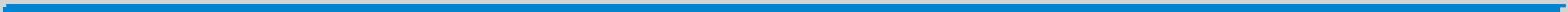




Idroelettrico



Introduzione

La maggior parte dell'energia (80%) proviene da fonti fossili (carbone, gas e petrolio).

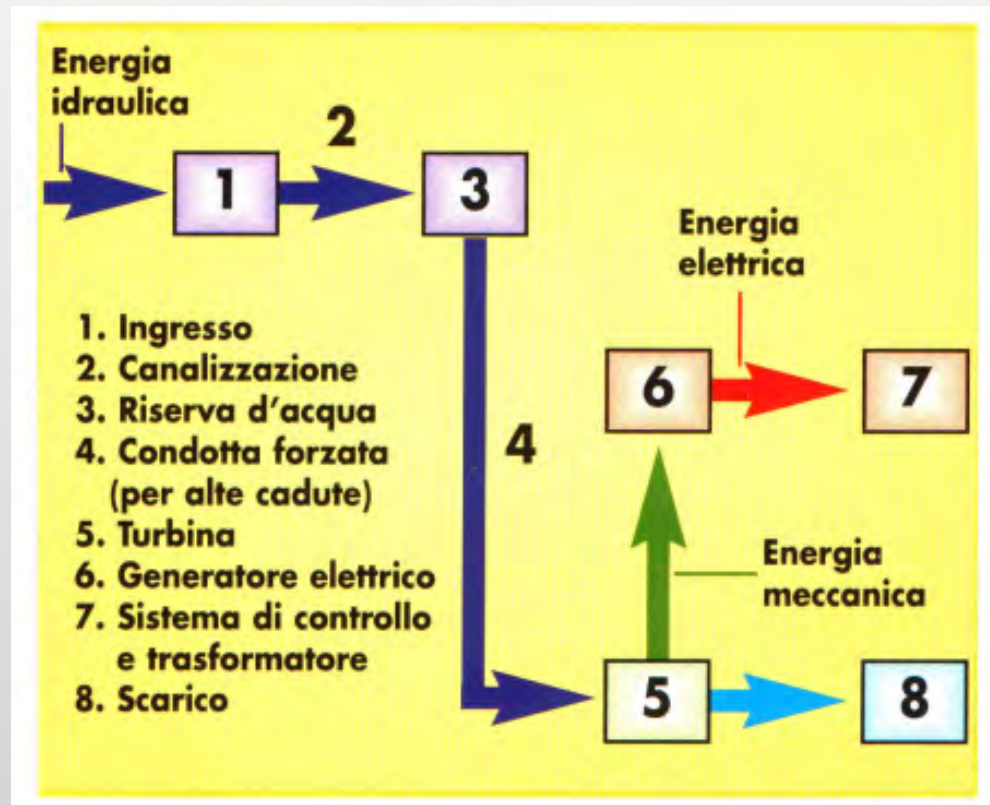
L' International Energy Outlook 2002 prevede che dal 2000 al 2030 il consumo globale annuo di elettricità passerà da 15391 TW/h (anno 2000) a 31524 TW/h (anno 2030).

Entro il 2050, la popolazione mondiale dovrebbe aumentare del 50%, da 6 a 9 miliardi.

I Paesi meno sviluppati del mondo, con 2,2 miliardi di abitanti, registrano un consumo annuo pro capite di energia primaria 20 volte inferiore a quello dei Paesi industrializzati (con 1,3 miliardi di abitanti) e un consumo pro capite di elettricità 35 volte inferiore.

Componenti principali

Gli impianti idroelettrici trasformano l'energia potenziale e cinetica dell'acqua in caduta da una certa altezza in energia meccanica per mezzo di turbine (motori primi) azionanti generatori elettrici.



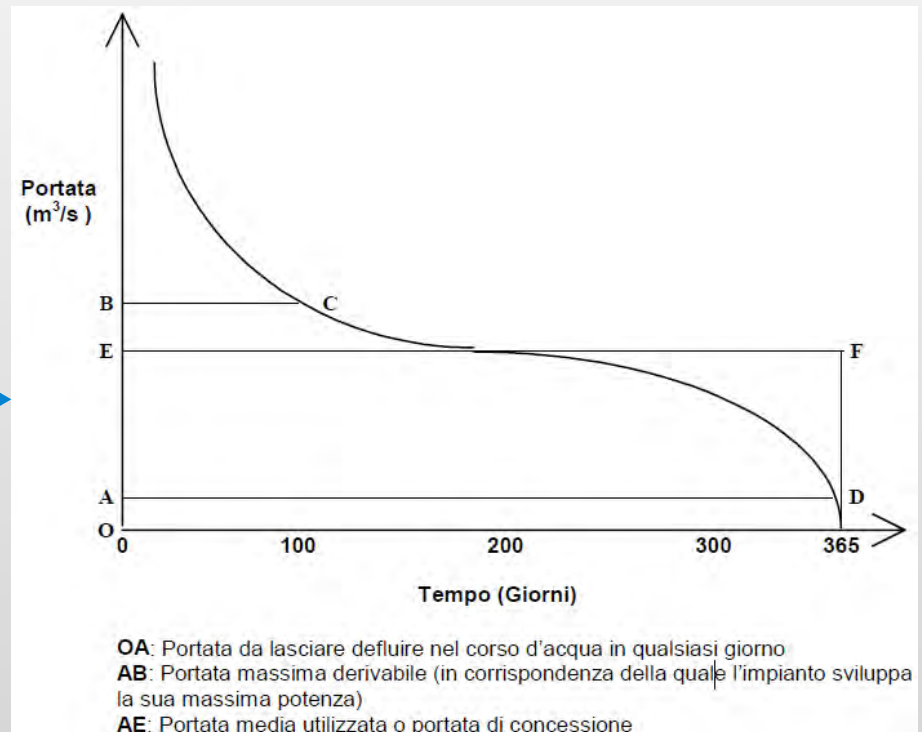
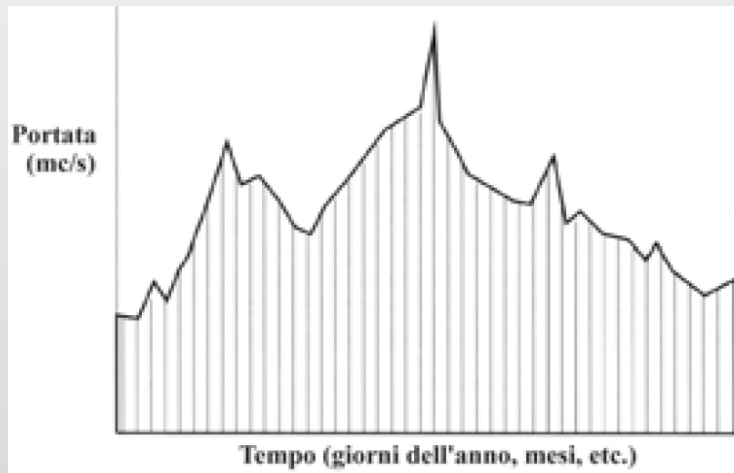
Termini e definizioni

La produzione di energia dipende da due fattori principali, la *caduta o salto (head)* e la *portata d'acqua (flow rate)*.

- *salto lordo o geodetico*: differenza di altezza fra la superficie libera della sezione di presa dell'acqua ed il livello nella sezione del corso d'acqua dove il flusso è restituito. Il salto lordo dipende dall'orografia del luogo e presenta ampi margini di variazione (da 1 a 1.500 m). Il *salto netto o motore* di una centrale idroelettrica è la caduta effettivamente utilizzata alla turbina, ossia il salto lordo meno le perdite che si verificano all'opera di presa e quelle dovute al sistema di trasporto dell'acqua (canali, tubazioni, condotte forzate, ecc.).
- *portata* il volume di acqua che attraversa una determinata sezione del corso d'acqua nell'unità di tempo (si esprime abitualmente in *mc/s*). La portata è estremamente variabile, dipende dalla superficie del bacino imbrifero, dalla permeabilità del suolo, dalla vegetazione e soprattutto dai fattori climatici che generano gli apporti positivi (le precipitazioni) e negativi (l'evaporazione, l'evapotraspirazione, ecc.).

Criteri di dimensionamento

Per il dimensionamento di una centrale idroelettrica è estremamente importante determinare la *curva di durata delle portate* (*flow duration curve, fdc*). La curva mostra il periodo di tempo durante il quale la portata è uguale o superiore ad un certo valore nella sezione considerata.



Potenza degli impianti idroelettrici

La *potenza teorica* p in kW ricavabile da una massa d'acqua con una portata q e con un dislivello h è:

$$p=9,81*q*h$$

con q in mc/s e h in m.

La potenza teorica di un impianto idroelettrico, nei moderni impianti, va dall'80% al 90%.

La *potenza effettiva* è minore di quella teorica in quanto si verificano delle perdite di carico. Indicando con η il rendimento complessivo dell'impianto idraulico (comprendente le perdite di carico che si hanno nelle turbine e nelle condutture):

$$p=9,81*q*h*\eta$$

Nella formula non è indicata solo formalmente la densità dell'acqua pari a 1000kg/mc

Classificazione delle centrali

Classificazione in base alla potenza

La classificazione dell'organizzazione delle nazioni unite per lo sviluppo industriale (UNIDO) è la seguente (con p potenza generata dalla centrale in condizioni nominali):

- micro centrali idroelettriche $p < 100$ kw;
 - mini centrali idroelettriche $p < 1.000$ kw;
 - piccole centrali idroelettriche $p < 10.000$ kw;
 - grandi centrali idroelettriche $p > 10.000$ kw.
- Mini idraulica

Classificazione delle centrali

Altre classificazioni

In funzione del salto gli impianti possono essere distinti in:

- a bassa caduta $H < 50$ m;
- a media caduta $H = 50/250$ m;
- ad alta caduta $H = 250/1000$ m;
- ad altissima caduta $H > 1000$ m.

In funzione della portata degli impianti possono essere distinti in:

- piccola portata $Q < 10$ mc/s;
- media portata $Q = 10/100$ mc/s;
- grande portata $Q = 100/1000$ mc/s;
- altissima portata $Q > 1000$ mc/s.

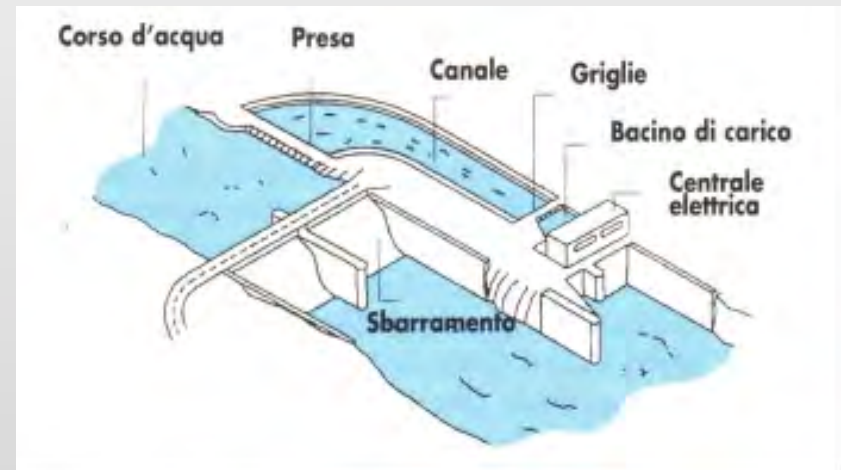
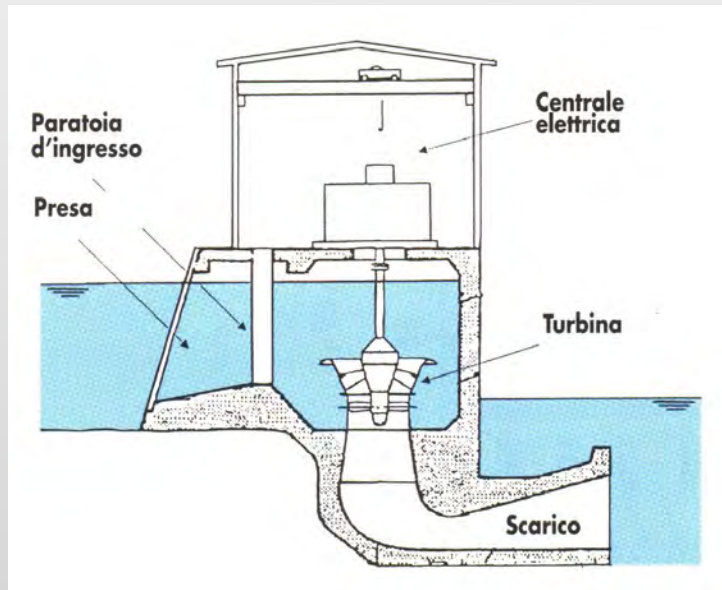
Tipologia degli impianti

Da un punto di vista funzionale gli impianti idroelettrici possono essere classificati secondo lo schema seguente.

	GRANDI IMPIANTI	MINI-IDRAULICA
IMPIANTI AD ACQUA FLUENTE	SI	SI
IMPIANTI A BACINO	SI	SI
IMPIANTI DI ACCUMULO TRAMITE POMPAGGIO	SI	NO
IMPIANTI IN CONDOTTE IDRICHE	NO	SI

Impianti ad acqua fluente

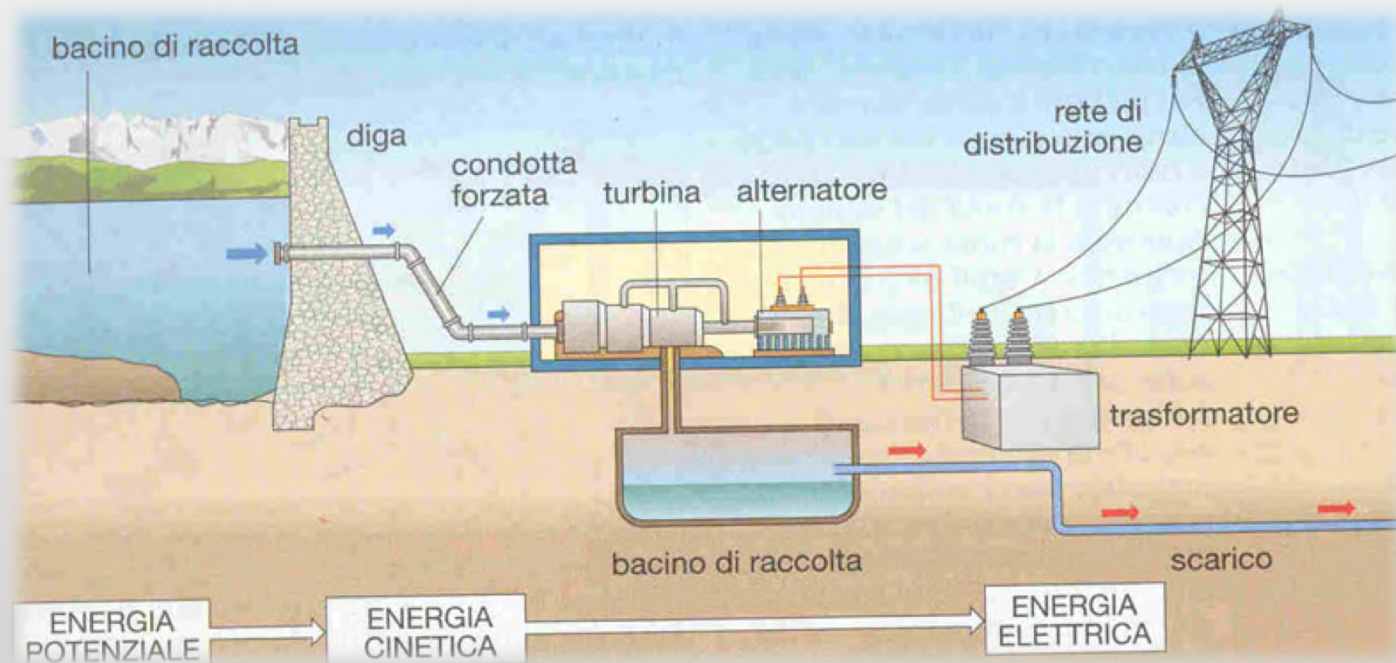
Gli impianti ad acqua fluente sono privi di capacità di regolazione e pertanto la portata utilizzata è pari alla quantità di acqua disponibile fino al limite consentito dall'opera di presa (utilizzati per coprire domanda base di energia). Portate elevate e basse cadute (fino a 20 m) sono tipiche di questi impianti.



Impianti a bacino

Sono caratterizzati dall'avere un bacino di raccolta dell'acqua (invaso) in modo da regimare l'energia elettrica prodotta (deflusso regolato). Utilizzati per soddisfare i picchi di domanda di energia.

Il costo di questi impianti è molto più elevato rispetto a quelli ad acqua fluente. In questi impianti i problemi maggiori sono connessi al bilancio idrico ed all'impatto ambientale.



Impianti a bacino

In genere queste centrali sono superiori ai 10 MW di potenza e arrivano a potenze enormi come ad esempio nell'impianto di Itaipu in Brasile, ha un bacino con un'estensione di 1460 Km² (4 volte il lago di Garda) e una potenza di circa 13.000 MW.



Impianti a bacino

Quella dell'impianto delle tre gole sullo Yangtze nella provincia cinese dell'Hubei. Alta 185 m e lunga 2,4 km potenza di 22,4 GW, una produzione annua di circa 100 TWh ed una portata media d'acqua di 102.500 metri cubi al secondo.

Con la costruzione della diga si è estinto il delfino dello Yangtze e rimangono pochi esemplari dello storione cinese, detto anche il "panda d'acqua".

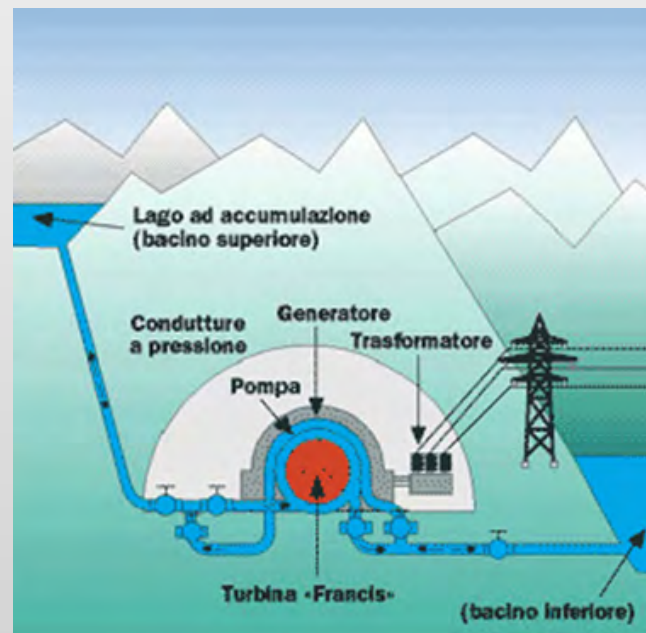
Anche gli uomini sono stati sacrificati sulla via del progresso, sono stati inondati 632 kmq di terreni e di conseguenza 1.200.000 persone sono state trasferite.



Impianti di accumulo tramite pompaggio

Sono caratterizzati da un bacino di raccolta dell'acqua da cui defluisce producendo energia elettrica quando questa viene richiesta mentre viene riportata in tale bacino quando si ha minor richiesta di energia elettrica (utilizzato per forte richiesta di energia).

Nelle ore di maggior richiesta di energia (ore di punta), l'acqua del serbatoio superiore fluisce verso il basso e la centrale produce energia elettrica. Nelle ore di bassa richiesta di energia l'acqua raccolta nel bacino inferiore viene pompata attraverso le stesse condotte fino al serbatoio superiore.



Impianti in condotte idriche

Impianti inseriti in un canale o in una condotta per approvvigionamento idrico.

Solitamente in questo genere di impianti la dissipazione dell'energia all'estremo più basso della tubazione in prossimità dell'ingresso all'impianto di trattamento acque o alla rete di distribuzione viene conseguito mediante l'uso di apposite valvole. Un'alternativa interessante è quella di inserire una turbina che recuperi l'energia che altrimenti verrebbe dissipata.

Micro - Idroelettrico

Il micro-idro è una fonte rinnovabile ancora ampiamente da sfruttare, comprende gli impianti inferiori ai 100kW di potenza e fino a pochi kW. E' sufficiente avere salti di 7/20 metri con poca o pochissima portata o piccoli salti con buona e costante portata d'acqua, è possibile sfruttare anche la corrente dei corsi d'acqua. Il vantaggio di questi piccolissimi sistemi è la non necessaria autorizzazione al prelievo delle acque e un inesistente impatto ambientale.



Turbine idrauliche

La turbina idraulica consente di trasformare l'energia potenziale dell'acqua in energia meccanica.

Essa si compone di:

- *Organo fisso* - distributore - con la funzione meccanica di indirizzo e regolazione della portata in arrivo alla girante e la funzione idraulica di trasformazione dell'energia potenziale dell'acqua in energia cinetica;
- *Organo mobile* - girante - messo in movimento dall'acqua in uscita dal distributore con la funzione di comunicare energia meccanica all'albero su cui è montata.

Turbine idrauliche

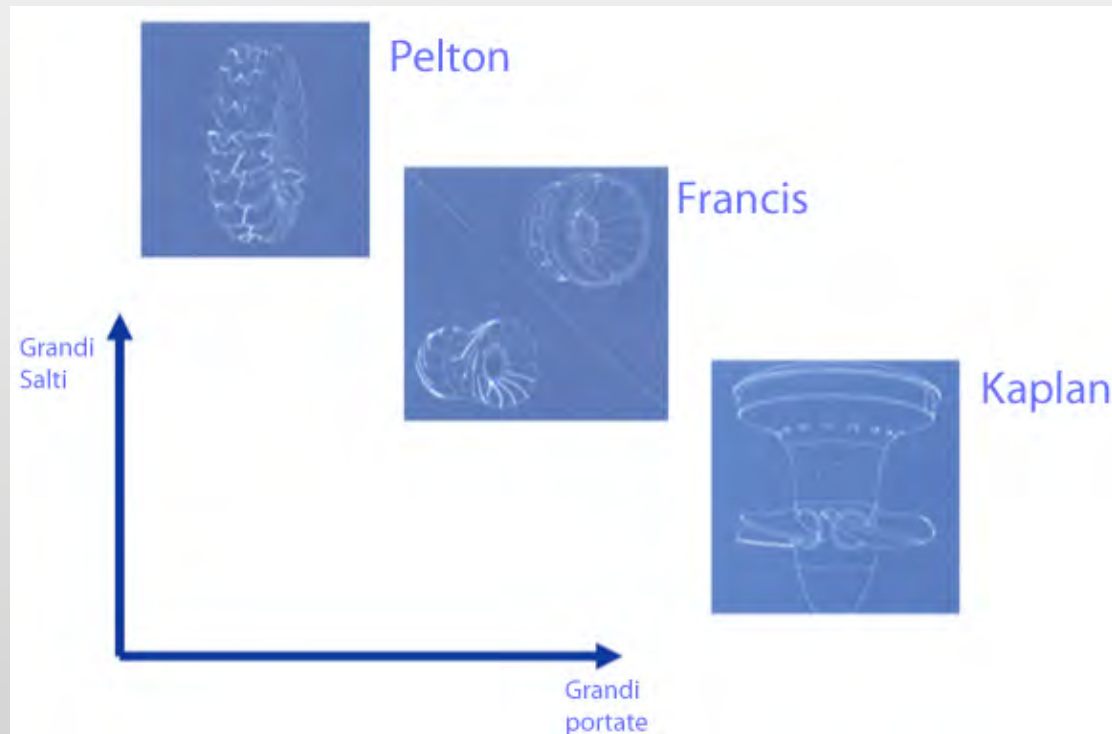
In rapporto alle caratteristiche dinamiche le turbine possono essere classificate in:

- *Turbine ad azione*: l'energia dell'acqua in uscita dal distributore tutta 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 parzialmente cinetica e parzialmente di pressione (la trasformazione da potenziale a cinetica che avviene nel distributore non 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 turbine KAPLAN).

Turbine idrauliche

In base a salto e portata disponibili si installano turbine differenti:

- PELTON: per notevole salto e modesta portata;
- FRANCIS: per valori medi di salto e portata;
- KAPLAN: per basso salto e consistente portata.

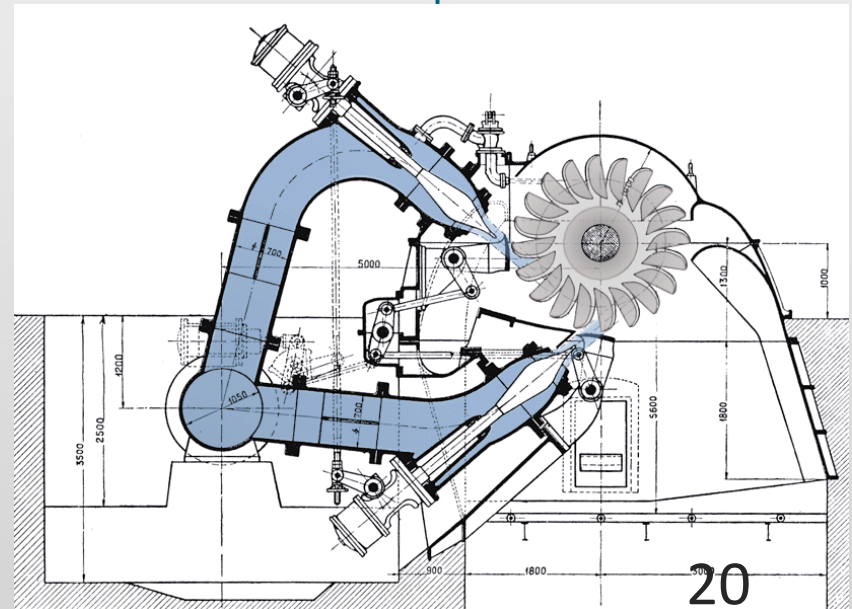


Turbine Pelton

La girante di questa ruota è costituita da un disco alla cui periferia sono collocate le palette con la tipica forma a doppio cucchiaino: essa viene alimentata da uno o più getti regolati da spine.

Quando il getto colpisce la pala viene diviso in due parti uguali che vengono deviate sulle superfici interne dei cucchiaini e abbandonano la pala dai bordi laterali.

Per regolare le portata si utilizza un distributore munito di una spina.



Turbine Francis

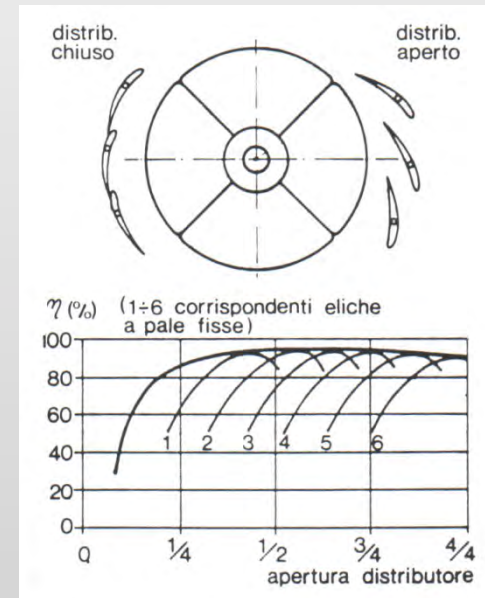
La turbina Francis è caratterizzata da una prima camera forzata a spirale, che ha la funzione di uniformare la pressione dell'acqua prima del suo ingresso nel distributore.

Dalla camera forzata l'acqua arriva al distributore costituito da una serie di palette direttrici mobili che hanno il compito di assicurare un corretto orientamento dell'acqua in ingresso alla girante. La luce di passaggio tra due palette contigue del distributore può essere variata tramite la rotazione delle palette stesse per modificare la portata della turbina. Quando l'acqua giunge alla girante, costituita da una successione di pale fisse, si verifica la trasformazione dell'energia potenziale idrica in energia meccanica. La ruota è costituita da due corone concentriche, l'una esterna e l'altra interna, che trascina l'alternatore.

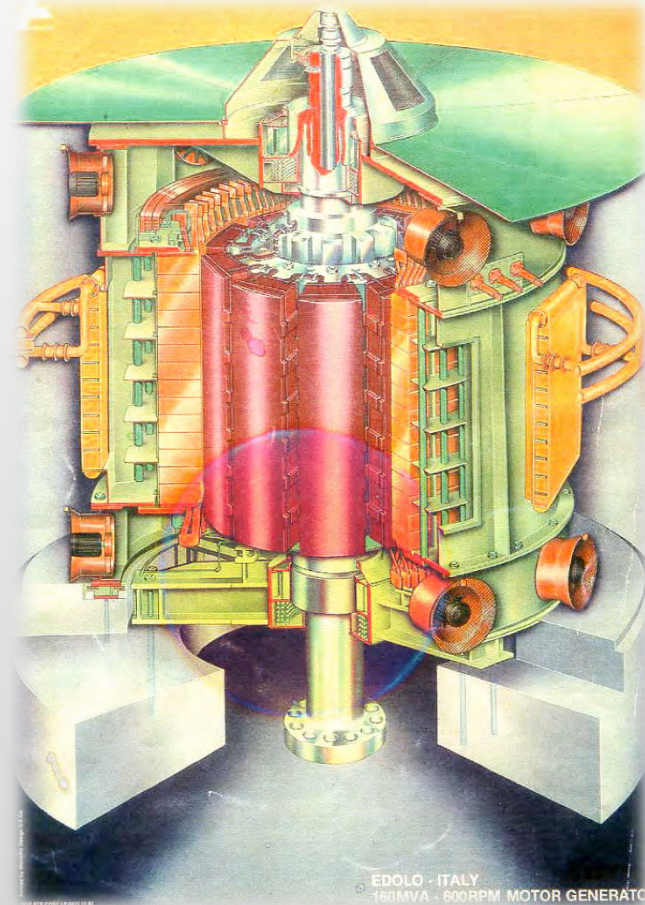


Turbine Kaplan

Le turbine Kaplan hanno una girante ad elica con un certo numero di pale che, mediante perni mobili, si calettano su di un mozzo ogivale al cui interno trovano posto i meccanismi per la variazione del passo. Per ciascuna posizione di apertura del distributore, alle pale della ruota viene fatta assumere l'inclinazione più idonea per ottenere il massimo rendimento. A seguito di tale accorgimento la curva del rendimento risulta l'involuppo dei valori massimi di tante corrispondenti ruote a elica a pale fisse.



Il macchinario elettrico: alternatore



Il macchinario elettrico: trasformatore



Innovazione tecnologica

- Poiché quella delle centrali idroelettriche è una tecnologia matura e ben sviluppata, solo poche fra le più recenti realizzazioni sono caratterizzate da un discreto livello di innovazione.
- Un'attenzione particolare deve essere dedicata agli aspetti ambientali connessi alla costruzione ed al funzionamento degli impianti, considerando aspetti come perdite di olio, inquinamento acustico e progettazione o recupero degli edifici con soluzioni compatibili con il paesaggio circostante.
- C'è ancora spazio per continuare nella ricerca e nello sviluppo di metodi per ottenere miglioramenti nel campo della progettazione dei vari componenti, dell'utilizzo dei materiali, della gestione e dell'ottimizzazione del funzionamento dell'impianto.

Innovazione tecnologica

Progettazione delle opere civili

Sebbene esistano schemi di progettazione perfettamente adeguati, soprattutto per impianti di grande taglia, la sfida che si deve affrontare è quella di adottare e combinare tecniche già esistenti oppure di ideare nuove soluzioni concepite per un determinato sito. Le soluzioni attuali comprendono:

- impianti sommersi, le opere civili sono progettate in modo da poter realizzare gruppi turbina-generatore completamente sommersi che diminuiscono notevolmente l'impatto ambientale;
- componenti in plastica o gonfiabili, la realizzazione di schemi che utilizzino innovative traverse fluviali ad altezza variabile per mezzo di componenti gonfiabili che permettano di tenere in conto le esigenze di minimo e massimo livello del pelo libero a monte dello sbarramento;
- utilizzo di materiali diversi dal cemento (murature in pietra e mattoni), ha il doppio vantaggio di ottenere una soluzione gradevole per l'ambiente e di creare occupazione a livello locale per la manodopera specializzata;
- schemi a sifone, per aumentare l'aerazione dell'acqua in modo da migliorare la vita acquatica del corso d'acqua.

Innovazione tecnologica

Attrezzatura elettromeccanica

Rimangono ancora molte opportunità per quanto riguarda l'ottimizzazione della scelta della turbina idraulica, soprattutto per le applicazioni con cadute modeste. L'elenco che segue riporta alcune delle soluzioni potenziali:

- turbine alternative, turbine di nuova concezione con migliori caratteristiche di funzionamento devono essere sperimentate in vasti campi di variazione di salto e portata;
- gruppi sommersi turbina-generatore, utilizzo di migliori materiali isolanti per il generatore.

Innovazione tecnologica

Attrezzatura elettromeccanica

E' possibile controllare e far funzionare a distanza un impianto idroelettrico con il massimo beneficio economico ed il minimo rischio tecnico. L'utilizzo di un sistema di controllo a distanza può inoltre aiutare a ridurre l'impatto ambientale.

Le applicazioni più rilevanti sono:

- sistema di controllo e monitoraggio a distanza, tramite radio, linee telefoniche o la stessa linea di trasmissione dell'energia;
- turbine a velocità variabile, attraverso dispositivi di controllo elettronici del carico.

Barriere allo sviluppo dell'idroelettrico

Barriere normative

L'ostacolo principale allo sviluppo ulteriore delle centrali idroelettriche è costituito dalla difficoltà di ottenere le varie autorizzazioni che le amministrazioni locali richiedono prima di realizzare un progetto.

In generale si richiedono quattro diverse autorizzazioni che comportano un iter autorizzativo mediamente triennale:

- autorizzazione al diritto di derivazione delle acque pubbliche;
- autorizzazione circa l'impatto sull'ambiente (i vincoli paesaggistici impongono installazioni più onerose e a volte precludono opere come bacini, dighe, ecc.);
- autorizzazione e costi dell'allacciamento alla rete elettrica;
- concessione edilizia per la costruzione delle opere civili.

Normativa Italiana

La costruzione di centrali idroelettriche in Italia viene regolato dal rispetto di norme e strumenti di incentivazione come:

- D.M.V.;
- V.I.A. (recepita in Italia con la L. 349/86);
- Decreto BERSANI (D.LGS.n. 79 del 16/03/99);
- Certificati Verdi e Certificati R.E.C.S.;
- D.L. n. 387 del 2003;
- Finanziaria 2008.

Barriere allo sviluppo dell'idroelettrico

Barriere ambientali

E' sotto accusa l'impatto ambientale dei grandi impianti idroelettrici, che non può essere ignorato, è che ha avuto una ricaduta negativa anche sui piccoli impianti, il cui impatto è però sicuramente più limitato.

Problemi generali delle centrali idroelettriche, e quindi anche della minidraulica, sono:

- il rispetto dei valori della portata da garantire al corso d'acqua dopo la derivazione per non compromettere la vita acquatica e l'ambiente circostante (*dmv* - deflusso minimo vitale);
- la limitazione dell'impatto visivo sul paesaggio.

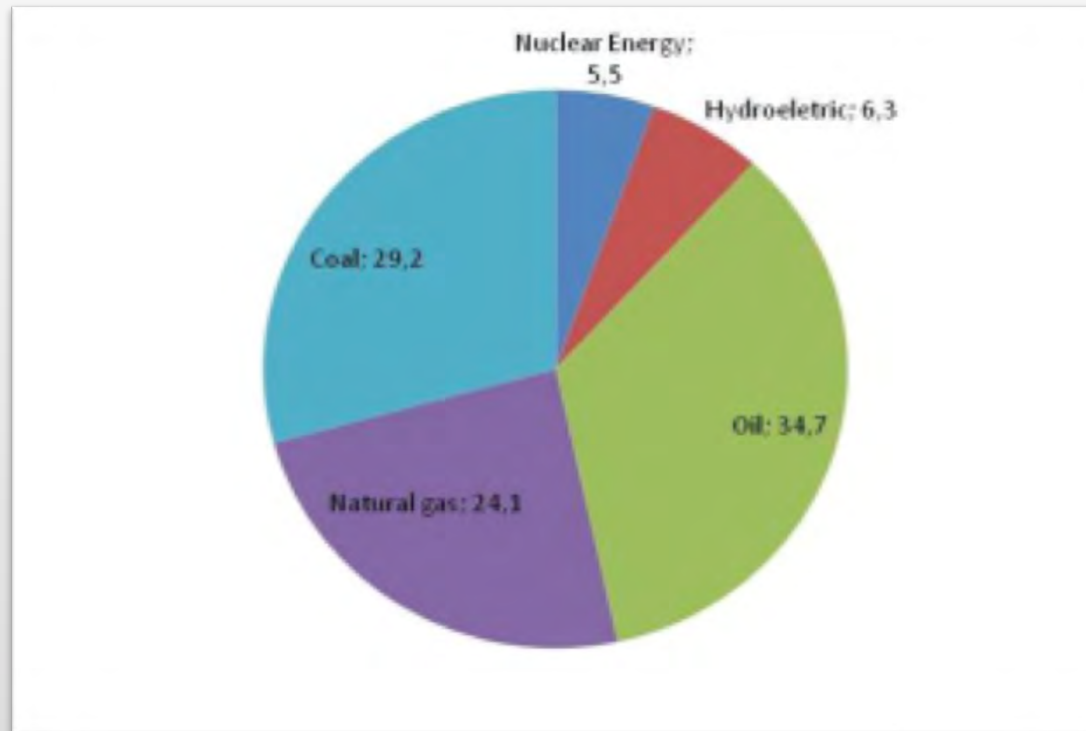
Costi degli impianti idroelettrici

Il costo di un impianto può variare moltissimo a seconda della topografia e della struttura geologica e delle altre caratteristiche del luogo di installazione.

Oltre ad un notevole investimento di capitali per la costruzione, bisogna mettere in conto somme elevate per il pagamento dei proprietari dei terreni, per altri diritti eventualmente lesi dalla costruzione di bacini artificiali e per la trasmissione dell'elettricità prodotta.

- Il costo unitario di investimento può variare tra 1,5 e 2,5 migliaia di € per kW installato, con un periodo di ammortamento di 60 anni per le opere civili e di 30 anni per le opere elettromeccaniche.
- I costi operativi sono, in genere, compresi tra il 2% ed il 3% del costo di investimento, per un numero di ore equivalenti di produzione pari a circa 3700 all'anno.
- Il costo di produzione è compreso tra 4,5 ed 11 centesimi di € per kWh. Per impianti di piccola taglia il limite superiore può essere facilmente superato.

Idroelettrico nel Mondo



Oltre il 6% della produzione mondiale di energia proviene da centrali idroelettriche per una potenza installata di circa 870 GW (2008)

33

I maggiori potenziali risultano localizzati nei paesi in via di sviluppo mentre nell'Europa occidentale il potenziale residuo è limitato a circa il 30%.

Installed capacity (based on production)	GW	Country (based on first 10 producers)	% of hydro in total domestic electricity generation	Producers	TWh	% of world total
People's Rep. of China	118	Norway	98.5	People's Rep. of China	436	14.0
United States	99	Brazil	83.2	Canada	356	11.3
Brazil	71	Venezuela	72.0	Brazil	349	11.2
Canada	72	Canada	58.0	United States	318	10.2
Japan	47	Sweden	43.1	Russia	175	5.6
Russia	46	Russia	17.6	Norway	120	3.8
India	32	India	15.3	India	114	3.6
Norway	28	People's Rep. of China	15.2	Japan	96	3.1
France	25	Japan	8.7	Venezuela	79	2.5
Italy	21	United States	7.4	Sweden	62	2.0
Rest of the world	308	Rest of the world**	14.3	Rest of the world	1 016	32.7
World	867	World	16.4	World	3 121	100.0

Idroelettrico in Europa



Copre circa l'11 % della produzione complessiva di energia elettrica.

produzione di energia idroelettrico [TW/anno]

35

Idroelettrico in Italia

In Italia la prima centrale è stata costruita nel 1890, a cui sono seguite altre costruite nelle regioni alpine ed appenniniche.

POTENZA ED IMPIANTI INSTALLATI

	n°	kW	n°	kW	%
		2006		2007	'07 / '06
Idrica	2.093	17.412.060	2.128	17.458.614	0,3
0 _ 1	1.173	427.454	1.194	436.580	2,1
1 _ 10 (MW)	626	2.040.351	641	2.085.679	2,2
> 10	294	14.944.255	293	14.936.355	-0,1

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

GWh	2003	2004	2005	2006	2007	'07 / '06 %
Idrica	36.669,9	42.337,8	36.066,7	36.994,4	32.815,2	-11,3
0 _ 1	1.455,3	1.731,3	1.525,7	1.520,9	1.415,7	-6,9
1 _ 10 (MW)	5.731,8	7.127,8	6.090,5	6.354,1	5.684,4	-10,5
> 10	29.482,8	33.478,7	28.450,5	29.119,4	25.715,1	-11,7

Il contributo alla produzione di energia elettrica totale è pari all'11,2% con una riduzione di quasi il 50% rispetto al

36

Idroelettrico in Italia

Impianti installati per Regione

Regione	Idrica n°	MW	Q. %
Piemonte	474	2.398,7	13,7
Valle d'Aosta	63	861,0	4,9
Lombardia	333	4.902,6	28,1
Trentino Alto Adige	369	3.049,9	17,5
Veneto	188	1.088,2	6,2
Friuli Venezia Giulia	137	453,5	2,6
Liguria	40	72,5	0,4
Emilia Romagna	62	290,3	1,7
Toscana	91	321,1	1,8
Umbria	28	508,3	2,9
Marche	104	230,0	1,3
Lazio	68	399,3	2,3
Abruzzi	50	1.001,9	5,7
Molise	25	84,7	0,5
Campania	27	333,8	1,9
Puglia	-	-	-
Basilicata	7	128,0	0,7
Calabria	28	716,6	4,1
Sicilia	17	152,2	0,9
Sardegna	17	466,2	2,7
ITALIA	2.128	17.458,9	100,0

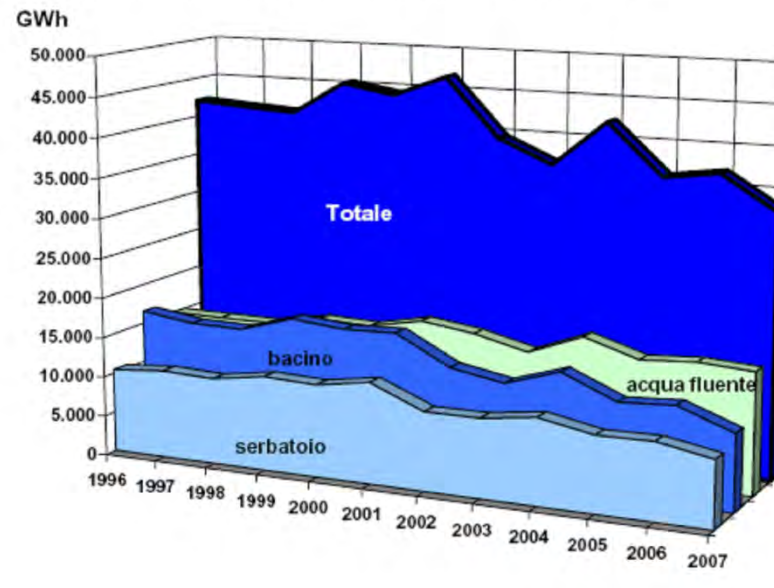
Produzione di energia per Regione

Regione	Idrica GWh	Q. %
Piemonte	5.185,0	15,8
Valle d'Aosta	2.768,8	8,4
Lombardia	7.520,9	22,9
Trentino Alto Adige	6.958,4	21,2
Veneto	3.229,6	9,8
Friuli Venezia Giulia	1.304,6	4,0
Liguria	146,7	0,4
Emilia Romagna	750,9	2,3
Toscana	494,5	1,5
Umbria	920,2	2,8
Marche	211,2	0,6
Lazio	624,1	1,9
Abruzzi	890,5	2,7
Molise	120,4	0,4
Campania	354,4	1,1
Puglia	-	-
Basilicata	230,8	0,7
Calabria	705,7	2,2
Sicilia	97,5	0,3
Sardegna	300,9	0,9
ITALIA	32.815,1	100,0

Suddivisione impianti per tipologia

	Impianti n°	Pot. Eff. Lorda MW	Prod. Lorda GWh	Ore di utilizzo
Totale	2.128	17.459	32.815	1.880
serbatoio	143	8.024	8.259	1.029
bacino	176	4.914	9.471	1.927
acqua fluente	1.809	4.521	15.085	3.337

Andamento della produzione idrica rinnovabile



Situazione in Basilicata

Castrocucco - Trecchina (PZ)

L'impianto di Castrocucco, entrato in esercizio nel 1973, è situato in provincia di Potenza lungo l'asta fluviale del fiume Sinni con un bacino idrografico di circa 120 Km². La centrale utilizza le acque del serbatoio Masseria Nicodemo.

Anno di costruzione	1973
Tecnologia	Idroelettrico
Tipologia	Serbatoio
Potenza	83 MW
Salto	580,5 m
Portata	18 mc/sec
Producibilità	147 GWh
Tipo macchinario	Pelton ad asse verticale

Situazione in Basilicata

Caolo – Tramutola

Anno di costruzione	1924
Potenza	0,692 MW
Salto	69,1 m
Portata	1,25 mc/sec
Producibilità	3,7 GWh
Tipo Macchinario	Francis ad asse verticale

Agri - Gallicchio

Sul territorio del Comune di Gallicchio insiste gran parte dell'impianto idroelettrico alimentato dall'invaso di regolazione del Pertusillo, nel territorio del Comune di Spinoso, e cioè parte della galleria di derivazione, il pozzo piezometrico, la condotta forzata, la centrale con le macchine idrauliche (turbine) e quelle elettriche (generatori), il sistema di conduzione e trasporto