

FESTIVAL
dell'ACQUA

Mini/micro idroelettrico: quali possibilità

Evoluzione tecnologica nel settore

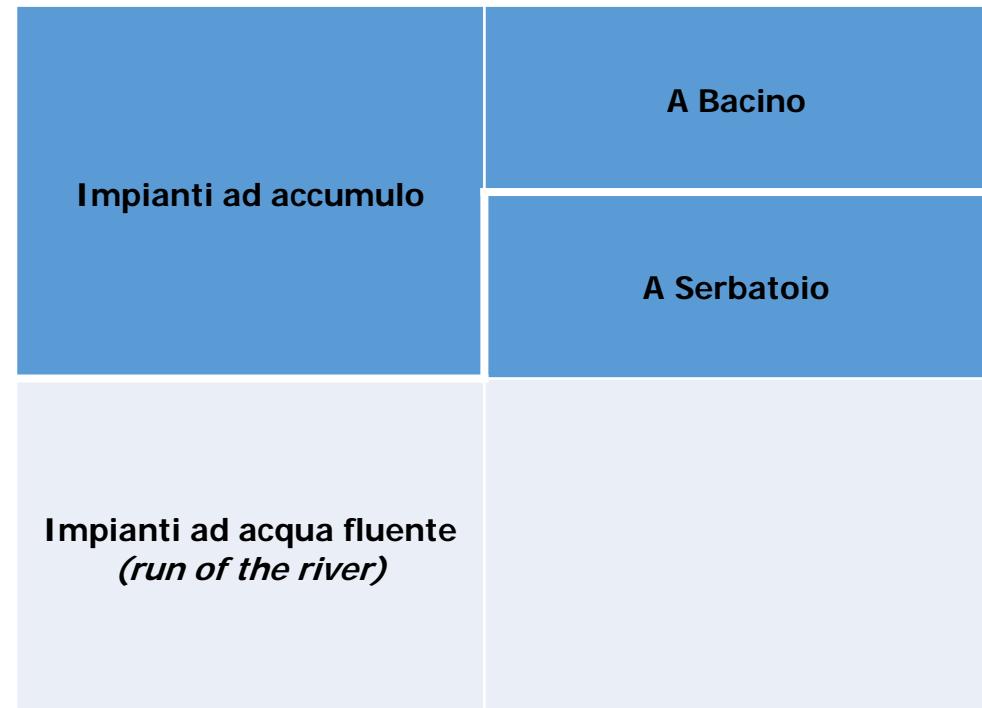
MAURIZIO RIGHETTI – Libera Università di Bolzano

CLASSIFICAZIONE IMPIANTI IDROELETTRICI

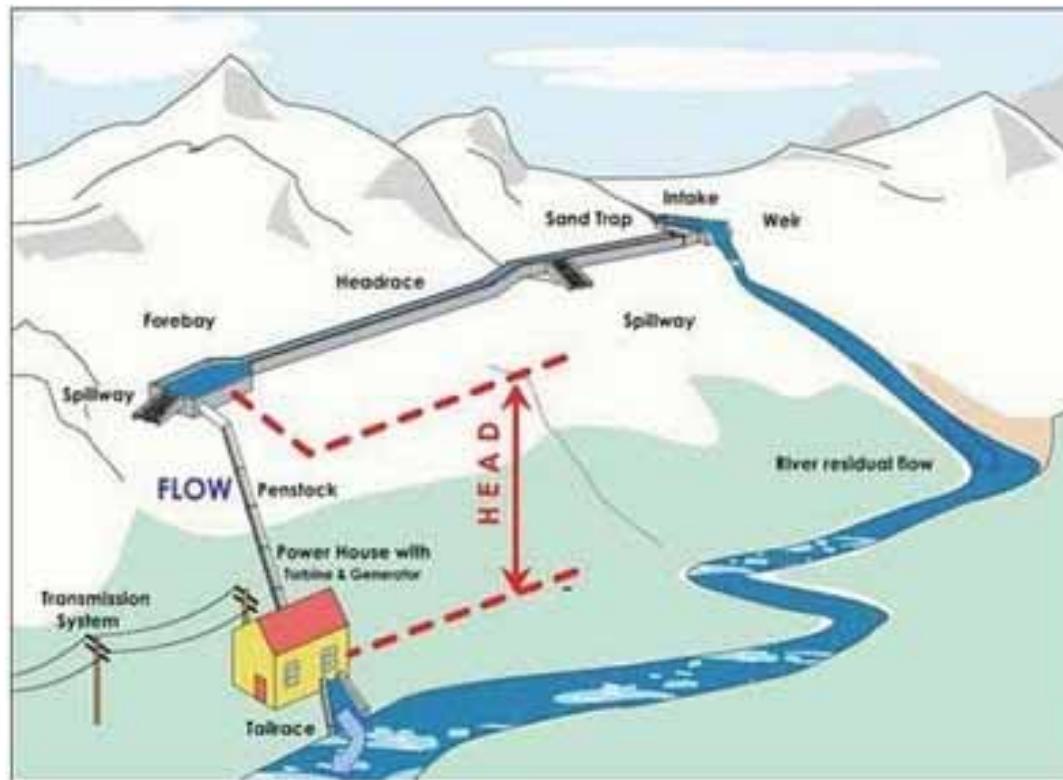
In base alle dimensioni

Potenza nominale	
Micro-impianti	$P < 100 \text{ kW}$
Mini-impianti	$100 < P(\text{kW}) < 1000$
Piccoli-impianti	$1000 < P(\text{kW}) < 10000$ <i>(3000)</i>
Grandi-impianti	$P > 10000 \text{ kW}$

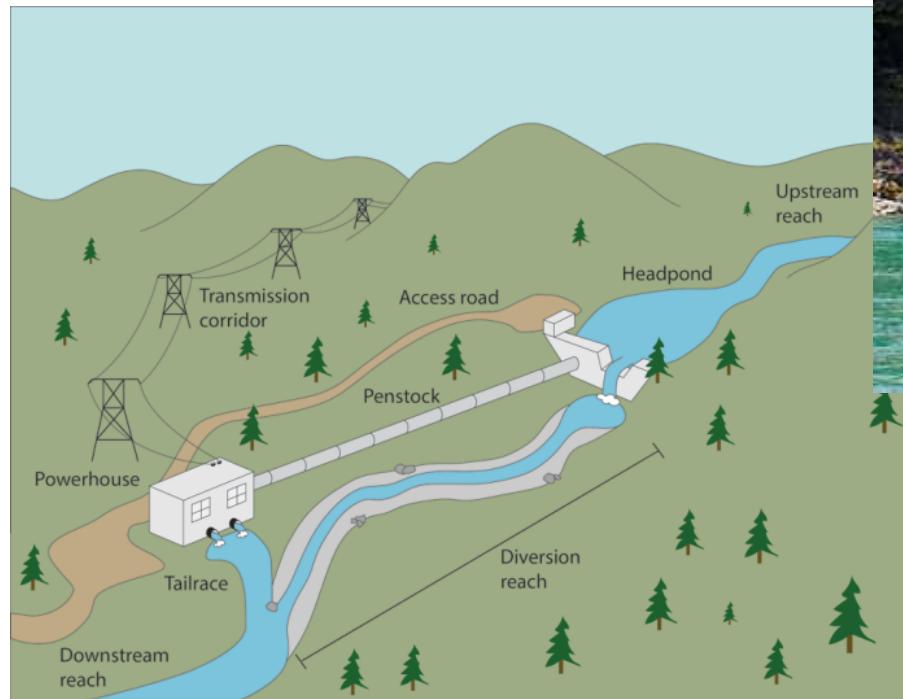
In base all'accumulo



LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



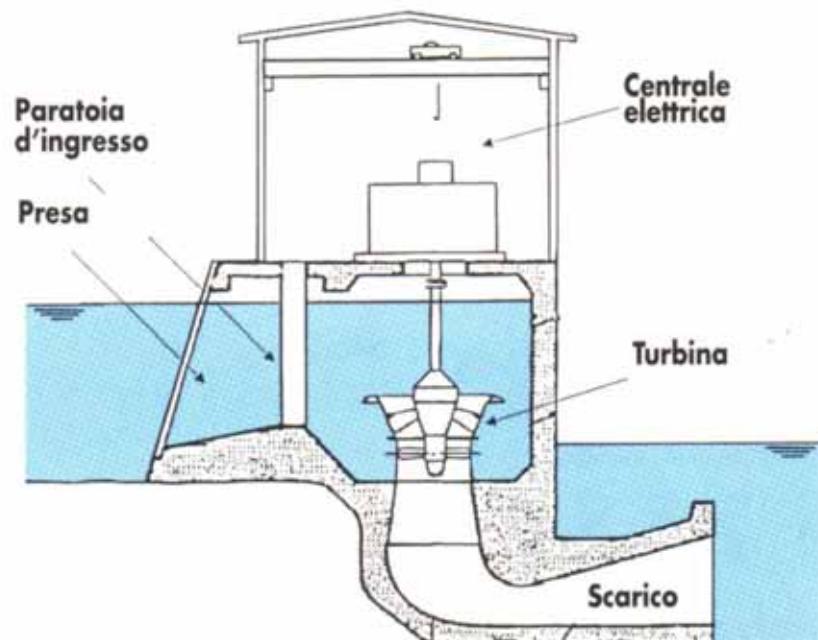
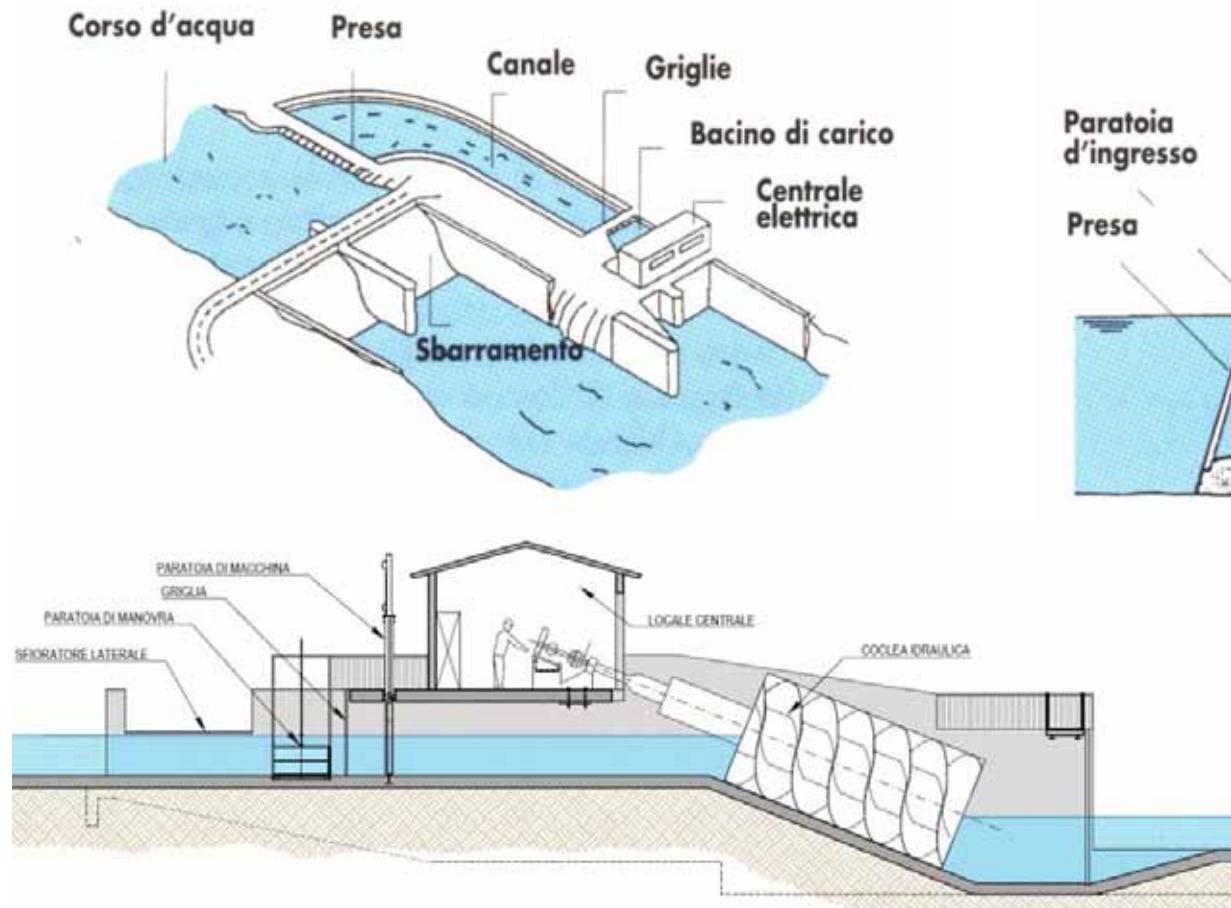
LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO

Locale turbine in corpo traversa



M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

MINI HYDRO - ALCUNI VANTAGGI

Le centrali idroelettriche, e in particolare le piccole centrali idroelettriche sono:

- altamente decentralizzate e
- vicine al consumatore, contribuendo così ulteriormente a:
- sicurezza e indipendenza dell'approvvigionamento;
- le perdite dovute alla rete di trasmissione sono basse a causa delle brevi distanze coinvolte.

gli impianti ad acqua fluente sono privi di capacità di regolazione e pertanto la portata utilizzata, e quindi la potenza istantanea, è pari alla quantità di acqua disponibile fino al limite consentito dall'opera di presa.

MINI HYDRO - ALCUNI VANTAGGI

Storicamente il primo esempio di «economia verde»

Lo sviluppo e la produzione di componenti idroelettrici, la pianificazione, la costruzione e il funzionamento di impianti idroelettrici e le reti di trasmissione richiedono notevoli conoscenze e ricerche tecnologiche.

- **L'esportazione di tecnologia** e conoscenza crea entrate aggiuntive per le economie delle zone alpine.
- Ciò contribuisce a creazione di nuovi posti di lavoro (verdi) e a **crescita delle economie locali**, oltre a portare un contributo fiscale netto positivo ai bilanci nazionali e locali.

MINI HYDRO - CONTROINDICAZIONI ECOLOGICHE

Controindicazioni ecologiche:

Effetti a valle legati alla regolazione della portata

- riduzione delle portate a valle e quindi riduzione dell'habitat disponibile complessivo

Interruzione fisica della continuità fluviale

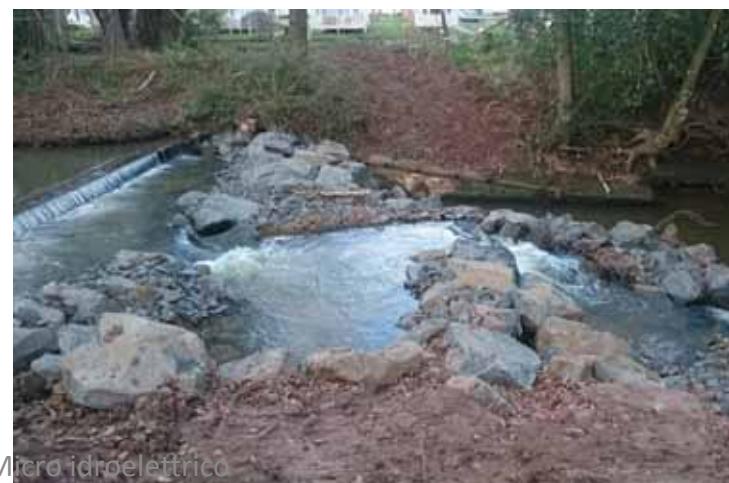
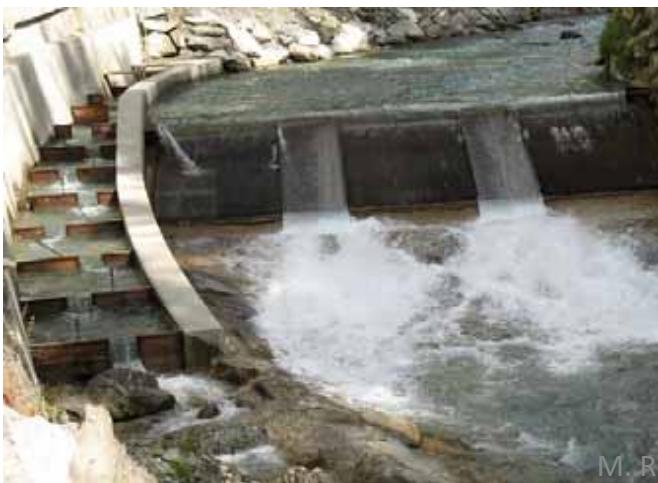
- alterazione del trasporto monte-valle di nutrienti e organismi
- impedimento delle migrazioni della fauna ittica

MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI SULL'HABITAT

- deve essere garantita una portata minima al corso d'acqua:
il deflusso minimo vitale (dmv) → deflusso minimo ecologico (dme).
dal punto di vista economico è auspicabile che il dmv sia il più basso possibile mentre dal punto di vista ambientale il dmv dovrebbe essere su valori elevati in modo da proteggere la flora e la fauna e garantire la qualità dell'ambiente. Si richiede quindi una soluzione di compromesso fra queste due legittime esigenze.
- Scale a pesci
- Rilasci controllati dei sedimenti
- Turbine «fish friendly»
-

MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI SULL'HABITAT

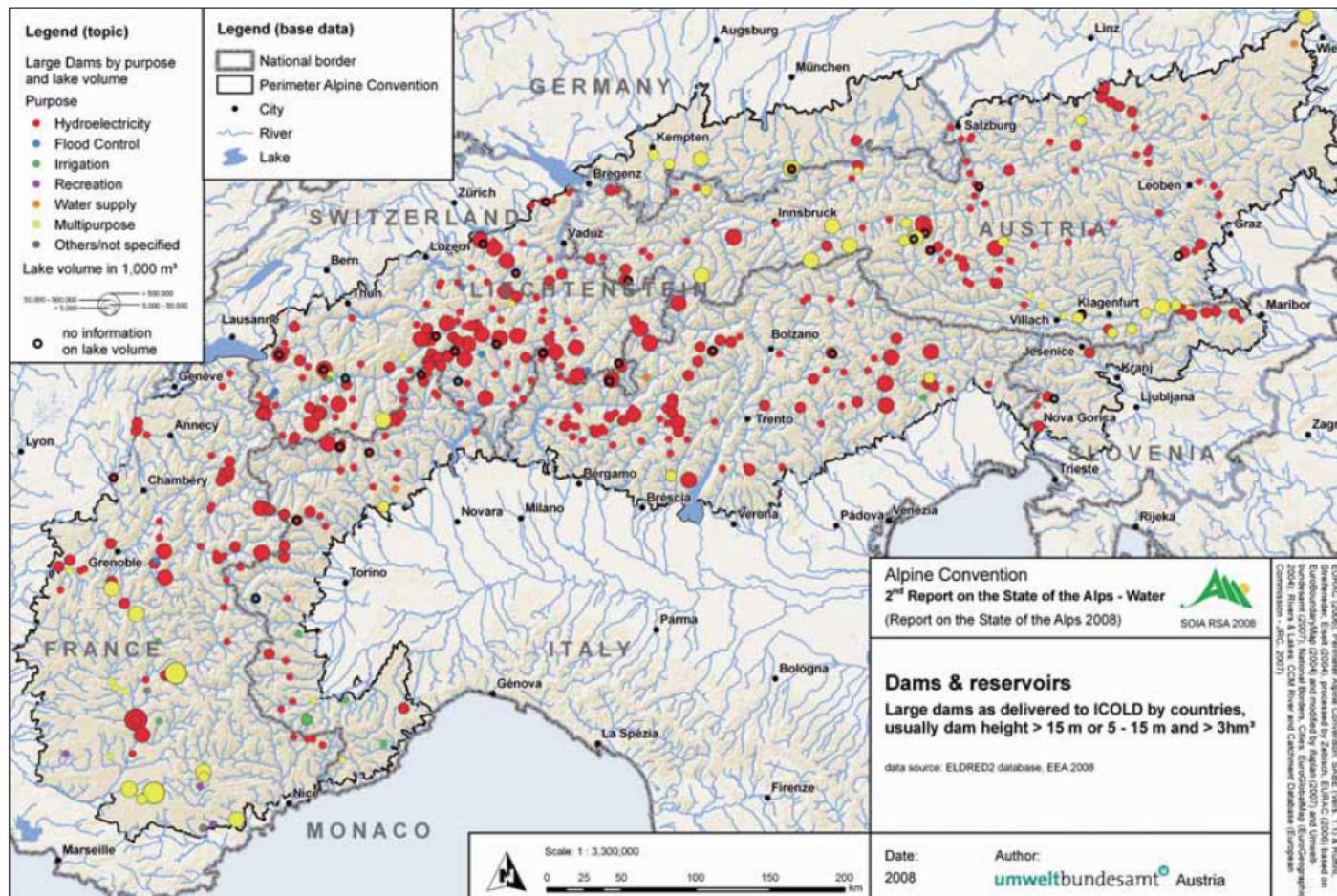
- Scale a pesci



M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Techologica

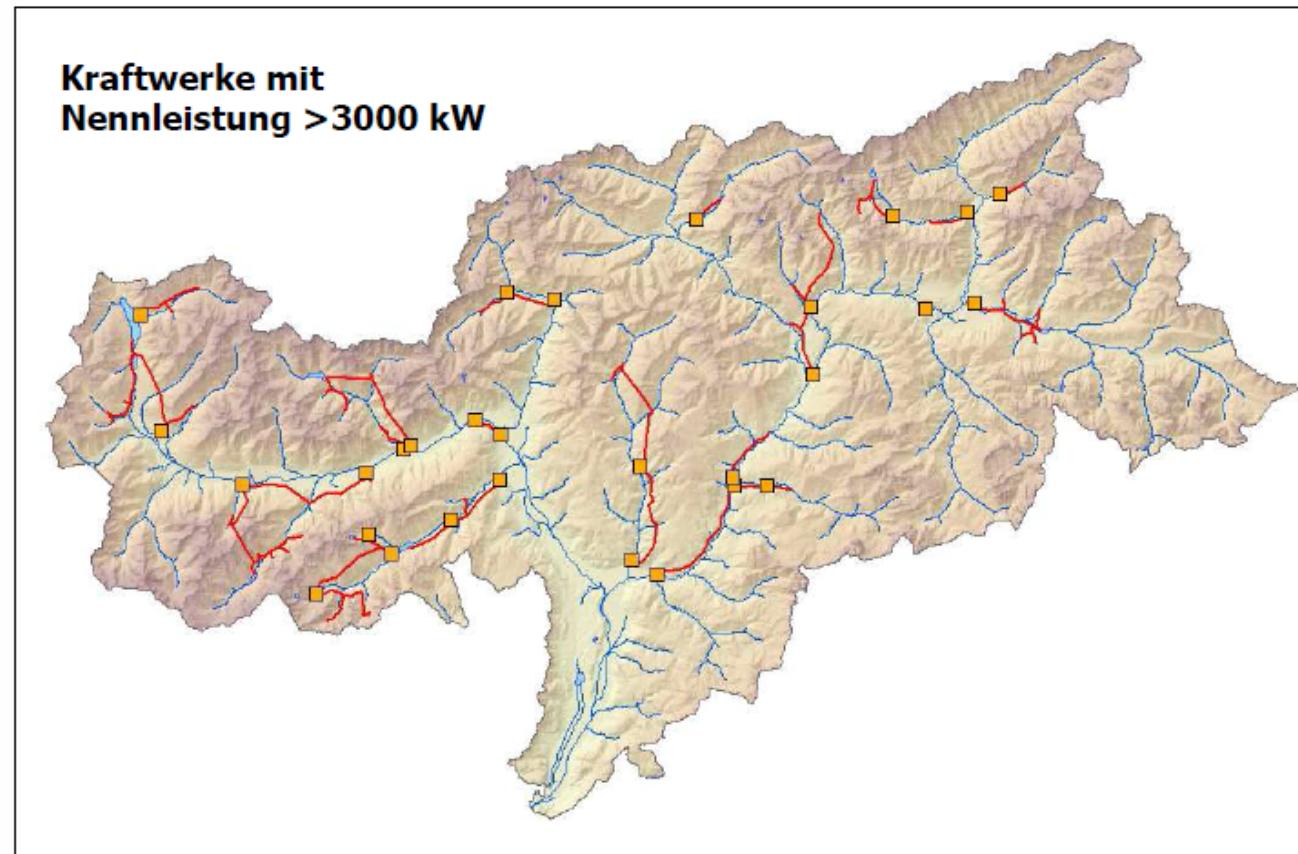
IDROELETTRICO NELLE ALPI

Distribuzione (grandi) dighe nelle Alpi



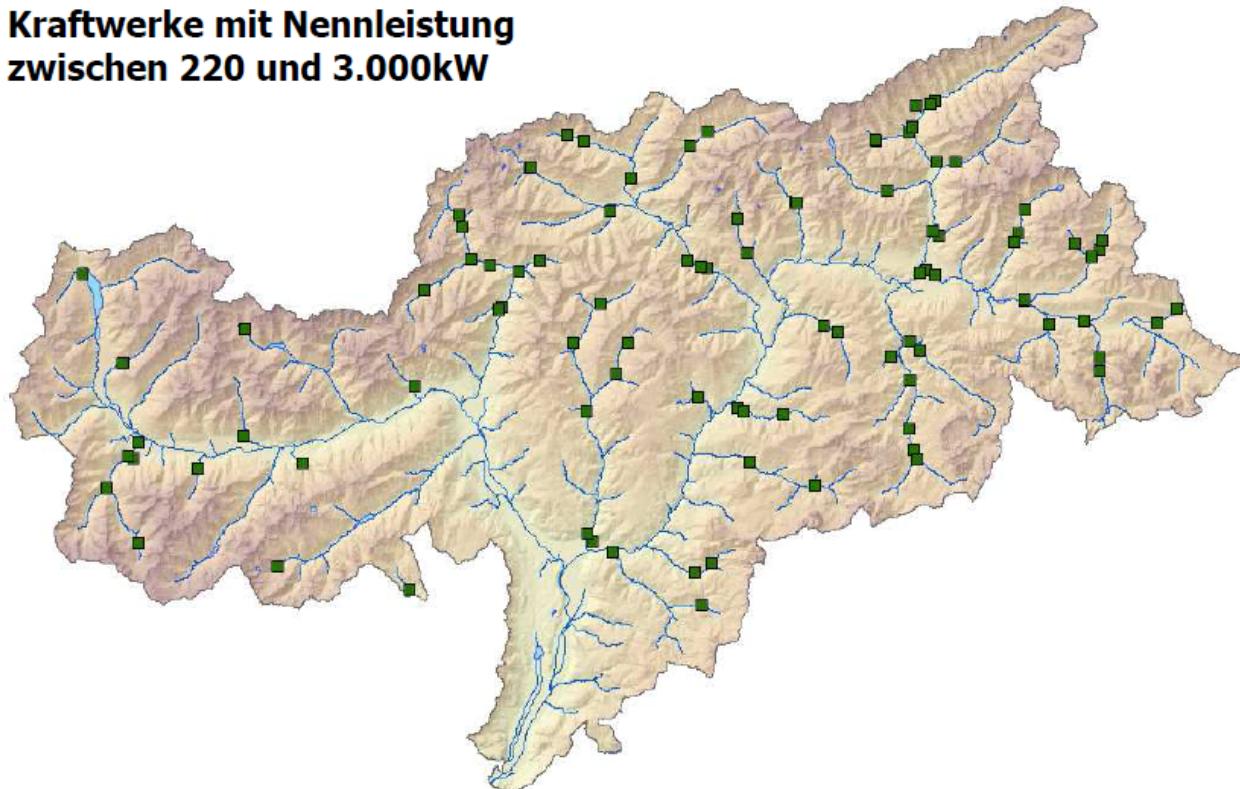
M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

GRANDI IMPIANTI IDROELETTRICI IN ALTO ADIGE



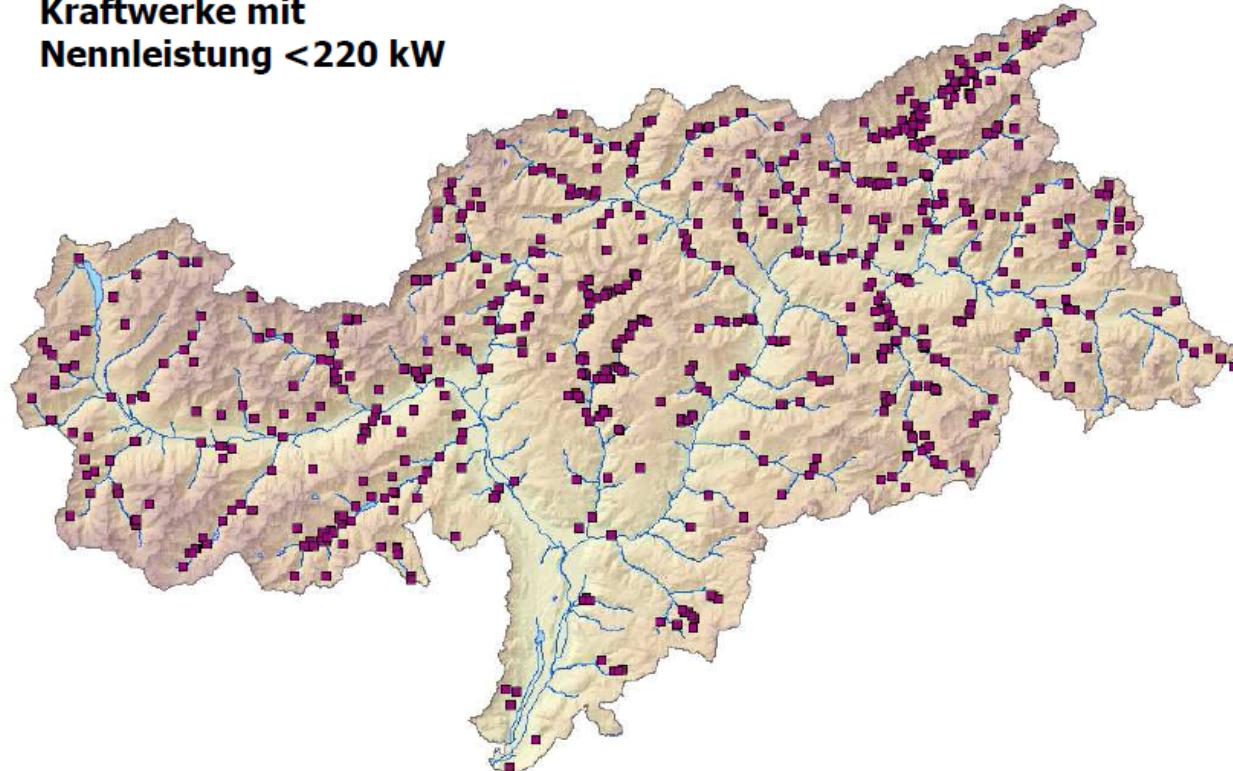
MEDI IMPIANTI IDROELETTRICI IN ALTO ADIGE

Kraftwerke mit Nennleistung
zwischen 220 und 3.000kW



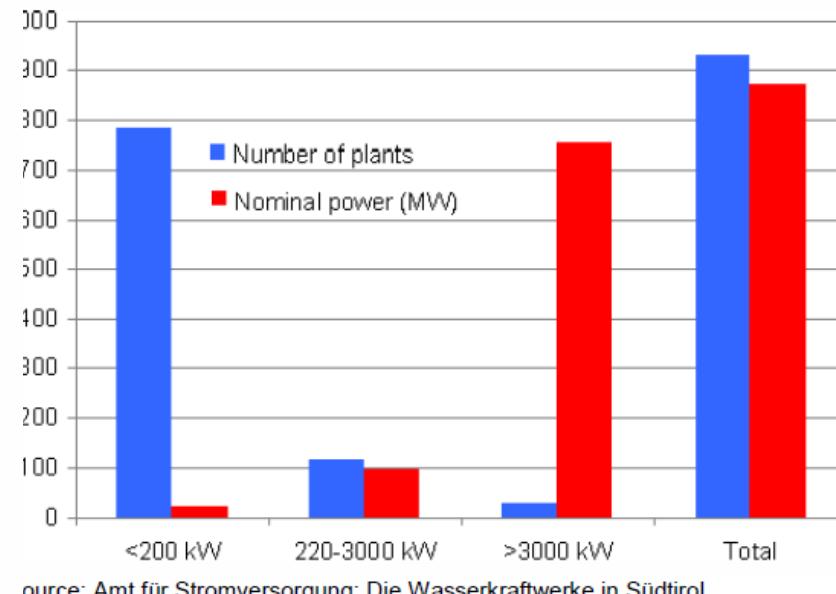
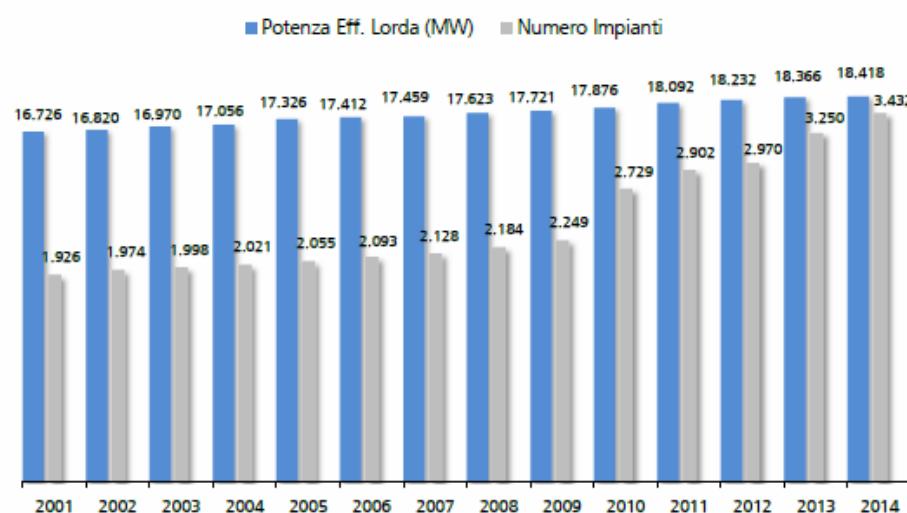
PICCOLI IMPIANTI IDROELETTRICI IN ALTO ADIGE

Kraftwerke mit
Nennleistung <220 kW



PICCOLI IMPIANTI IDROELETTRICI IN ALTO ADIGE

Evoluzione della potenza e della numerosità degli impianti idroelettrici



Source: Amt für Stromversorgung: Die Wasserkraftwerke in Südtirol,

L'arco temporale compreso tra il 2001 e il 2014 è stato caratterizzato soprattutto dall'installazione di impianti di piccole dimensioni; la potenza installata in Italia è cresciuta secondo un tasso medio annuo dello 0,7%.

Naturale conseguenza di questo fenomeno è la progressiva contrazione della taglia media degli impianti, passata da 8,7 MW del 2001 a 5,4 MW nel 2014.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Taglia media impianti MW	8,7	8,5	8,5	8,4	8,4	8,3	8,2	8,1	7,9	6,6	6,2	6,1	5,7	5,4

TECNOLOGIA - TURBINE (25÷5000) KW



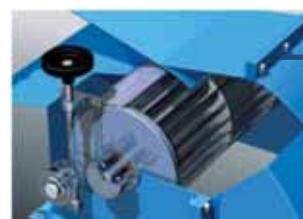
Pelton



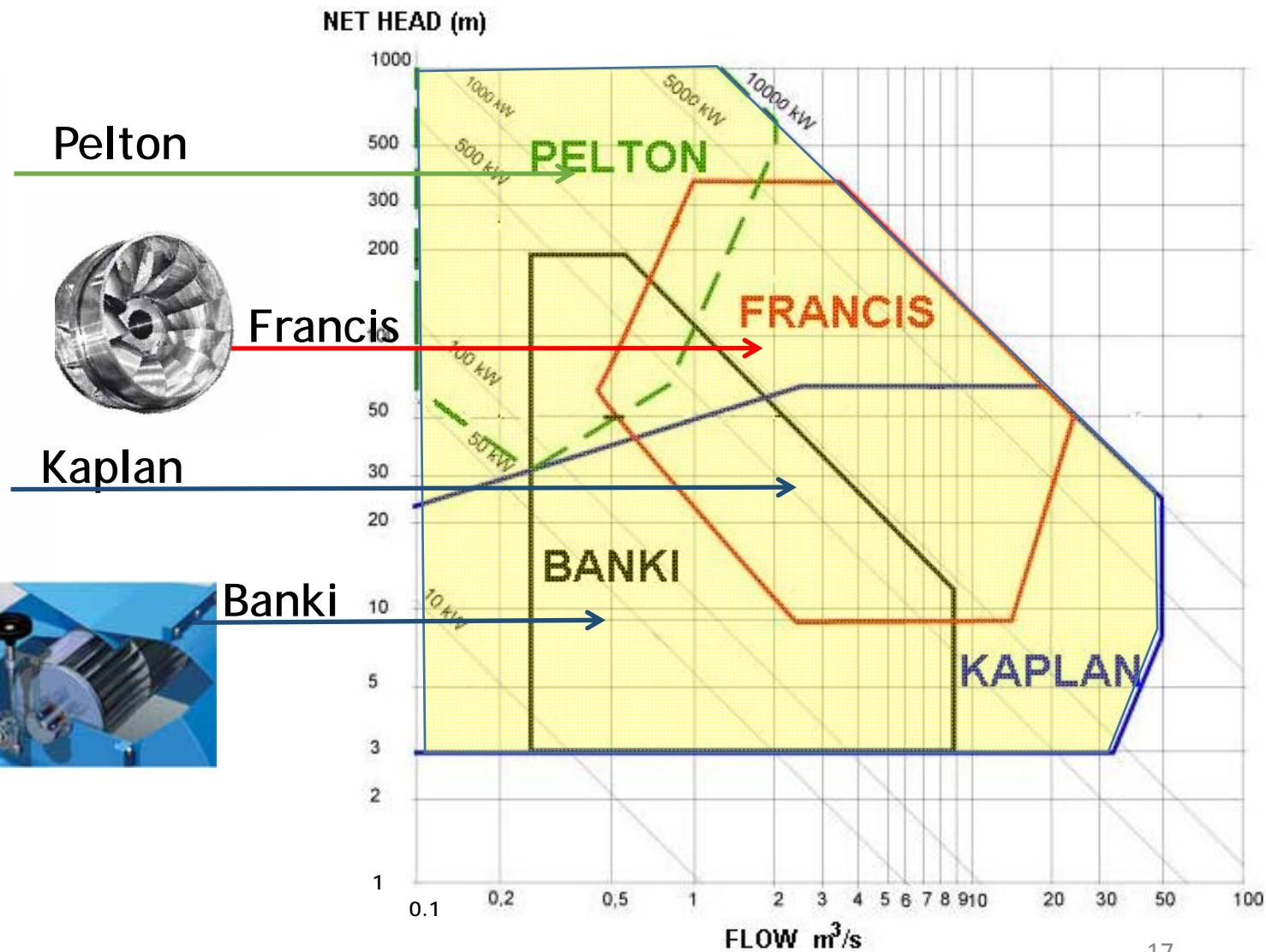
Francis



Kaplan



Banki



(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)

TECNOLOGIA - TURBINE (25÷5000) KW



Pelton



Francis



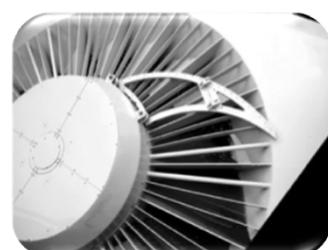
Kaplan



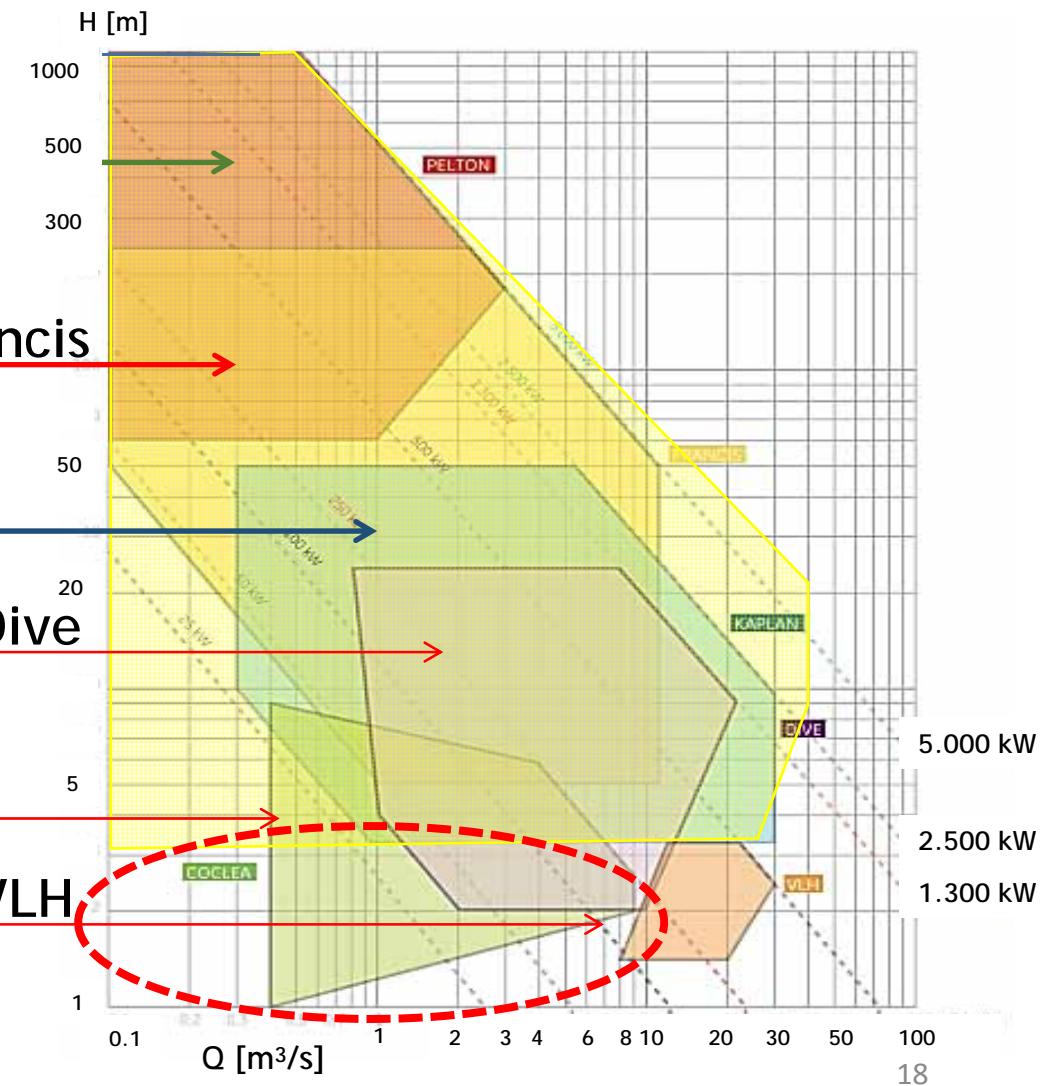
Dice



Coclea



VLH



(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)

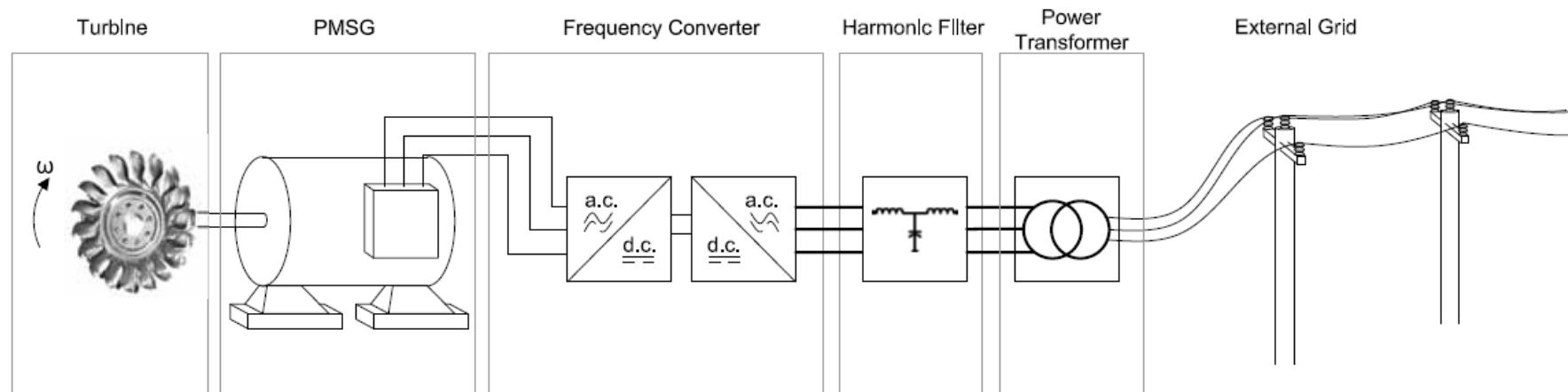
TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

FUNZIONAMENTO A VELOCITÀ VARIABILE

Connessione alla rete tramite convertitore di frequenza «**inverter**»



Vantaggio di inseguire i punti di massima efficienza meccanica

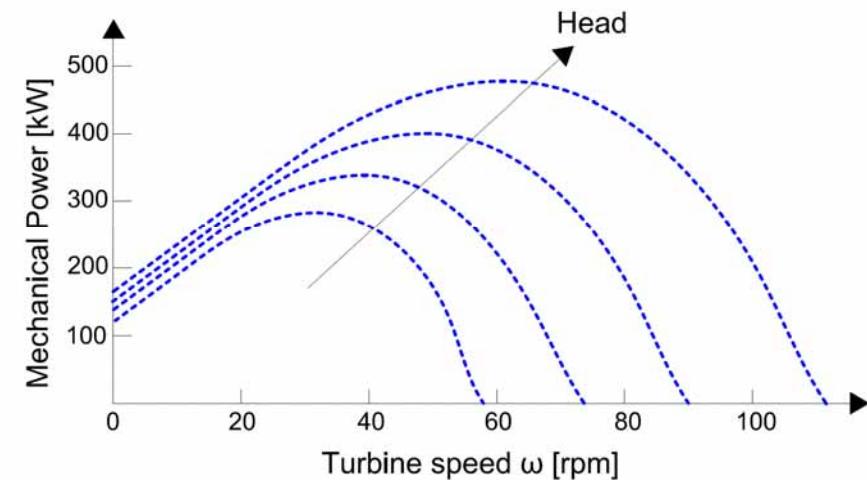
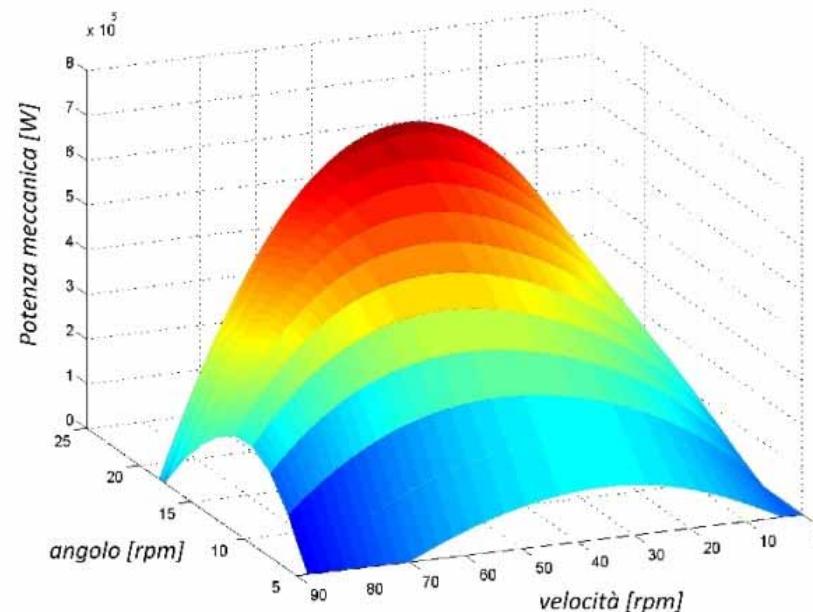


(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)

TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

FUNZIONAMENTO A VELOCITÀ VARIABILE

Al variare delle condizioni di funzionamento (salto e portata) il sistema automatico di controllo calcola un opportuno set-point di velocità in modo inseguire i punti di massima efficienza della macchina [MPPT - Maximum Power Point Tracking, mutuato da fotovoltaico ed eolico]



(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)

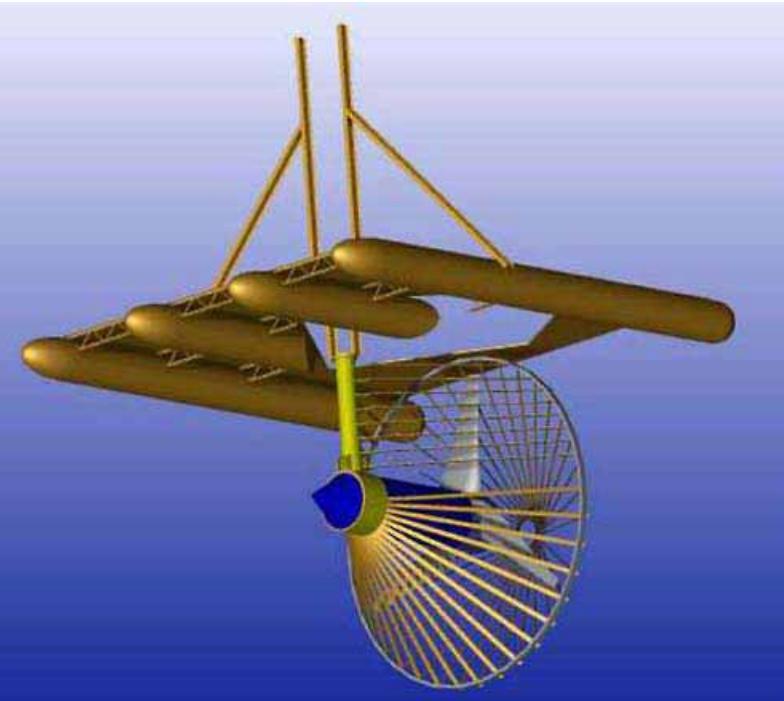
TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

TURBINE MAREOMOTRICI:



Dual-Turbine Offshore Units

(Courtesy of Marine Current Turbines Ltd.)

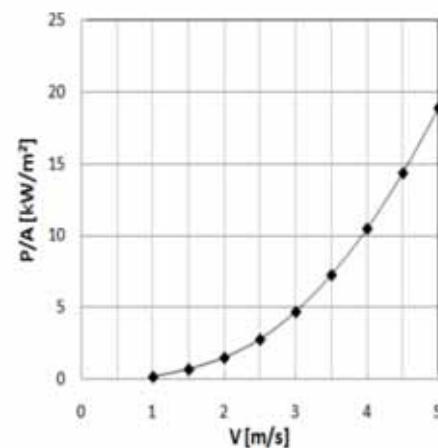


KHECS Demonstration Unit

(Courtesy of Verdant Power)

TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

TURBINE MAREOMOTRICI: Turbine Gorlov (River-Wheel)



Potenza elettrica per unità di superficie di rotore in funzione della velocità dell'acqua

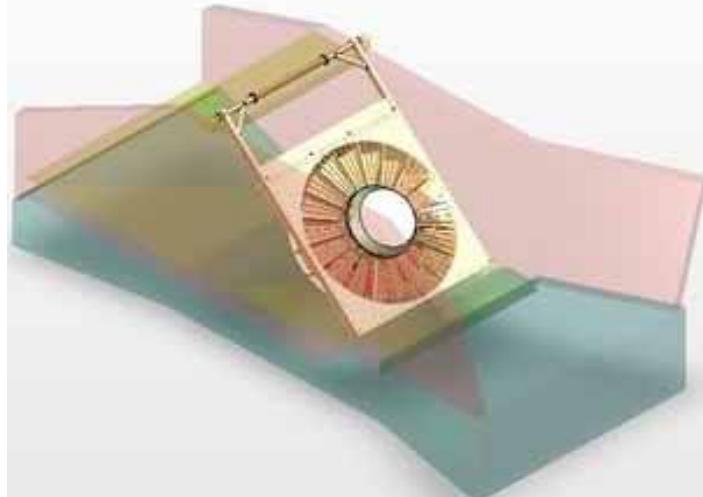


M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

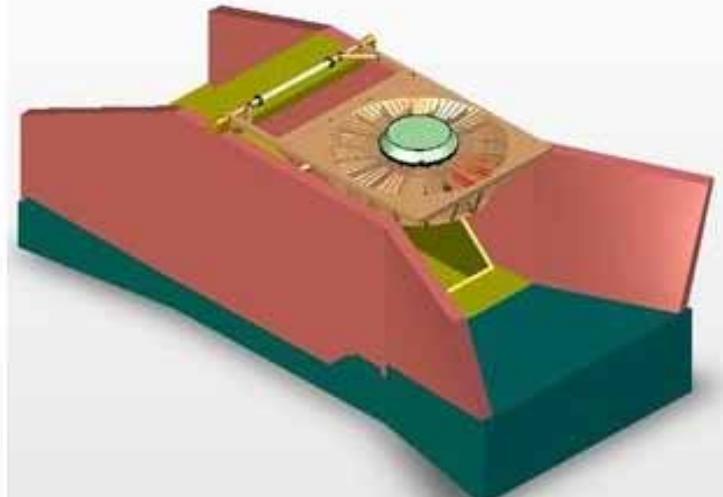
TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

VLH TURBINE

- Grande diametro di ruota con bassa velocità di rotazione (30-50 rpm) e ridotta velocità dell'acqua
- Generatore a magneti permanenti a velocità variabile (inverter): massimizzazione dei rendimenti alle varie condizioni idrauliche



Turbine in working position



Turbine in withdrawn position

M. Righetti Mini Micro idroelettrico
(courtesy prof M. Faum, univ di Tn)

TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

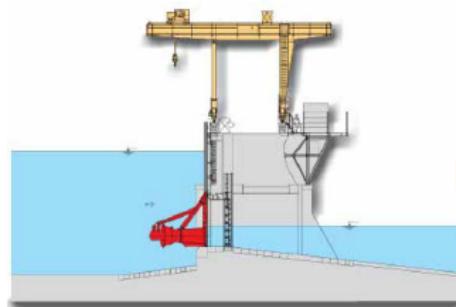
VLH TURBINE



Forte integrazione visiva, nessun edificio sull'opera idraulica, macchina sommersa, invisibile e silenziosa
M. Righetti Mini Micro Idroelettrico
(courtesy prof M. Faum, univ di Trn)

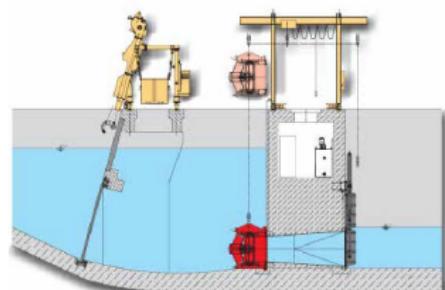
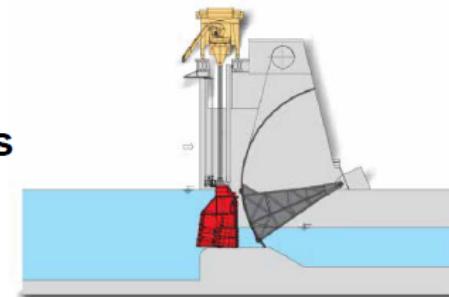
TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

Potential Applications



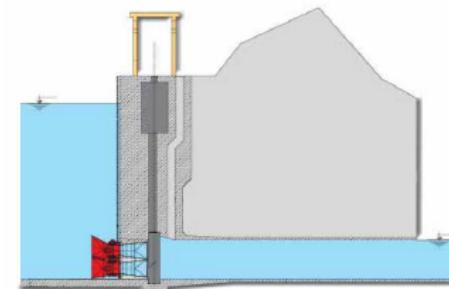
Irrigation Dams

Navigation Dams



Canals and
Abandoned Shiplocks

Intake Towers



M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

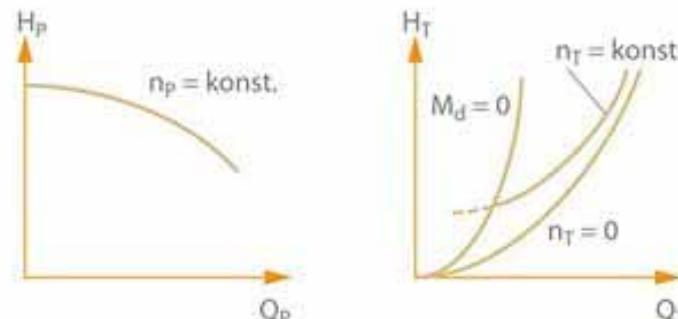
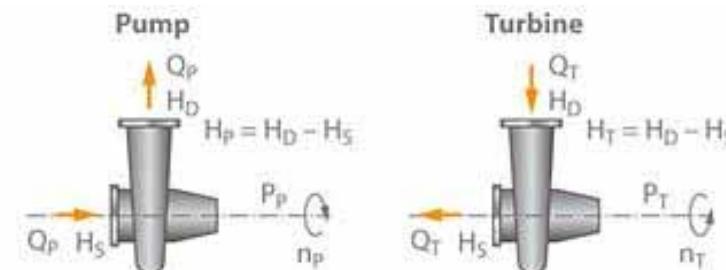
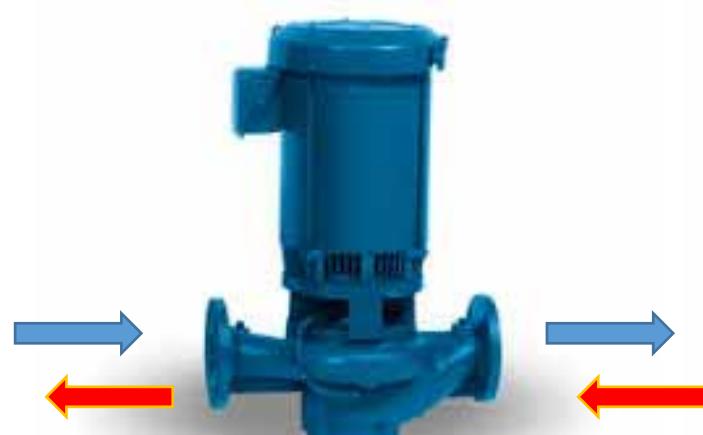
PaT: PUMPS AS TURBINES

Invertendo il flusso in un gruppo **motore-pompa** utilizzato per sollevare acqua
 Lo si fa lavorare come gruppo **turbina-alternatore** (il motore diventa alternatore)

Rendimenti circa 85%

Economiche

se con inverter aumenta range di applicabilità

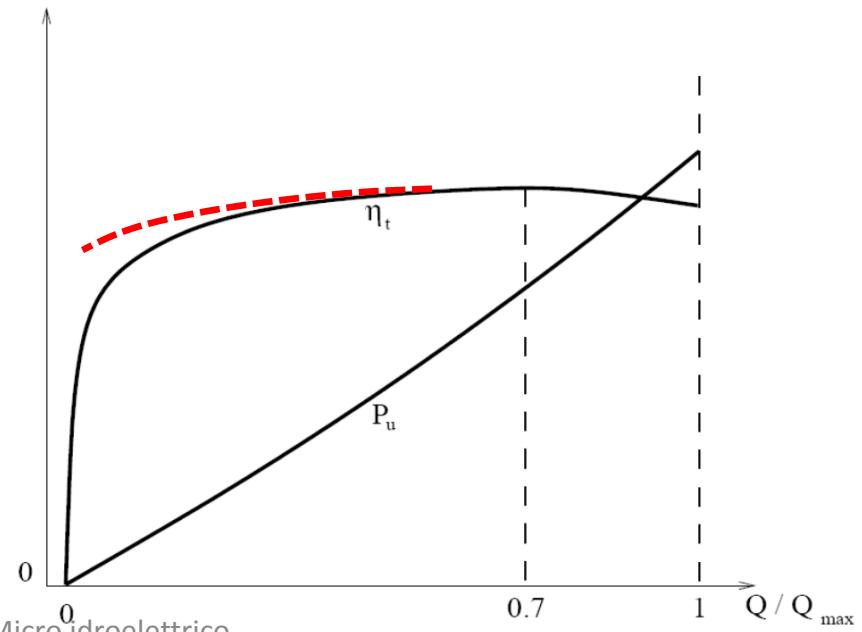
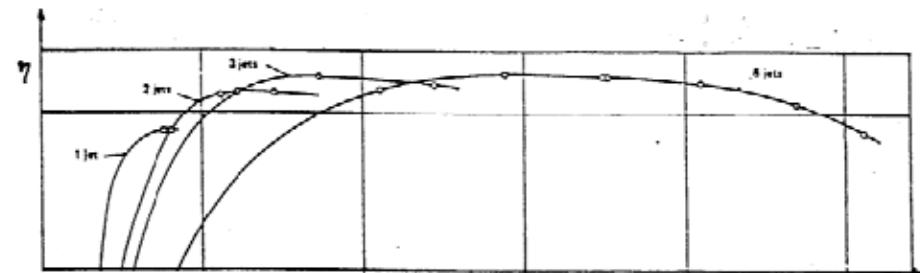


M. Righetti Mini Micro idroelettrico
 Evoluzione Tecnologica

TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

ADATTAMENTO MACCHINE «TRADIZIONALI» A NUOVE ESIGENZE DI PRODUZIONE

Esempio PELTON: ottimizzazione alle portate bassissime, per meglio sfruttare le oscillazioni di portata



M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

MINI HYDRO

Alcune forzanti esterne influenti sull'idroelettrico:

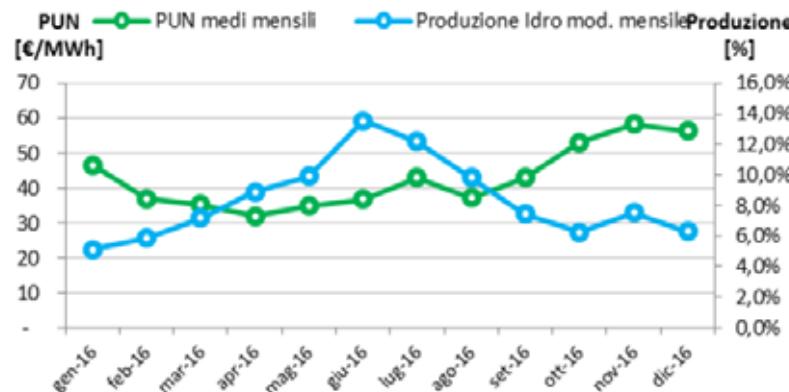
- Cambiamento climatico
- Variabilità oraria dei prezzi

Uno sguardo anche sul grande idroelettrico...

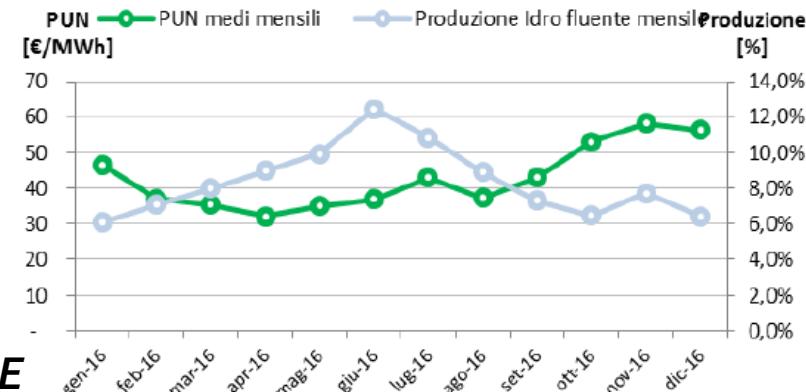
MINI HYDRO

VARIABILITA' DEI PREZZI

Produzione mensile Idro a bacino vs PUN mensile (2016)

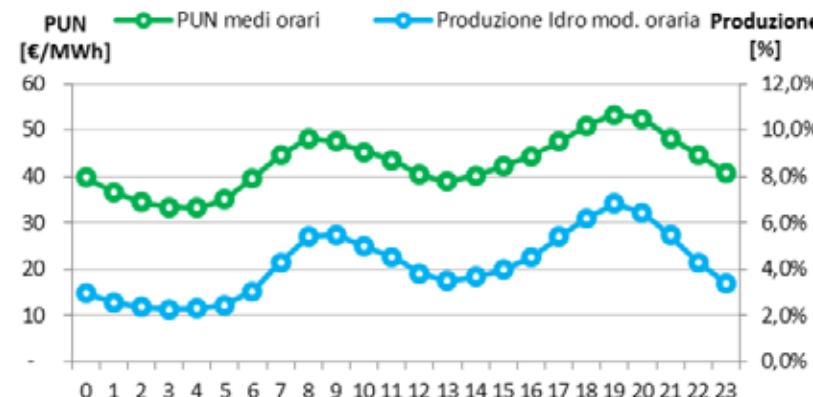


Produzione mensile Idro fluente vs PUN mensile (2016)

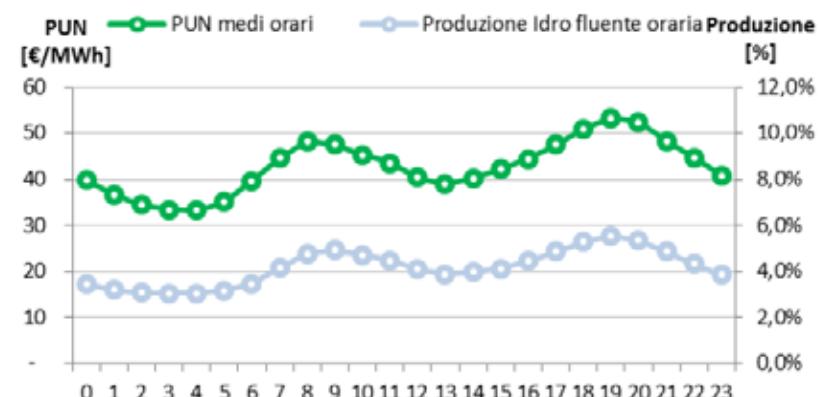


Fonte GSE

Produzione oraria Idro a bacino vs PUN orario (2016)



Produzione oraria Idro fluente vs PUN orario (2016)



M. Righetti Mini Micro idroelettrico

Evoluzione Tecnologica

VARIABILITA' DEI PREZZI

La produzione **idroelettrica a bacino**:

si concentrata nella zona di mercato **NORD**

prezzi al di sopra del prezzo zonale di riferimento

lasciando presupporre che si riesca a sfruttare la capacità degli invasi per ottimizzare le produzioni in funzione delle condizioni di mercato

- **La produzione oraria è modulata** in funzione dell'andamento dei **prezzi orari**

La produzione **idroelettrica fluente**:

si concentrata nella zona di mercato **NORD**

prezzi in linea con il prezzo zonale di riferimento

- **La produzione oraria segue** per quanto possibile l'andamento dei **prezzi orari**

Fonte GSE

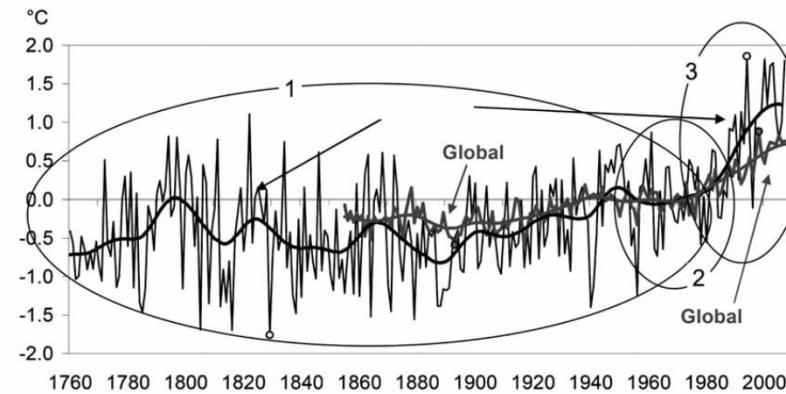
MINI HYDRO

CAMBIAMENTO CLIMATICO

Average of the annual air temperature in the Alpine space 1760-2007 (black) and the global average 1858-2007 (grey)

- 1: last natural period – solar flux and volcanic activity dominant
- 2: increasing influence of human activity – the period of aerosols
- 3: start of the global warming period

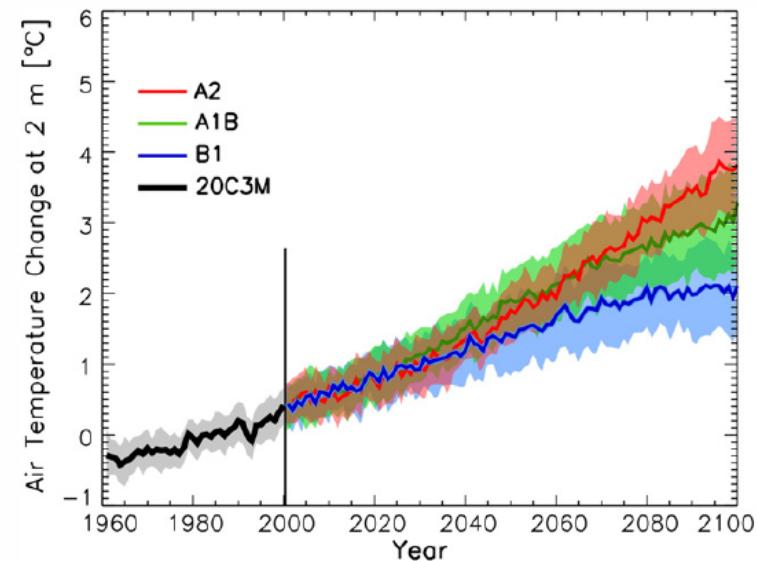
Source: Jones et al., 1999; Auer et al., 2007 (modified)



Temperature evolution over Europe based on the CMIP3 simulations driven by the emission scenarios A2 (red), A1B (green) und B1 (blue).

The bold coloured lines depict the multi-model mean for each scenario; the shadings indicated the standard deviation.

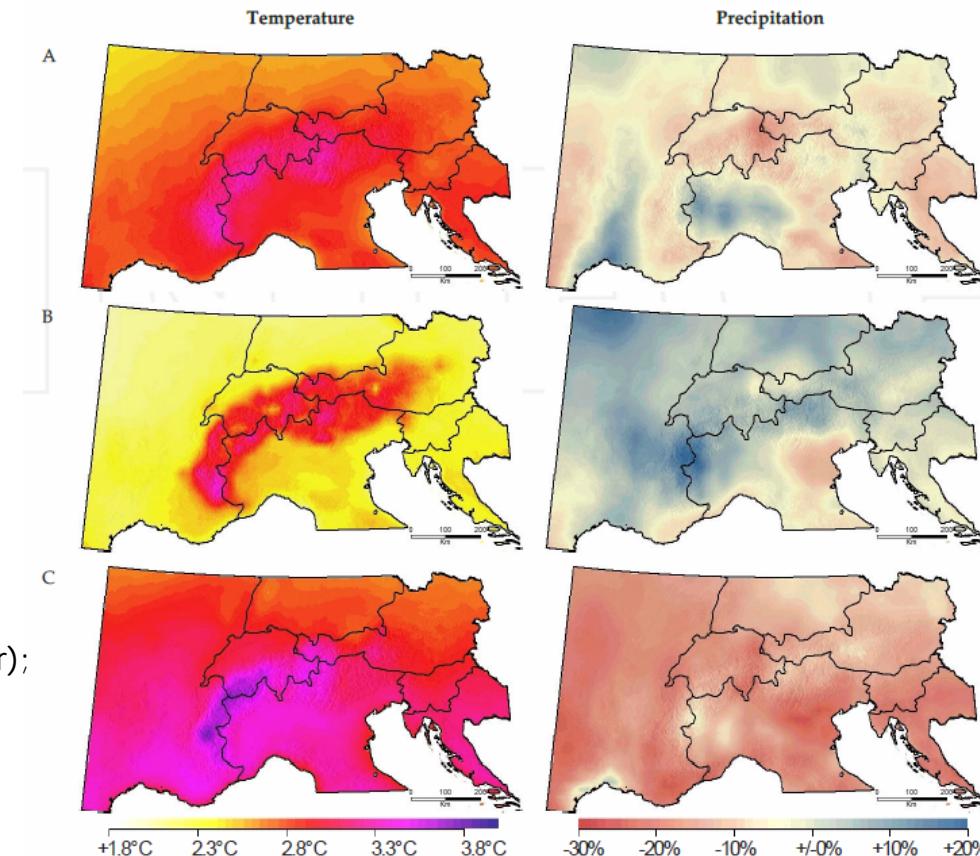
Source Prein et al. (2011). Analysis of uncertainty in large scale climate change projections over Europe. Meteorol Z 2011;20:383–95.



CAMBIAMENTO CLIMATICO

Climate anomalies for the A1B scenario by 2080 (*deviations of the 2051-2080 period from the current, i.e. 1950-2000 climate*) averaged over the six RCM models used to assess the impact of climate change in the MANFRED project.

A: Anomalies for annual temperature and precipitation;



B: Anomalies for winter months (October-March);

C: Anomalies for summer months (April-September);

CAMBIAMENTO CLIMATICO



Lungo addio il ghiacciaio dei Forni negli scatti di Vittorio Sella, Arturo Desio e Claudio Semaglia. Nell'ultima immagine, la simulazione dell'aspetto della montagna nel 2050 (Consiglio Glaciologico Italiano).

Il ghiacciaio dei Forni in 26 anni ha perso 2mila miliardi di litri di riserve acqua su Alpi Centrali www.ansa.it

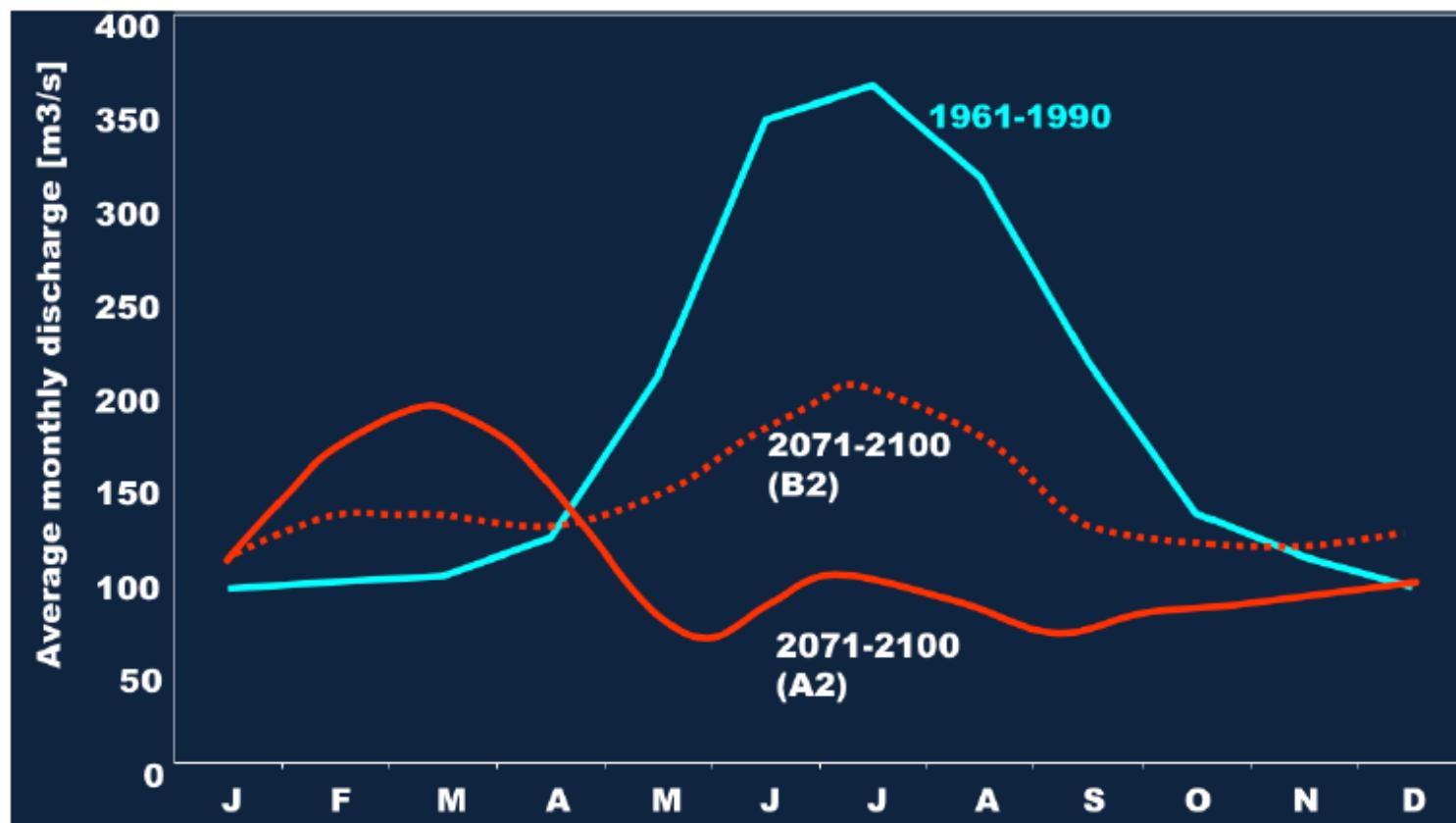
«Impatti del cambiamento climatico nella regione alpina sono più evidenti sui ghiacciai.

Si prevede che il cambiamento climatico avrà anche un'influenza sul ciclo dell'acqua e la disponibilità di acqua.»

NON SOLO!

- Aumento dell'erosione/trasporto solido - siccità lunghe piogge più intense

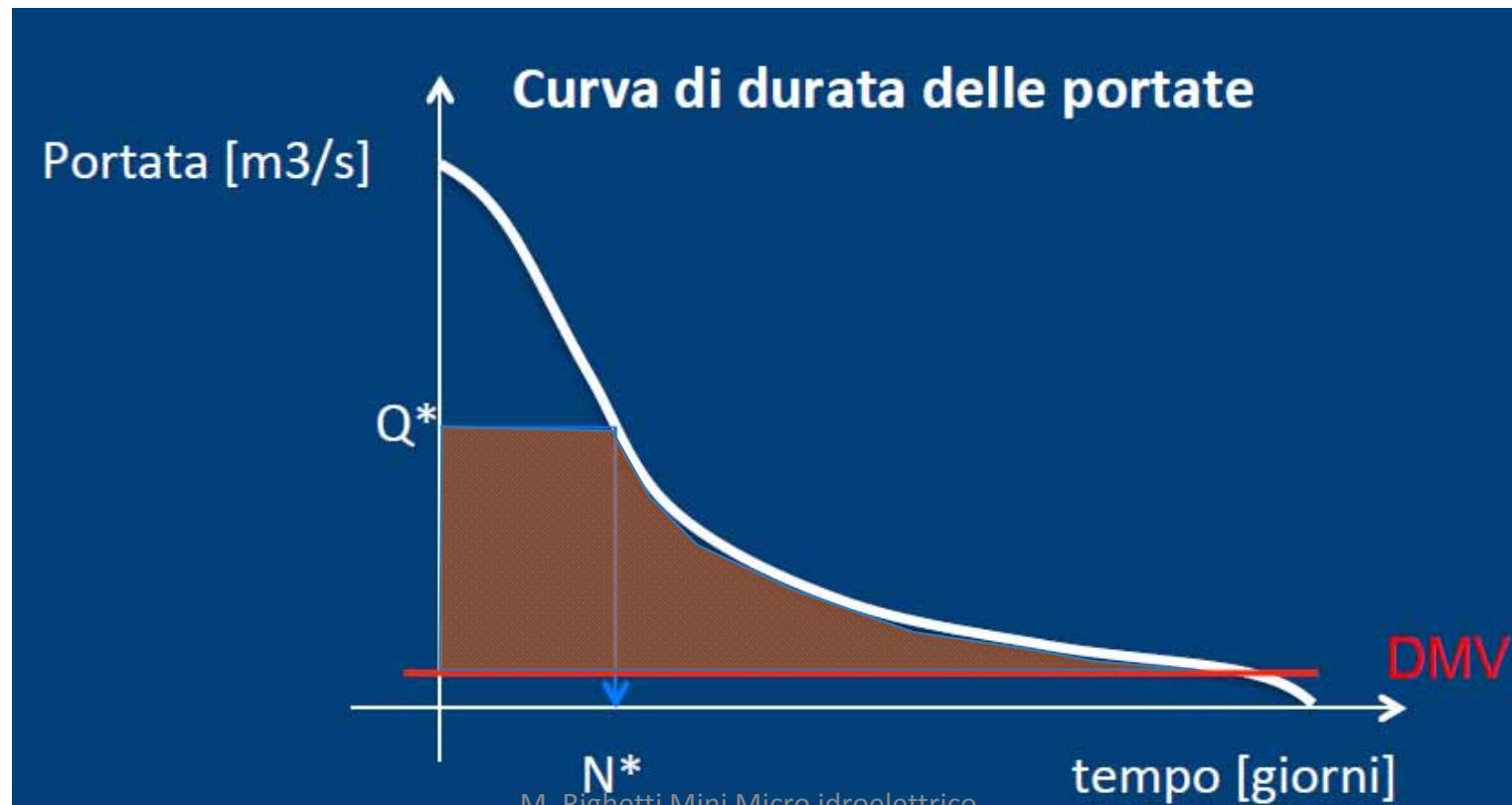
CAMBIAMENTO CLIMATICO



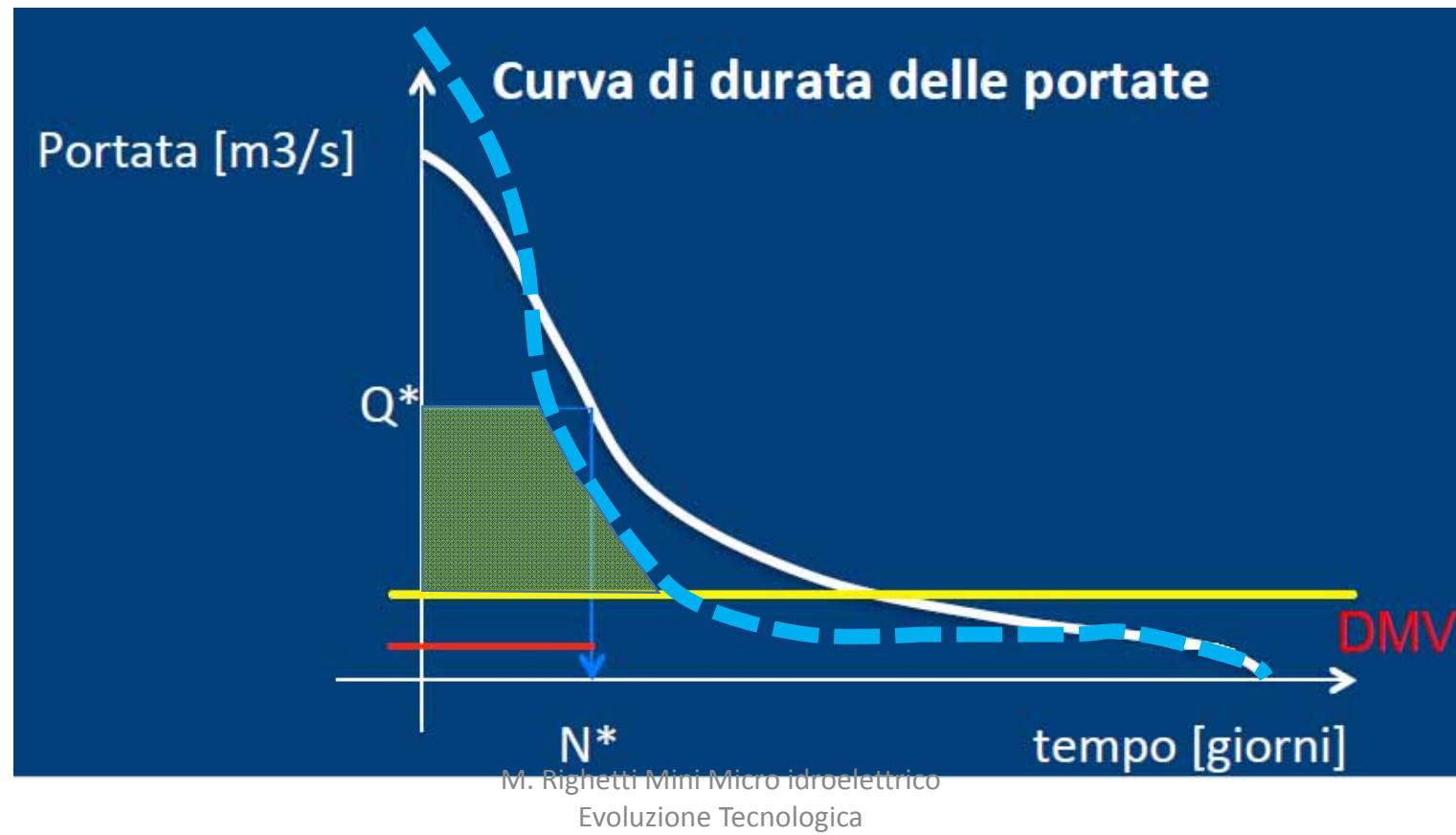
Possible future discharge by 2100 (Beniston et al).

MINI HYDRO

gli impianti ad acqua fluente sono privi di capacità di regolazione (se non all'interno della centrale) e pertanto la portata utilizzata, e quindi la potenza istantanea, è pari alla quantità di acqua disponibile fino al limite consentito dall'opera di presa.



MINI HYDRO



MINI HYDRO

IDROELETTRICO IN GENERALE

18,5 GW installati al 2015,

fornisce circa il 20% della generazione nazionale di elettricità e in media fornisce oltre il 40% di quella rinnovabile

Il nostro Paese si colloca al **quarto posto** per energia idroelettrica generata in Europa

La **potenza installata è aumentata con passo costante** seppur lento nel tempo, oltre il 10% in quindici anni, mentre il numero delle installazioni è salito del 78%.

MINI HYDRO

- i piccoli impianti idroelettrici, pur avendo valenza locale come produzione decentrata (anche con FUNZIONAMENTO IN ISOLA) e indotto industriale non assumono ruolo strategico nella produzione nazionale rispetto al grande idroelettrico
- I limiti di compatibilità ambientale per impianti ad acqua fluente con derivazione sempre più stringenti (DMV DME, ..)
- I crescenti oneri di concessione

ne riducono ancor più la convenienza economica se non supportati adeguatamente da politiche incentivanti

- Ulteriori fattori «stressanti» esterni:
 - Cambiamento climatico
 - Andamento dei prezzi orari e «incapacità» di compenso

QUALE MINI HYDRO ?

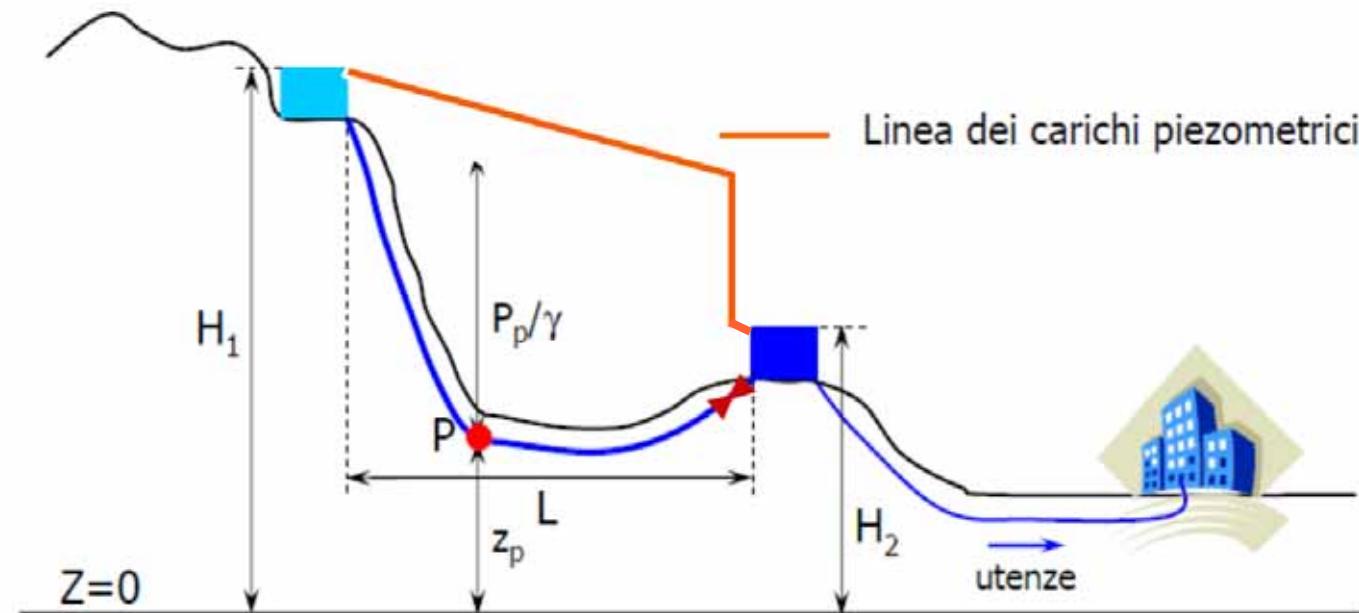
il settore ha raggiunto la maturità e una crescita è possibile quasi solo per il *mini hydro*, mentre lo sfruttamento del potenziale dei grandi impianti potrà avvenire soltanto con un ampio **programma di rinnovamento**.

- **Recupero energetico da «cascami energetici» quali:**

- Acquedotti idropotabili
- Acquedotti irrigui
- sistemi industriali in pressione e non
- Reti bonifica
-

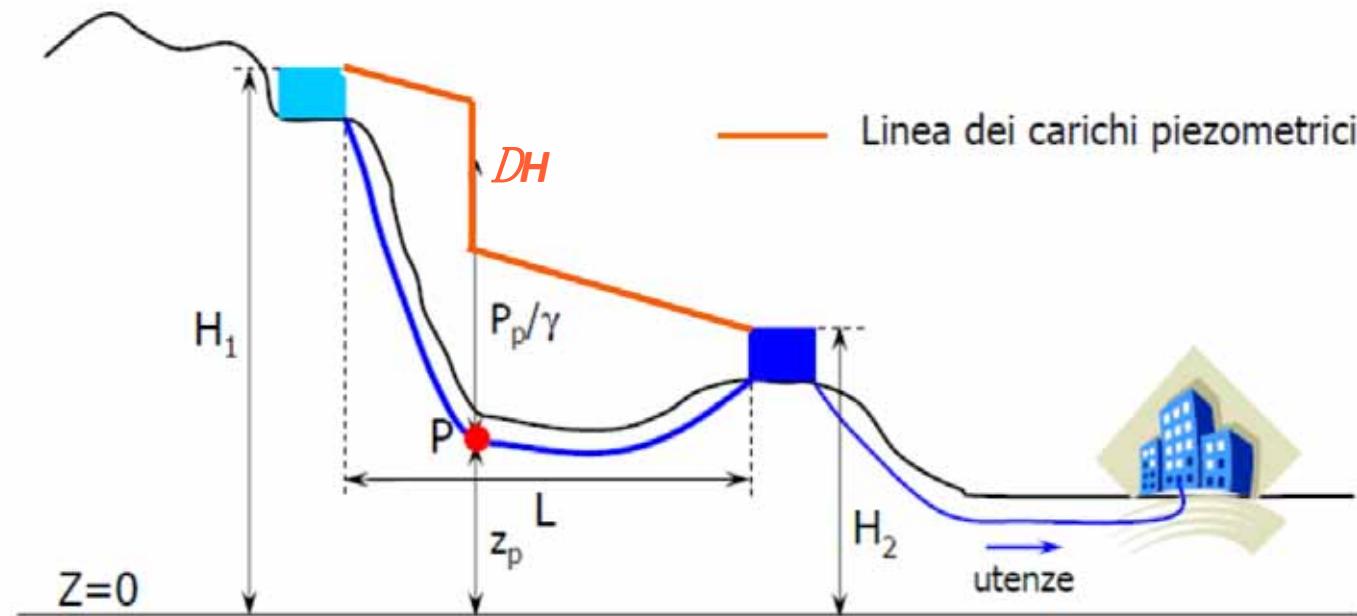
MINI HYDRO

MINI IDRO SU ACQUEDOTTI



MINI HYDRO

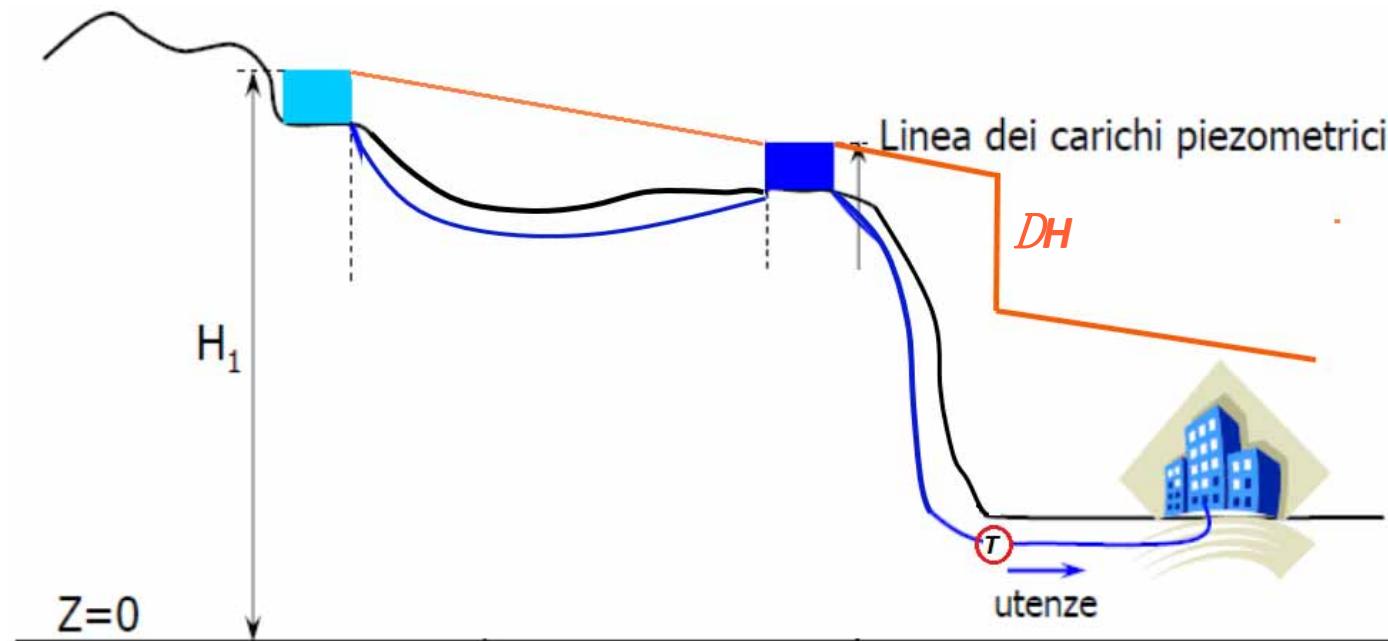
MINI IDRO SU ACQUEDOTTI



$$P = g \cdot Q \cdot DH$$

MINI HYDRO

MINI IDRO SU ACQUEDOTTI



Perdite idriche su acquedotti in media del 35-40% (probabilmente stime ottimistiche)

Le perdite idriche sono proporzionali alle pressioni nelle tubazioni

Controllo attivo delle perdite

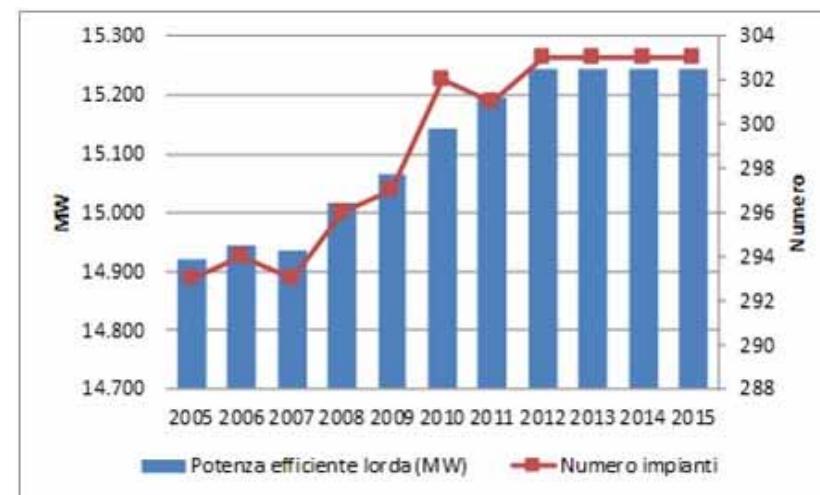
IDROELETTRICO IN GENERALE

La **potenza installata è aumentata con passo costante** seppur lento nel tempo, oltre il 10% in quindici anni, mentre il numero delle installazioni è salito del 78%.

sviluppo del *mini-hydro* è passato dai 4.760 MW del 2010 ai 5.200 MW del 2015, contribuendo per il 63% degli investimenti in nuova capacità, mentre il numero di impianti è passato da 2.393 a 3.317 nello stesso periodo.

sviluppo idroelettrico di taglia *medio-grande* (potenza maggiore di 10 MW in Figura), ormai sostanzialmente stabili.

Fonte: Terna



M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

IDROELETTRICO IN GENERALE

18,5 GW installati al 2015,

fornisce circa il **20%** della generazione nazionale di elettricità e in media fornisce oltre il **40%** di quella rinnovabile

L'età media dei grandi impianti è prossima a 60 anni

Solo il 42% della capacità realizzata prima del 1960 è stata ammodernata, con 6,7 GW potenzialmente ancora da rinnovare e potenziare

un impianto idroelettrico su tre dovrà essere rinnovato per non perdere un potenziale di quasi 6.000 MW al 2030 (studio Althesia)

IDROELETTRICO IN GENERALE

- ❖ Gli interventi più semplici, in parte già effettuati, riguardano:
 - Opere elettromeccaniche (turbine, parti elettromeccaniche)

- ❖ Mancano in gran parte interventi sulle cosiddette opere bagnate quali:
 - messa in pressione di canali e gallerie,
 - manutenzione-revamping di condotte forzate
 - **lotta all'interramento dei bacini delle grandi dighe**

INTERRIMENTO DEI BACINI DELLE GRANDI DIGHE

STUDIO ITCOLD (2010)

Sono presenti sul territorio nazionale 541 grandi dighe di competenza statale (volume d'invaso maggiore di 1.000.000 m³, altezza maggiore di 15 m)

La loro età media è prossima a 60 anni, ed è maggiore nell'arco alpino-appennino settentrionale rispetto al meridione/isole.

L'utilizzazione prevalente è quella idroelettrica (58%) ed irrigua (26%),

Il Comitato Nazionale Italiano per le Grandi Digue (ITCOLD) ha effettuato una stima dell'entità complessiva dell'interrimento dei serbatoi italiani utilizzando le informazioni di 285 serbatoi (52% del parco totale)

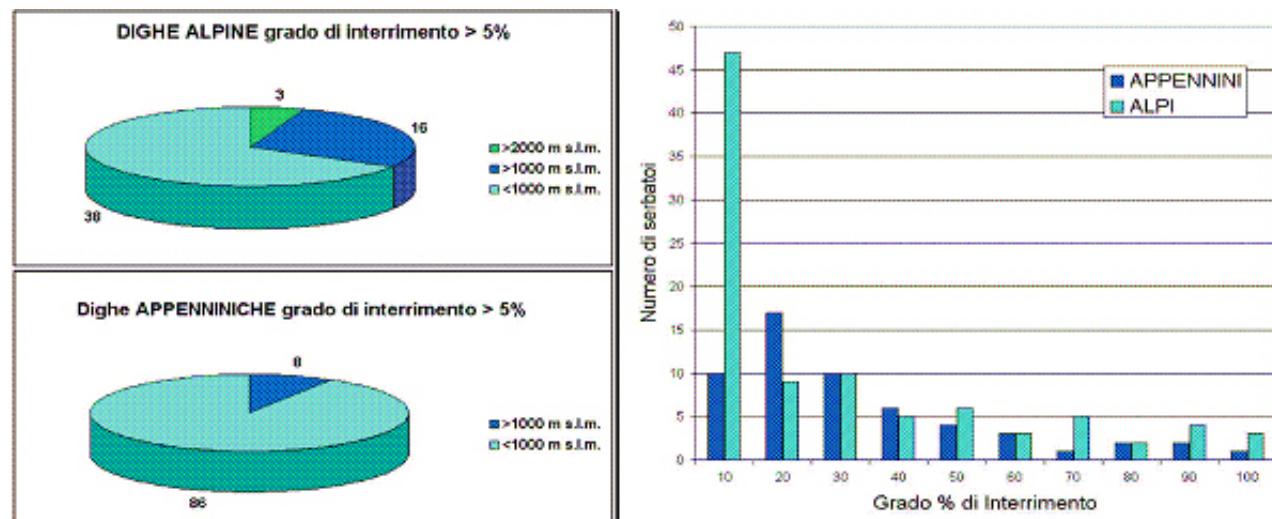


Distribuzione delle grandi dighe sul territorio nazionale

INTERRIMENTO DEI BACINI DELLE GRANDI DIGHE

Più della metà dei serbatoi analizzati (53%, 151 su 285) risultano interrati (variazione del volume di invaso superiore al 5% del volume originario di progetto).

La riduzione media del volume di invaso è del 47%. In generale gli invasi che presentano i maggiori problemi sono quelli localizzati alle quote inferiori a 1000 m.



(Bizzini et al.)

Grandi impianti 15 GW

M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

UNA ALTRA GRANDE PARTITA DA GIOCARE

- Mini hydro ancora interessante
- Non «strategico», comunque importante per economia locale/indotto e per produzione decentrata
- Recupero energetico da «cascami energetici»
- Particolare attenzione alla sostenibilità ambientale

Revamping delle grandi centrali idroelettriche ormai datate

- Rimedi all'interrimento dei grandi bacini

Si potrebbero recuperare/salvaguardare centinaia di MW Capacità ben più importante dell'installazione di nuovi mini hydro



FESTIVAL dell'ACQUA

CON IL PATROCINIO DI

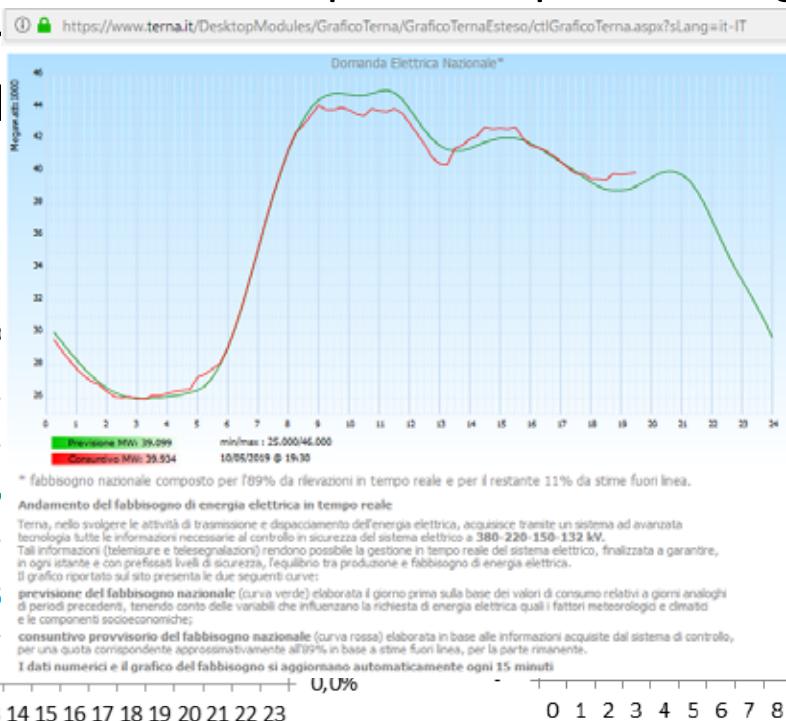
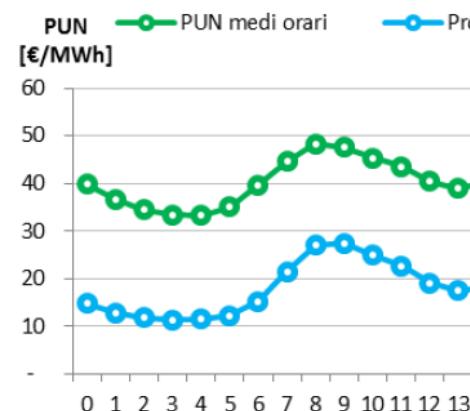


GRAZIE

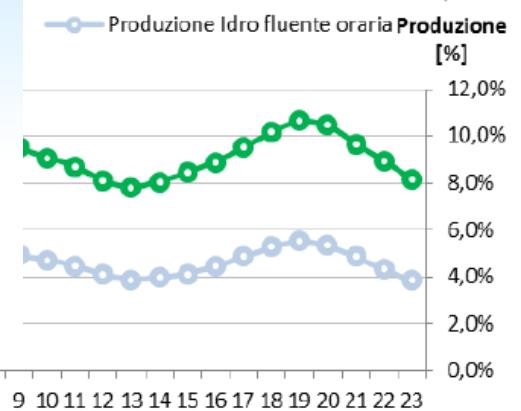
LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO

- gli impianti ad acqua fluente sono privi di capacità di regolazione (se non all'interno della centrale) e quindi la potenza è pari al limite consentito dall'opera di presa.

Produzione oraria Idro a bacino



Idrofluente vs PUN orario (2016)



prezzi orari energia e produzione a serbatoio

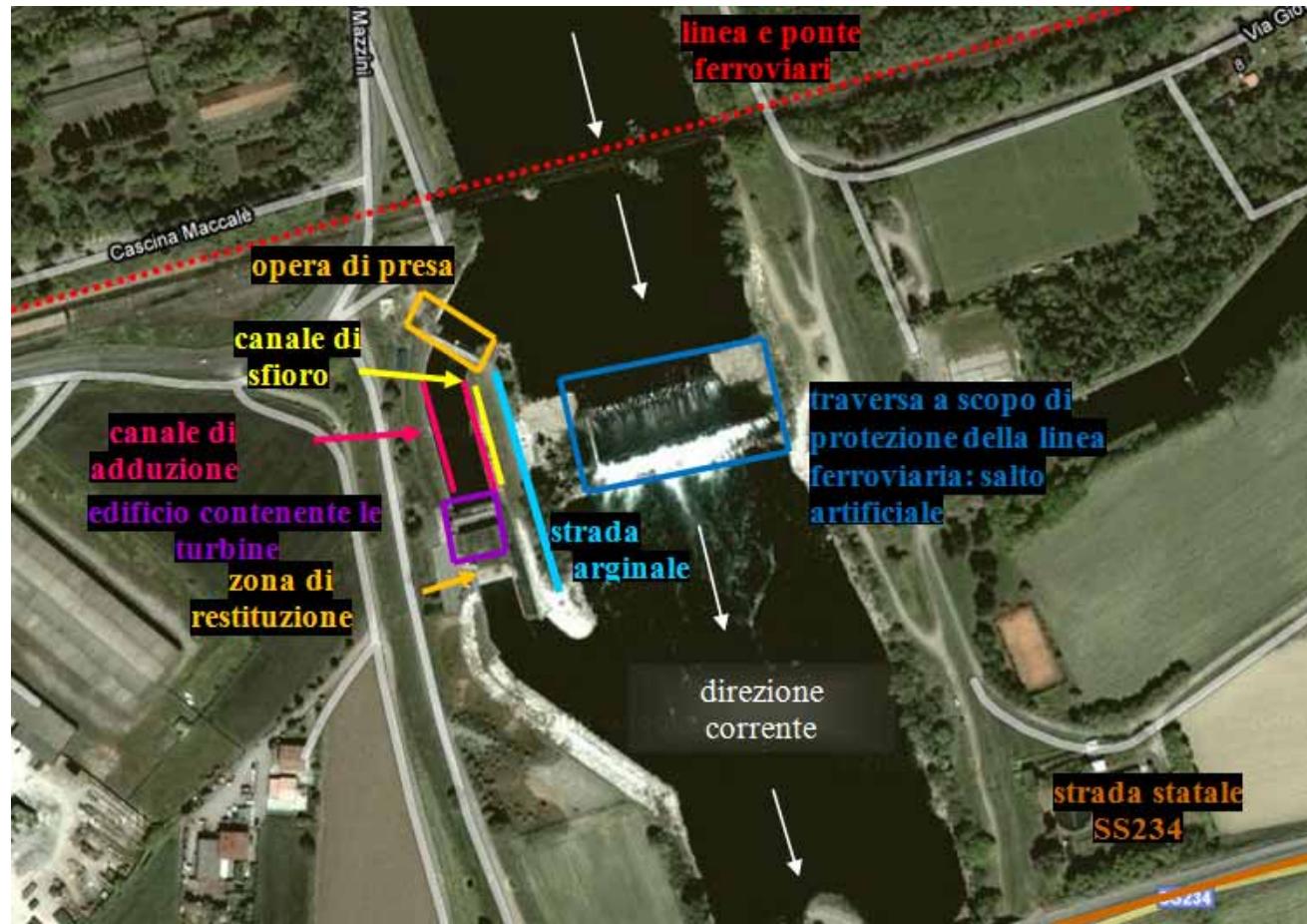
(Fonte GSE)

prezzi orari energia e produzione acqua fluente

LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



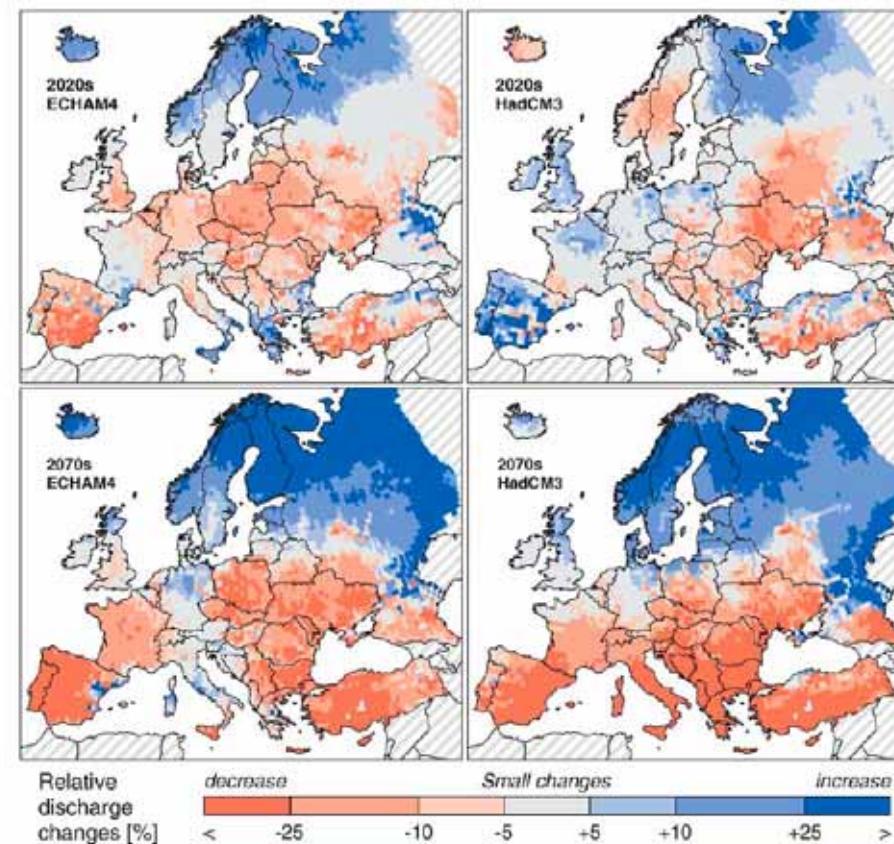
M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



M. Righetti Mini Micro idroelettrico
Evoluzione Tecnologica

Climate change



Predicted changes in river discharge across Europe by two models, for 2020s and 2070s. Map from Lehner et al. 2005.