno energetico europeo e dove il consumo di energia potrebbe essere ridotto di un terzo, sono state adottate misure per migliorare la progettazione e dotare gli edifici di sistemi più efficienti per l'illuminazione, il riscaldamento, il condizionamento e la produzione di acqua calda sanitaria (il D.Lgs. 192/2005, e D.Lgs. 311/2006, reso attuativo dal D.P.R. 59/09, che recepisce la Direttiva 2002/91/CE).

Per quanto riguarda il trasporto, che rappresenta il 26% del fabbisogno energetico europeo, le misure prevedono limitazioni delle emissioni a 120 g di CO<sub>2</sub>/km per le vetture dal 2012 (Regolamento n. 443/2009), mentre verrà promossa la vendita di automobili meno inquinanti attraverso una campagna che fornisca informazioni più chiare in merito al prodotto. Verranno inoltre previsti incentivi per soluzioni alternative, come ad esempio il trasporto pubblico, il trasporto non motorizzato e il telelavoro.

Per l'industria, che rappresenta il 25% del fabbisogno energetico europeo, verranno applicati standard di progettazione ecocompatibile a taluni articoli, quali ad esempio boiler, televisori (Regolamento CE n. 642/2009), frigoriferi e congelatori (Regolamento CE n. 643/2009) e prodotti per l'illuminazione (Regolamento CE n. 244/2009 e CE n. 245/2009), motori elettrici e inverter (Regolamento CE n. 640/2009), al fine di migliorarne il rendimento. Anche in questo caso, verrà pro-

mosso il marchio di qualità ecologica che indicherà al consumatore i prodotti più rispettosi dell'ambiente e più efficienti dal punto di vista del consumo energetico. I numerosi vantaggi offerti dalle fonti energetiche rinnovabili sono ormai ampiamente riconosciuti: contribuiscono a contrastare i cambiamenti climatici, offrono un approvvigionamento energetico sicuro e soddisfano interessi economici di lungo termine. Da ciò consegue l'impegno dell'UE a diversificare ulteriormente il proprio mix energetico, portando al 20% la quota delle fonti rinnovabili e puntando all'utilizzo dei biocarburanti e di altre energie rinnovabili nel settore dei trasporti entro il 2020.

Infatti, privilegiando le fonti rinnovabili, sarà possibile ridurre su base annua il consumo di combustibili fossili di 200-300 milioni di tonnellate e le emissioni di CO<sub>2</sub> di ben 600-900 milioni di tonnellate, riducendo inoltre progressivamente la dipendenza dalle forniture esterne e le esposizioni alle fluttuazioni dei prezzi dei combustibili fossili.

In quest'ottica anche i settori dell'alta tecnologia potranno cogliere nuove opportunità economiche attraverso lo sviluppo di tecnologie a basse o a zero emissioni basate su fonti energetiche rinnovabili come l'energia eolica, solare o idroelettrica e la biomassa.

Sarà compito di ciascun paese promuovere lo sviluppo e il consumo di fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica, il riscaldamento, il condizionamento dell'aria e i trasporti. Per questi ultimi, in particolare, è previsto in tutti i paesi un tasso di utilizzo dei biocarburanti e altri carburanti derivanti da fonti rinnovabili pari al 10% che dovranno essere prodotti in maniera sostenibile, per non pregiudicare la produzione alimentare e la biodiversità e non causare fenomeni di deforestazione.

Tutti i paesi stanno promuovendo lo sviluppo di tecnologie, prodotti e servizi a basso consumo nei settori che più si prestano al risparmio energetico. L'Italia, con il Programma nazionale di riforma (Dipartimento politiche europee – Programma nazionale di riforma – novembre 2010), al momento ha adottato un obiettivo del 13,4% sull'efficienza energetica misurato come risparmio di energia primaria del 17% per le energie rinnovabili.

### 1.3. Il ruolo dell'idroelettrico

Poiché le centrali idroelettriche costituiscono veri e propri impianti industriali, la loro collocazione in aree pregevoli dal punto di vista ambientale risulta del tutto inconciliabile con la vocazione spiccatamente naturalistica di questi territori. Lo sfruttamento dell'acqua determina inoltre l'impoverimento idrico di territori a favore di altri oltre che a trasformazioni delle abitudini fino alla scomparsa di specie ittiche. Inoltre va notato che proprio per il fatto che vengono, nella maggior parte dei casi, realizzate in aree isolate, spesso è necessario costruire anche



infrastrutture di servizio, quali strade e linee elettriche, che ne aumentano ulteriormente l'impatto sull'ambiente.

Tuttavia è bene sottolineare che l'utilizzo dell'energia idroelettrica consente d'altro canto di evitare l'immissione nell'atmosfera delle sostanze inquinanti e dei gas serra prodotti dalle centrali di generazione convenzionali.

Attualmente l'energia idroelettrica rappresenta il 17% dell'energia consumata nel mondo, l'Unione Europea ha calcolato che, per raggiungere gli obiettivi del 2020, l'energia idroelettrica dovrà crescere di 16.000 MW, per la maggior parte mediante nuove centrali di taglia mini e micro, che si ritiene siano le uniche ad avere ancora spazio di crescita, in un territorio come quello europeo, dove i corsi d'acqua sono sfruttati fin dalle origini e dove ancora oggi rappresentano la prima fonte di energia rinnovabile.

Nel mondo alcuni paesi dipendono in gran parte dall'energia idroelettrica, come il Paraguay (100%) e la Norvegia (98%), seguiti da Brasile (85%), Venezuela (69%), Canada (61%) e Svezia (45%). L'Italia in questa classifica occupa il 14° posto con il 18%, corrispondente a 51.117 GWh prodotti alla fine del 2010 (fonte GSE) da circa 3000 impianti di cui 302 di taglia importante.

In Italia, le regioni principali produttrici sono quelle dell'arco alpino, come Lombardia, Piemonte e Trentino Alto Adige, che da sole rappresentano il 60% della capacità italiana; la provincia con maggior numero di impianti idroelettrici è quella di Bolzano, tanto da dichiararsi autosufficiente al 96,1%.

Si noti che fino al 1960 l'energia idroelettrica in Italia contribuiva a coprire fino al 87,5% dei consumi; a seguito della nazionalizzazione della produzione elettrica, alle conseguenti nuove strategie energetiche e all'incremento dei consumi dovuto al boom economico di quegli anni e alla loro inarrestabile crescita fino ai giorni d'oggi, la percentuale è precipitata a causa del massiccio ricorso a centrali convenzionali a combustibile fossile.

Anche il disastro del Vajont, occorso proprio in quegli anni, esattamente il 9 ottobre 1963 in provincia di Belluno – in cui una frana colossale dal monte Toc spinse milioni di metri cubi di terra e roccia pari al triplo del volume contenuto nel bacino idroelettrico sottostante, creando una onda di piena che devastò le sponde e la valle sottostante e uccise 2000 persone – ha contribuito al fermo dello sviluppo idroelettrico in Italia, creando una sensazione di sfiducia e pericolo incipiente legato ai grandi siti di produzione di energia, universalmente riconosciuto molti anni dopo come “effetto Cernobyl”.

Al momento, il più grande produttore di energia idroelettrica è la Cina, con 652 TWh all'anno; sempre in Cina sono stati realizzati i più grandi impianti, tra cui quello delle Tre Gole dalla potenza di 20.300 MW, seguito da Itaipu, in Brasile, da 14.000 MW e Guri, in Venezuela, da 10.200 MW.

In futuro, per far fronte al crescente consumo e alla necessità di diversificare le fonti di energia, è prevista una crescita del settore idroelettrico, attualmente stabi-

le al 3% anno, in particolare in Cina, India e Brasile, paesi dalle estese superfici geografiche e dalle grandi capacità idrogeologiche, che assorbono i 2/3 degli investimenti di settore.

Gli Stati Uniti vantano il maggior numero di impianti micro idroelettrici, con oltre 82.000 dighe, delle quali solo il 3% è asservito a grandi impianti di produzione.

#### 1.4. Micro e pico idroelettrico

Gli impianti idroelettrici, per l'estrema variabilità delle soluzioni, sono distinti e classificati in funzione di alcuni parametri caratteristici.

Si ha una classificazione secondo lo schema delle opere:

- a deflusso naturale o ad acqua fluente;
- a deflusso regolato;
- ad accumulazione con pompaggio;
- mareomotori.

Negli impianti ad acqua fluente, costruiti su fiumi o canali, la produzione di energia è dipendente per modi e tempi dalla disponibilità nel corso d'acqua che può essere influenzata dalle stagioni o dalle necessità di regolazione della portata d'acqua.

Negli impianti a deflusso regolato, la produzione di energia sfrutta invece l'acqua immagazzinata in un vaso o bacino in modo artificiale, ad esempio creato frapponendo una diga a un corso d'acqua. Come detto sopra, il più grande bacino artificiale del mondo è quello cinese delle Tre Gole, costruito sul fiume Azzurro, dalla capacità di 39 miliardi di m<sup>3</sup>, mentre probabilmente i più famosi sono quelli di Itaipu, sul confine fra Brasile e Paraguay, che sfrutta il corso del fiume Paranà, e quello di Nasser, costruito sul fiume Nilo in Egitto.

Il prezzo dell'energia elettrica nelle ore di punta (ore piene) è di gran lunga maggiore che nelle ore non di punta (ore vuote). Da qui discende l'interesse di realizzare una vasca di carico o un bacino grande a sufficienza da invasare l'acqua necessaria per far funzionare l'impianto prevalentemente in ore piene.

L'immagazzinamento dell'acqua può anche avvenire convogliando acque da punti più bassi del bacino tramite un gruppo di pompaggio, oppure è la stessa turbina idraulica che si converte o si accoppia a una pompa e così restituisce, in fasi di inutilizzo, l'acqua prelevata. Spesso la tecnica di pompaggio appare inutile. Per comprenderla meglio la si può assimilare a una fase di "ricarica delle batterie": si riempie il bacino di una preziosa fonte di energia, quale è l'acqua, che andrà a costituire una scorta da impiegare nei momenti di necessità. L'impianto di questo tipo più famoso in Italia è quello delle cascate delle Marmore in Provincia di Terni. Gli impianti di Entracque (CN), Roncovalgrande (VA), Edolo (BS) e Presenzano (CE) sono i più grandi d'Italia e hanno una capacità di generazione superiore ai 1000 MW.

Gli impianti mareomotori (o *tidal*) sfruttano invece le correnti e le maree come fonte di energia e rappresentano al momento quelli più interessanti come nuova opportunità di sfruttamento di questa fonte di energia, nonché per i rilevanti sviluppi tecnologici in corso.

In funzione del salto ( $H$ ), gli impianti sono invece classificati come:

- < 10 m: bassi;
- > 10 fino a 100 m: medi;
- > 100 fino a 1000 m: alti;
- oltre i 1000 m: altissimi.

I salti bassi si riferiscono a impianti che sfruttano direttamente i corsi d'acqua mentre i salti più alti solitamente sfruttano derivazioni e bacini.

In funzione della portata ( $Q$ ), gli impianti sono invece classificati come:

- < 10 m<sup>3</sup>/s: piccoli;
- compresa tra 1 e 100 m<sup>3</sup>/s: medi;
- compresa tra 10 e 1000 m<sup>3</sup>/s: grandi;
- oltre i 1000 m<sup>3</sup>/s: grandissimi.

Per dare alcuni riferimenti, la portata del fiume Po è di 1540 m<sup>3</sup>/s, quella del Ticino 350 m<sup>3</sup>/s, quella Tevere 239 m<sup>3</sup>/s, mentre quella di un canale, di un rio o ruscello è solitamente inferiore a 10 m<sup>3</sup>/s.

La classificazione degli impianti per salto e per portata serve a inquadrare la tecnologia utile per poi sfruttare l'energia disponibile e di conseguenza le caratteristiche di impianto.

In funzione della potenza, gli impianti sono invece classificati come:

- < 1 kW: pico;
- < 100 kW: micro;
- < 10 MW: mini;
- > 10 MW: piccole centrali;
- > 30 MW: grandi centrali.

Gli impianti di taglia pico e micro, oggetto del presente volume, si possono impiegare per la produzione di elettricità per singole utenze o gruppi di utenze, connesse alla rete elettrica in bassa tensione o anche isolate dalla rete elettrica.

Per le centrali micro di taglia superiore ai 20 kW, vi è l'obbligo dell'imposizione fiscale, l'obbligo di registrazione di Officina elettrica e conseguente obbligo di denuncia all'Ufficio Tecnico di Finanza.

Per quanto riguarda la categoria delle pico idroelettriche, ovvero per potenze inferiori a 1 kW, non è concessa la connessione in rete di distribuzione.

L'impiego di macchine micro e pico è estremamente vario: si va da sistemi autonomi in isola (*stand-alone* o *grid isolated/off*) per alimentare rifugi, baite, ricoveri, barche, pompe per pozzi, villaggi, a micro generazione per alimentare utenze

abitative, mini-industriali o aziende agricole con scambio in rete; in questo caso le uniche limitazioni sono costituite dalla disponibilità di spazio e di denaro. I gruppi di generazione di taglia pico e micro idroelettrico sono i più diffusi in tutti i mercati del mondo per le dimensioni, l'economicità e la duttilità di impiego; sono inoltre facilmente installabili e robusti, utilizzano materiali e parti facilmente reperibili, si prestano a una grande varietà di soluzioni e realizzazioni impiantistiche.

La loro diffusione è così ampia che è impossibile calcolarne il numero esatto in esercizio considerando il vasto numero di costruttori e il fatto che vengono commercializzate sia da grandi distributori sia per corrispondenza, senza contare poi i numerosi modelli autocostruiti impiegando anche molto materiale di recupero dal settore agricolo.

Tutti questi impianti si prestano bene per importanti sviluppi legati a gruppi di microgenerazione ibrida, dove il gruppo di generazione è costituito da un insieme di generatori, mossi da fonti di energia eterogenee che possono produrre insieme o alternativamente, a seconda della disponibilità e della richiesta: nascono così gruppi idroelettrico/fotovoltaico, idroelettrico/motori a combustione interna di policombustibili, idroelettrico/celle combustibili e produzione di idrogeno.

## 2. LA VALUTAZIONE DELL'INVESTIMENTO

### 2.1. L'approccio

In questi anni notevoli sono stati i cambiamenti all'interno del mercato degli impianti industriali; oggi ogni nuova iniziativa deve essere valutata e verificata nella sua sostenibilità fin dalla fase concettuale e il punto di avvio è la conoscenza del mercato in cui si vuole andare a operare. A tal fine occorre quantomeno effettuare valutazioni relative al quadro normativo/legislativo di riferimento, alle regole che lo gestiscono, alla concorrenza esistente, alle aziende già presenti nel settore nonché alle proiezioni di consumo e di offerta con un'analisi economico-finanziaria e di mercato.

Un'azienda che intenda affrontare una nuova iniziativa deve conoscere le proprie politiche aziendali e sapere di quali risorse dispone in modo da proporre al mercato un sistema che le permetta di essere competitiva e assicuri un determinato rientro economico: questo studio si chiama *piano industriale* o *business plan*.

Una volta individuata l'iniziativa, è importante svilupparne il progetto di fattibilità, comprensivo di un preventivo di dettaglio che, una volta approvato dalla proprietà, verrà finanziato autonomamente oppure ricorrendo a finanziamenti esterni e quindi sarà sottoposto a banche e altre sostituzioni che porteranno a termine studi indipendenti sull'investimento, commerciali, economici e di mercato, volti a confermarne la fattibilità economica, quali:

- analisi di ritorno progetto ed *equity*: si valuta la remunerazione dell'impianto in sé e della porzione di *equity* (capitale erogato dai partner finanziari nel progetto);
- analisi di finanziabilità: non più formale, ma sostanziale, conduce al *project financing* (si tratta con le banche per ottenere i finanziamenti della parte di progetto non coperta dall'*equity*).

Raggiunti tutti gli accordi del caso seguirà la fase realizzativa, che comprende le attività di:

- pianificazione per la realizzazione;
- definizione dei requisiti e richieste di offerta a fornitori;
- progettazione;

- ingegnerizzazione di dettaglio;
- approvvigionamento;
- costruzione e avviamento;
- esercizio e manutenzione;
- dismissione.

Tutto ciò è applicabile, nelle debite proporzioni, a sistemi di qualunque dimensione, per iniziative relative a un nuovo impianto, all'estensione di un impianto esistente o al suo rifacimento.

Il *project financing* o finanza di progetto è un'innovativa tecnica di finanziamento per la realizzazione di iniziative alternative alle tradizionali forme di finanziamento d'impresa (*corporate finance*). Rispetto a queste ultime, ove particolare attenzione viene posta sulle capacità patrimoniali dei promotori, nel *project financing* l'unico asset a protezione degli interessi dei finanziatori è rappresentato dalla validità tecnico-economica e dalla redditività e dai flussi di cassa del progetto.

In quest'ottica, il *project financing* può rappresentare uno straordinario volano per favorire importanti investimenti, senza che gli sponsor del progetto debbano sostenere ingenti oneri finanziari diretti. Tuttavia, proprio per la natura di questa forma di finanziamento e per la centralità dell'elemento "progetto" rispetto alle tradizionali forme di credito, diviene imperativo per i finanziatori proteggere nella maniera più completa il progetto stesso, mettendolo il più possibile al riparo da eventi che possano compromettere il rispetto del programma di rientro

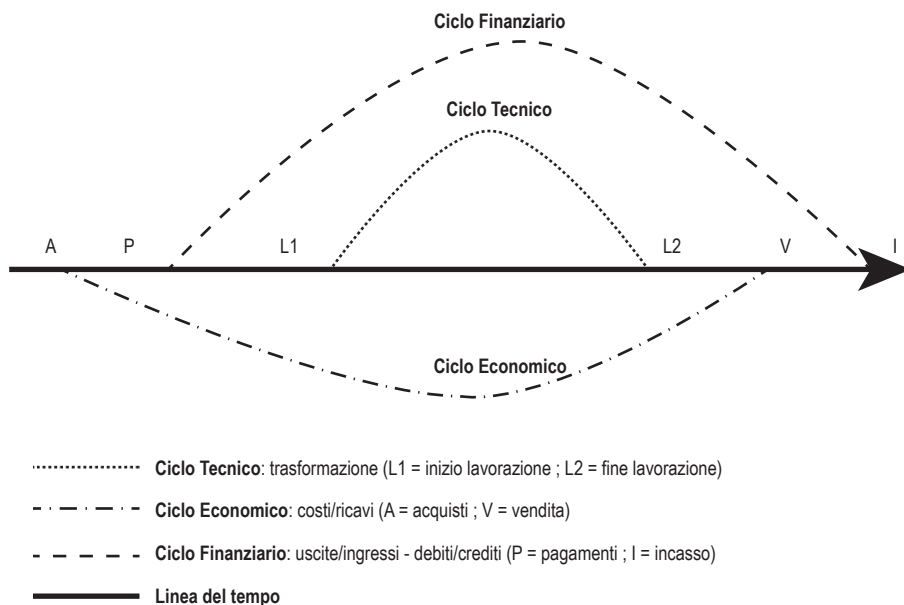


Figura 2.1. Schema semplificato dei cicli di impresa

del debito. Appare chiaro come divenga quindi centrale il processo di gestione e trasferimento dei rischi al mercato assicurativo: infatti grazie a quello che viene definito appunto *finanziamento del rischio*, gli effetti di eventi sinistrosi, che non potrebbero essere sopportati nell'ambito del rigido modello finanziario del progetto, divengono oggetto di indennizzo e compensazione.

Nel settore privato, per iniziative medio-piccole, esistono facilitazioni orientate alla crescita imprenditoriale e al relativo indotto occupazionale o più esplicitamente di crescita di business. Sono disponibili inoltre specifiche opportunità per l'imprenditoria femminile.

In ogni caso, l'azienda dovrà poter identificare e valutare i rischi di progetto attraverso una analisi (*due diligence*).

In particolare, per un progetto idroelettrico i principali elementi di criticità sono rappresentati da:

- producibilità elettrica dell'impianto;
- contratto di vendita/cessione dell'energia;
- autorizzazioni e concessioni.

Riguardo alla producibilità dell'impianto (rischio produttivo), considerando che il combustibile (l'acqua) è a costo quasi zero, gli elementi di rischio da analizzare sono l'analisi idrologica del sito, ovvero la sua disponibilità, e la scelta più opportuna della tecnologia di sfruttamento da impiegare.

Per ciò che attiene la vendita (rischio di mercato), considerato che l'energia idroelettrica è una fonte rinnovabile che il gestore di rete è obbligato a ritirare e a distribuire con priorità, non presenta rischio di vendita, quindi tutto il prodotto viene comunque venduto; i rischi sono invece legati alla variabilità del prezzo di vendita.

Per gli impianti destinati al funzionamento in isola al fine di alimentare utenze isolate dalla rete, queste considerazioni non sussistono in quanto rappresentano necessità imprescindibili da qualunque aspetto speculativo ma, come per gli impianti di taglia pico, inferiori a 1 kW, per i quali non è possibile il collegamento in rete, rientrano in un piano finanziario dove l'energia è ripagata da altre variabili economiche indirette legate all'impiego finale.

Riguardo alle autorizzazioni e concessioni (rischio termine), i rischi sono legati ai lunghi tempi di ottenimento che possono causare ritardi sulla costruzione e sulla interconnessione; inoltre, anche se le scadenze delle concessioni sono ultradecennali, oggi sono soggette ad aumenti di canone e rinegoziazioni temporali che possono vanificare alcune circostanze finanziarie favorevoli.

È opportuno a questo punto fare qualche considerazione pratica rispetto a un finanziamento. Non è sufficiente avere a disposizione un capitale; bisogna anche conoscere i meccanismi di base su come gestirlo e sapere a chi rivolgersi. Tutti i progetti che hanno successo seguono una strategia di investimento progressi-

vo: in questo modo il progetto limita i suoi rischi e induce un comportamento appropriato da parte del soggetto che chiede il prestito e che ha bisogno di finanziamenti complementari e che inoltre riduce i suoi rischi in ragione della sua debole capacità di autonomia; se ricevesse un prestito per una somma troppo elevata rispetto al suo livello di attività, vedrebbe parte di questo prestito stornata in spese diversamente produttive e avrebbe considerevoli difficoltà a procedere al rimborso.

Spesso questi atteggiamenti inducono a chiedere ulteriori finanziamenti, aggravando la situazione, inclusa la possibilità di perdere la proprietà del progetto. Per garantire la sostenibilità dell'investimento in tutto il suo percorso, è importante prevedere all'interno dell'operazione un settore di mobilitazione del risparmio; le modalità concrete di questa relazione possono variare a seconda delle caratteristiche del progetto, ad esempio prevedendo un risparmio preliminare (o apporto personale) o un risparmio forzato durante il periodo di rimborso.

Il credito è una necessità strutturale che richiede tempo e, in ultima analisi, il denaro è un mezzo: quello che si riceve in prestito in realtà è il tempo. È pertanto necessario distinguere fra credito a *breve termine* e credito a *medio termine*, aventi due obiettivi differenti e che generano effetti differenti.

Il credito a breve termine, infatti, permette di finanziare i bisogni in fondi di rotazione di imprese esistenti. Tale tipologia di credito termina rapidamente (da 6 a 18 mesi), favorendo quelli a brevissimo termine (meno di 6 mesi), che consentono di far girare il fondo di credito diverse volte nel corso dello stesso anno. Questo tipo di credito non comporta modifiche nel sistema di produzione e di commercializzazione di colui che chiede il prestito e non necessita pertanto di interventi specifici complementari. Appare chiaro che tali progetti sono dunque poco dispendiosi dal punto di vista delle spese operative e permettono a imprese esistenti di funzionare con migliori risultati e di trarre maggiore profitto, senza però modificare la loro struttura. Dal momento che questi prestiti presentano rischi minimi per le banche, generalmente minime sono anche le garanzie richieste. I crediti a medio termine solitamente finanziano l'apertura di una nuova impresa o l'acquisizione di nuove attrezzature (e sono generalmente completati da un fondo di rotazione appropriato). Per colui che chiede un prestito questo significa uscire dal proprio ambito tradizionale tanto in termini di tecniche di produzione quanto in termini di mercato. Il rimborso di tale credito avviene a medio termine (da 2 a 7 anni) e dipende quindi da fattori esogeni difficilmente valutabili che aumentano gli oneri e il rischio legato a queste operazioni. A garanzia dell'operazione si possono utilizzare formule tipo *leasing* (l'attrezzatura fornita non diventa di proprietà di colui che ha preso in prestito finché non ha rimborsato interamente il credito), completato da garanzie personali o reali fornite da colui che ha preso il prestito: in questo caso è anche possibile coinvolgere i fornitori come partner tecnologici. Da quanto appena detto consegue la considerazione per cui il cre-



dito a medio termine presenta vantaggi non trascurabili in un'ottica di sviluppo, permettendo ad esempio di accrescere la capacità produttiva e le dimensioni dell'azienda e consentendo di stipulare accordi con altre imprese.

Se non si è vincolati in risposta a uno specifico bando promosso dalle istituzioni bisognerà effettuare la scelta più cruciale e delicata, quella dell'operatore. Va osservato che le banche, generalmente, sono scarsamente propense al rischio ed esprimono spesso preoccupazioni sulle iniziative proposte perché, in caso di insuccesso, questo si potrà ripercuotere sull'immagine della banca, anche se questa non corre alcun rischio finanziario. Per quanto riguarda progetti di taglio medio-grande, esistono operatori più specializzati, quali finanziarie e banche d'affari. Nella maggior parte dei casi, di norma, è meglio rivolgersi a una banca vicina all'impresa, presente da tempo e radicata nel territorio, che conosca a fondo rischi e limiti dell'area in termini di sviluppo economico e sociale.

Non bisogna dimenticare che si è clienti della banca e quindi, come in qualsiasi altro business, è opportuno valutare più di un operatore e confrontare le diverse condizioni di vendita per trovare quella più consona.

## 2.2. La producibilità elettrica

Un impianto idroelettrico è alimentato da una fonte di energia rinnovabile, considerata intermittente, quale l'acqua, il cui quantitativo varia in funzione degli eventi meteorologici. Questa fonte di energia non può essere impiegata a discrezione, ma solo quando è effettivamente disponibile, pertanto la producibilità di un impianto idroelettrico è legata alla disponibilità dell'acqua, espressa in funzione della distribuzione di frequenza e della durata del salto e della portata. Non è pertanto sufficiente conoscere la portata media dell'acqua disponibile in un sito per stimare la quantità di energia elettrica; occorre invece conoscere l'intera distribuzione dell'acqua nel tempo.

Il calcolo della producibilità può essere espresso nella funzione integrale:

$$E = \int Q_m H_n \eta_t \eta_g \eta_m \gamma t$$

dove

$E$  = energia prodotta in un anno espressa in kWh

$Q_m$  = portata, in m<sup>3</sup>/s, per intervalli incrementali sulla curva delle durate

$H_n$  = salto netto con  $Q_m$

$\eta_t$  = rendimento turbina, funzione di  $Q_m$

$\eta_g$  = rendimento generatore, come da caratteristiche dichiarate dal costruttore

$\eta_m$  = rendimento dell'eventuale moltiplicatore di giri, come da caratteristiche dichiarate dal costruttore

$\gamma$  = peso specifico dell'acqua

$t$  = numero di ore durante le quali sussiste la portata  $Q_m$ .

Il numero di ore massime disponibili in un anno corrisponde a 8760 ( $24 \cdot 365$ ); in generale si considera conveniente un luogo con almeno 2000 ore/anno equivalenti, soprattutto lungo i corsi d'acqua a regime torrentizio soggetti a lunghi periodi di magra.

In ogni caso, è opportuno notare che il valore di producibilità ottenuto è da considerarsi ancora ideale e per ottenere quello probabilmente più reale vanno sottratte le seguenti ulteriori componenti:

- efficienza di altri componenti di impianto (media 1,0%);
- erosione e deformazione di pale e direttrici (0,1%);
- disponibilità di impianto (stima 3,0%);
- imbrattamento e intasamento della presa (stima 1,0%);
- disponibilità della rete di connessione (stima 0,1%);
- evento accidentale sulle infrastrutture (stima 1,0%).

### 2.3. Il contratto di vendita dell'energia

Con la liberalizzazione della produzione dell'energia elettrica, attuato in Italia con il D.Lgs. n. 79 del 16 marzo 1999 *Attuazione della Direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica*, detto *Decreto Bersani*, tutti possono diventare produttori di energia.

Successive direttive europee e decreti hanno regolato la liberalizzazione della vendita e la promozione dell'energia rinnovabile e il suo impiego. Al momento, un produttore di energia rinnovabile in Europa si trova nell'invidiabile posizione commerciale di aver garantita sempre la vendita di tutto il prodotto finito (kWh); nel caso poi dell'energia idroelettrica non vi sono costi della materia prima (l'acqua), se non quelli legati al canone di concessione, e si gode di incentivi, agevolazioni e tariffe speciali.

È evidente che si tratta di una fase transitoria per agevolare il graduale inserimento di una nuova tecnologia meno inquinante, a discapito di altre, responsabili, in particolare, dell'effetto serra e di importanti squilibri economici fra paesi. Gli incentivi hanno lo scopo di assicurare un'equa remunerazione dei costi di investimento ed esercizio fino a quando le tecnologie di produzione e le nuove infrastrutture non si saranno affermate; a quel punto, raggiunto il pareggio con il costo per kWh con le altre fonti, altri incentivi saranno erogati probabilmente solo a fronte del vantaggio ambientale ma dovranno confrontarsi sul mercato libero.

Alla luce di tali considerazioni, è da ritenersi che, a parità di prezzo di vendita del kWh, in futuro le nuove fonti supereranno in convenienza le altre, per gli inferiori costi di esercizio (incluso quello del combustibile) e di manutenzione; conseguentemente saranno molto più competitive e in grado di minimizzare i rischi legati alla variabilità del prezzo di vendita sul mercato.