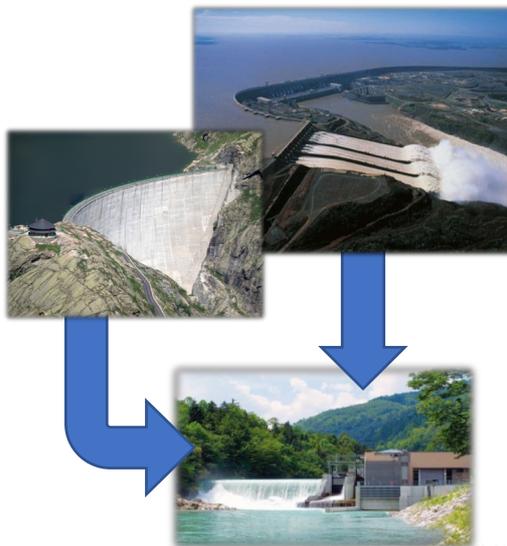


Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Evoluzione futura degli impianti idroelettrici: perché mini-micro?

- Due corpus di Direttive UE tra loro in conflitto
 - **Direttiva 2000/60/CE** (e documenti successivi correlati)
 - Obiettivo è il conseguimento di un buono stato ambientale degli ecosistemi acquatici (qualità + quantità)
 - Limitazioni nello sviluppo di nuovi impianti idroelettrici
 - **Direttive «pacchetto energia»** (2001/77/CE, 2003/30/CE, 2009/28/CE e successive integrazioni)
 - Obiettivo (2020): ridurre le emissioni di gas serra del 20%, alzare al 20% la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e portare al 20% il risparmio energetico
 - Spinta (e incentivazione) delle FER, tra cui l'idroelettrico
- In questo scenario, in UE gli **impianti mini-micro idroelettrici** possono essere un valido compromesso, come dimostrato da alcuni progetti finanziati
 - SHARE (Sustainable Hydropower in Alpine Rivers Ecosystems)
 - CH₂OICE (Certification for HydrO: Improving Clean Energy)
- **Valutazioni diverse in altri contesti internazionali**

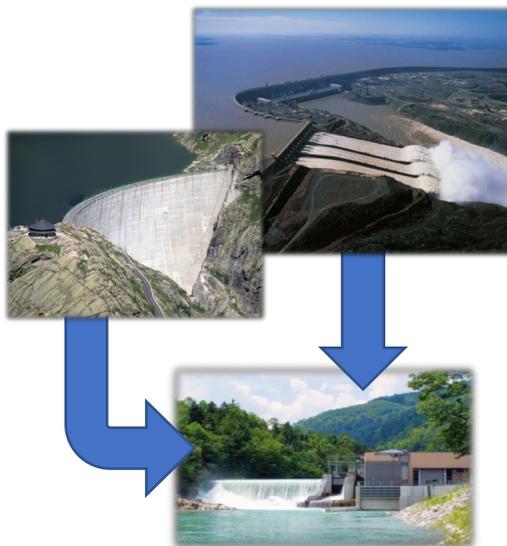


149

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Evoluzione futura degli impianti idroelettrici: perché mini-micro?

- Come definire il **mini-hydro**?
 - Non esiste una definizione convenzionalmente accettata
 - **UNIDO** (Organizzazione delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Industriale): sono da ritenersi mini-idroelettrici gli impianti con potenza fino a 10 MW
 - Concetto coincidente con **Generazione Distribuita**, in quanto **connessa a reti di distribuzione MT e BT**
- Organizzazioni in seno all'UE (ad es. ESHA, European Small Hydropower Association): impianti con potenza fino a 10 MW
- Ogni stato membro può scegliere autonomamente la propria soglia di riferimento:
 - **ITALIA** (discreta diffusione di impianti mini-idroelettrici): in passato l'incentivazione tramite Certificati Verdi (CV) premiava maggiormente impianti di potenza 1 – 3 MW
 - **FRANCIA**: è stata assunta la soglia dei 3 MW
 - **GERMANIA** (e similmente in AUSTRIA): impianti con potenza inferiore a 500 kW, ad acqua fluente e in caso di perfetta integrazione ecologica con l'ecosistema idrico
 - **SVEZIA**: mini-hydro è escluso dal sistema dei CV (dal 2011)



150

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Evoluzione futura degli impianti idroelettrici: perché mini-micro?

- **POTENZA NOMINALE (P)**
 - Micro-impianti: < 100 kW, connessi solitamente in BT
 - Mini-impianti: 100 – 1.000 kW, connessi solitamente in MT
 - Piccoli impianti: 1.000 kW – 10.000 kW, connessi solitamente in MT
 - ~~Grandi impianti: > 10.000 kW~~
- **SALTO (H)**
 - Bassa caduta: < 50 m;
 - Media caduta: 50 – 250 m
 - Alta caduta: 250 – 1.000 m
 - ~~Altissima caduta: > 1.000 m~~
- **PORTATA DERIVATA (Q)**
 - Piccola portata: < 10 m³/s
 - Media portata: 10 – 100 m³/s
 - ~~Grande portata: 100 – 1.000 m³/s~~
 - ~~Grandissima portata: > 1.000 m³/s~~
- **DURATA DI INVASO DELL'IMPIANTO**
 - ~~Impianti a serbatoio: > 400 ore)~~
 - ~~Impianti a bacino: 2 – 400 h~~
 - Impianti ad acqua fluente: < 2 h

$$P_{[kW]} = Q_{[m^3/s]} H_{[m]} \eta_{[]} g_{[m/s^2]}$$

$$\eta = \eta_{turb} \eta_{molt.giri} \eta_{gen} \eta_{trasf}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

151

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Sfruttamento di salti bassi e bassissimi



- PUNTI DI FORZA**
- Portata nota (canale regimato)
 - Trasporto solido ridotto

- PUNTI DI DEBOLEZZA**
- Opere civili in acqua
 - Gestione delle piene

- ASPETTI DA VALUTARE PUNTUALMENTE CASO PER CASO**
- Convenienza economica
 - Impatto ambientale



152

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Un esempio concreto: impianti su acquedotto

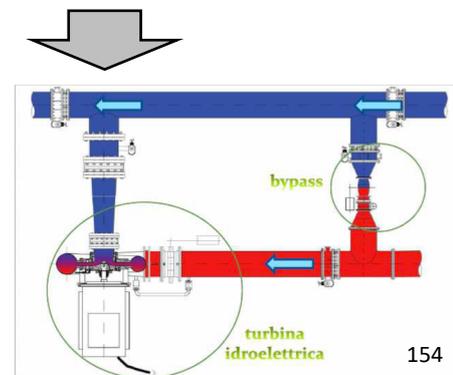
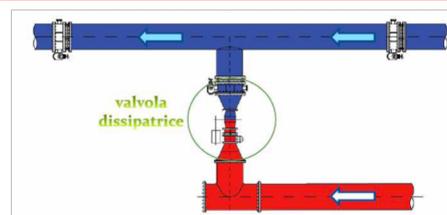
- Una **centrale idroelettrica tradizionale** è composta normalmente da:
 - **Opera di sbarramento**, che intercetta il corso d'acqua creando un invaso dove viene tenuto un livello pressoché costante dell'acqua
 - **Condotte**, che convogliano l'acqua verso le turbine
 - **Turbina** (energia idraulica → energia meccanica)
 - **Generatore elettrico** (energia meccanica → energia elettrica)
 - **Collegamento diretto alla rete** (tramite trasformatore in relazione alle tensioni di macchina e di rete)
 - **Tensione di macchina**: ottimizzazione nel dimensionamento dell'alternatore (tensione di isolamento, correnti circolanti)
 - **Tensione di rete**: in funzione della potenza nominale, come definito dalla regole di connessione

153

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Un esempio concreto: impianti su acquedotto

- Una **centrale di piccola taglia su acquedotto**:
 - Normalmente l'acqua a destinazione potabile arriva all'utenza con una pressione eccessiva
 - La fornitura alle utenze richiede l'installazione di una valvola dissipatrice per ridurre la pressione
 - Valvola dissipatrice → **Impianto di generazione a turbina**
 - **Accorgimenti** da adottare:
 - L'impianto deve permettere l'utilizzo dell'acqua a scopo potabile in tutte le circostanze
 - Necessario un **by-pass** (per consentire l'erogazione dell'acqua anche quando l'afflusso alla turbina viene interrotto per manutenzione o guasto/riparazione)
 - Nel circuito di by-pass deve essere inserito un tradizionale dissipatore di energia per ridurre la pressione dell'acqua
 - Turbine e componenti idraulici in **materiale qualificato e certificato** per usi potabili senza alcun rischio di contaminazione dell'acqua → **Acciaio inox**

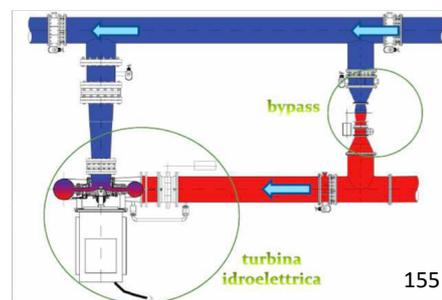
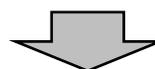
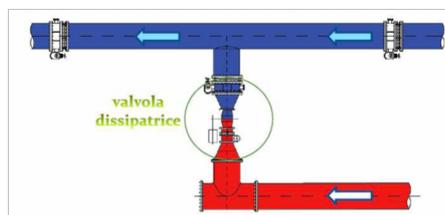


154

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Un esempio concreto: impianti su acquedotto

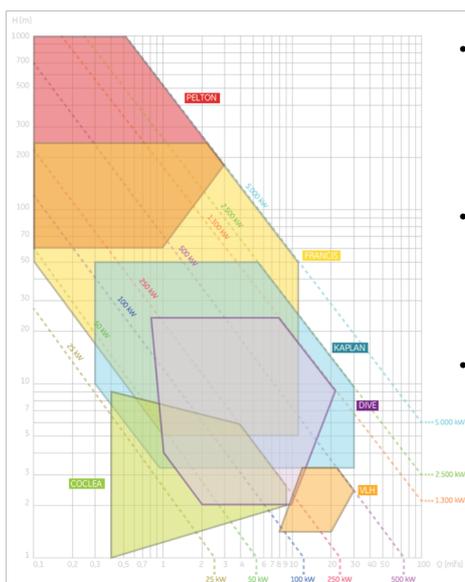
- **Vantaggi** di una centrale di piccola taglia su acquedotto:
 - **Ridotto impatto sull'ambiente** → Utilizzo ai fini produttivi di una risorsa altrimenti dissipata
 - Installazione protetta e nascosta
 - **Sfruttamento delle risorse disponibili sul territorio**
 - La rete acquedottistica è un sistema di condotte forzate già presente e funzionante → **Opere idrauliche aggiuntive molto modeste**
 - **Lunga durata di vita dell'impianto** (50-60 anni)
 - Uso tecnologie consolidate
 - Acqua potabile → Non richiede sistemi di filtraggio
 - **Tempi di rientro del capitale** investito piuttosto ridotti (anche 5-6 anni a seconda della tipologia di impianto)
 - Risparmio di costo
 - Elevata producibilità
 - Modeste manutenzioni programmate



155

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Turbine per mini-micro idroelettrico



- Negli impianti mini/micro hydro vengono utilizzate sia **tecnologie tradizionali** (Pelton, Francis, Kaplan) che **tecnologie dedicate** (Dive, Coclea, VLH)
- Importante analizzare il posizionamento delle varie tecnologie nel **piano portata/salto**
- Rappresentando entrambi gli assi in scala logaritmica, si ottengono delle **rette inclinate a potenza costante** (facilità di lettura del grafico)

156

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

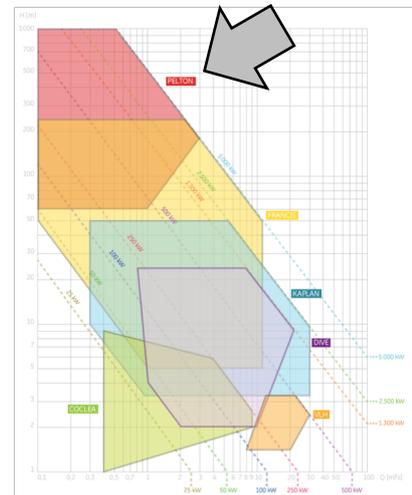
Turbine per mini-micro idroelettrico: ad azione



Mini-micro Pelton



Turgo



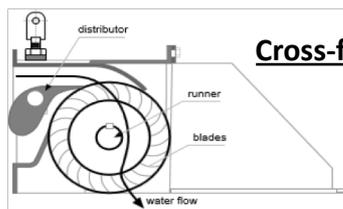
157

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Turbine per mini-micro idroelettrico: a reazione



Mini Francis



Cross-flow



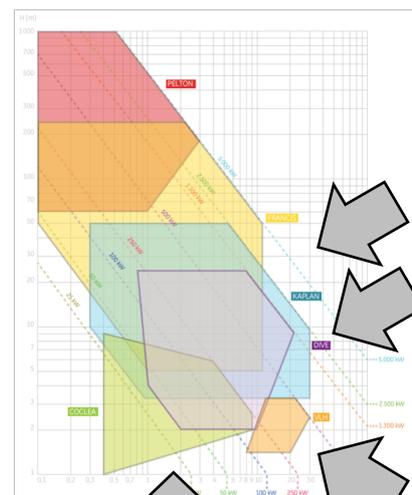
Turbina DIVE



Coclea



Turbina VLH



158

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbine mini-Pelton



Tipo di turbina	Campo salti [m]	Campo portate [m ³ /s]
Pelton	50 < H ₀ ≤ 1300	0,02 < Q ≤ 7,00
Mini Pelton	50 < H ₀ ≤ 400	0,004 < Q ≤ 0,4
Micro Pelton	30 < H ₀ ≤ 100	0,002 < Q ≤ 0,04

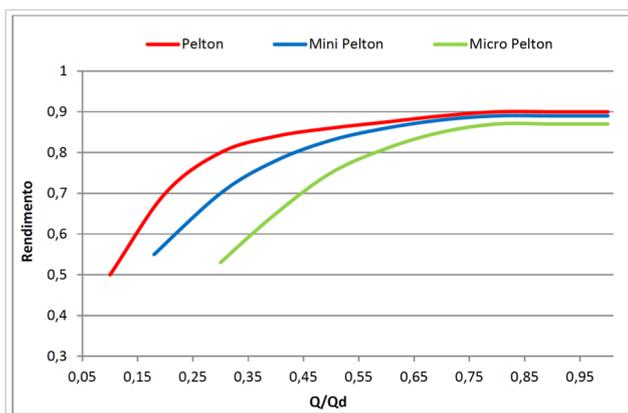
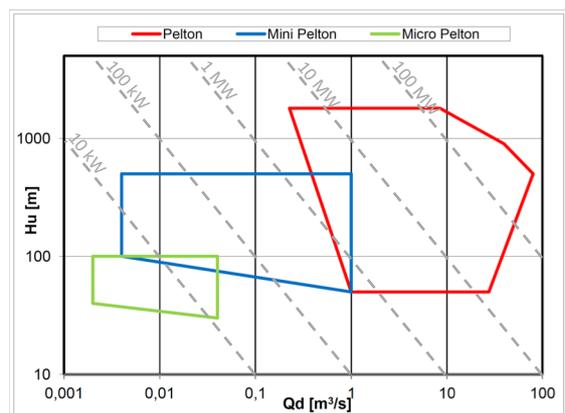
- Con il calare della potenza nominale, si **riduce il range di salto utilizzabile**
- Le portate sono di almeno un ordine di grandezza inferiori rispetto a quelle delle turbine per grandi impianti
- Riducendo le dimensioni della girante, si passa da 6 getti (Pelton) a 2-5 getti (Mini Pelton) a 1 solo getto (Micro Pelton)
 - Questo influenza molto il **rendimento a regimi di funzionamento parziali**



159

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbine mini-Pelton



- Pelton: 800 kW – 100 MW per girante
- Mini-Pelton: 20 kW – 3 MW per girante
- Micro-Pelton: 1 – 50 kW per girante

160

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbine Turgo

- Macchine ad azione concettualmente molto simili alle turbine Pelton
- Campo di impiego diverso:
 - Portare superiori (che comportano tendenzialmente una minore efficienza)
 - Salti compresi tra i 50 m e i 250 m
- Girante è costituita da pale a forma di mezzo cucchiaino (molto diversa rispetto a quelle a doppio cucchiaino di una classica turbina Pelton)
- Possono essere dotate di un numero maggiore di ugelli

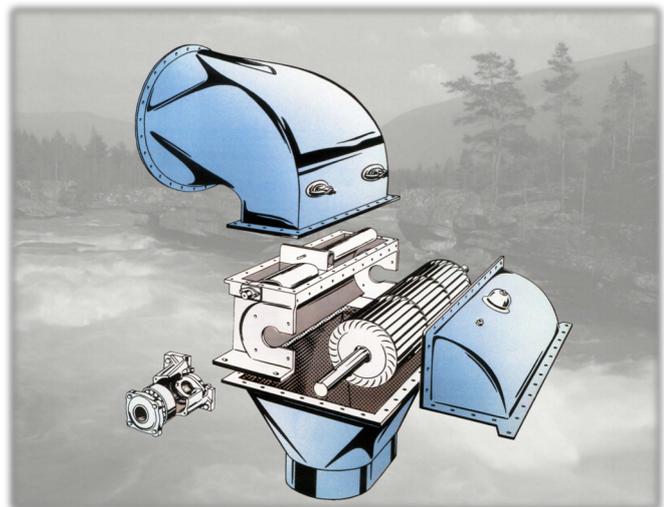


161

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbine cross-flow (Banki)

- Due elementi principali:
 - Girante costituita da due o più dischi circolari paralleli uniti tra di loro tramite una serie di lame curvate che costituiscono le pale
 - Distributore, con sezione rettangolare, che scarica il getto d'acqua lungo tutta la lunghezza della girante
- Rendimenti solitamente non elevatissimi per vortici dissipativi nella zona vuota tra il primo ed il secondo passaggio attraverso le pale (che comportano il cambio di direzione del flusso d'acqua)

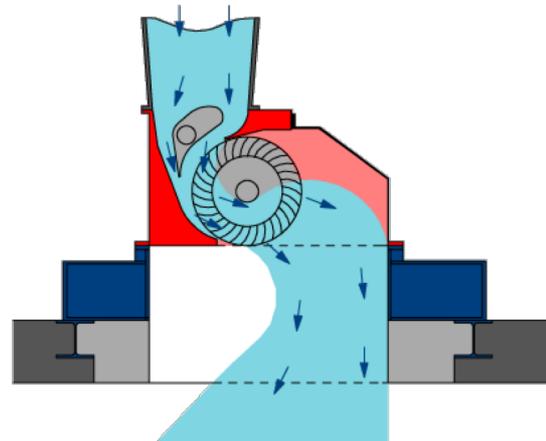
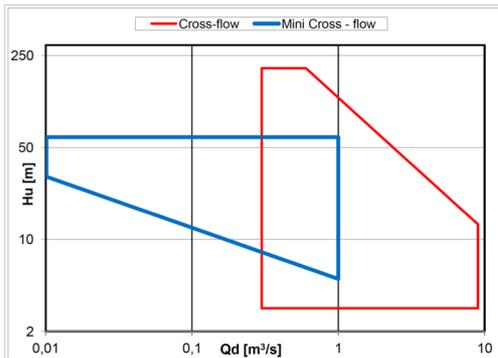


162

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbine cross-flow (Banki)

Tipo di turbina	Campo salti [m]	Campo portate [m ³ /s]
Cross-flow	5 < H _U ≤ 200	0,2 < Q ≤ 10,00
Mini Cross-flow	5 < H _U ≤ 60	0,01 < Q ≤ 1

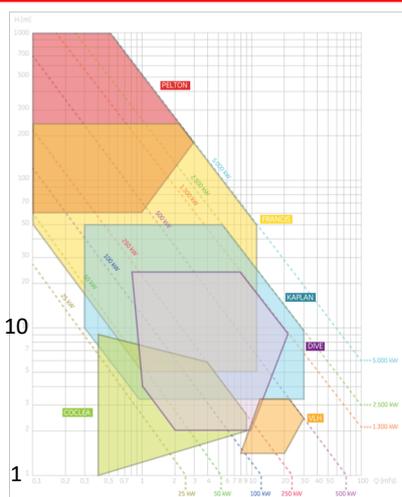


- Mini cross-flow: 50 – 500 kW

163

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbine a bassissimo salto



Turbina DIVE



Coclea



Turbina VLH

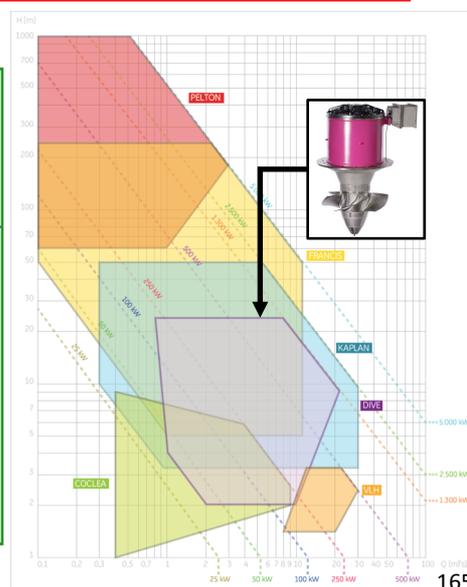
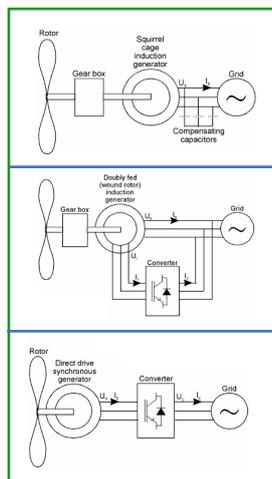
164

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina Dive

Modalità costruttiva (concettuale):

- Area di applicazione simile ad una turbina Kaplan tradizionale, con specifiche rivolte allo sfruttamento di salti molto bassi (>2 metri)
- Realizzazione di una turbina a girante fissa (passo delle pale, chiamato pitch, non regolabile)
- Ottimizzazione dell'efficienza di conversione attraverso il controllo della velocità di rotazione (anziché del passo delle pale)
- Rotazione meccanica a velocità variabile → interconnessione con la rete (a frequenza fissa) tramite conversione statica
- Approccio analogo ai generatori eolici Direct Drive (rispetto a quelli a controllo di passo)

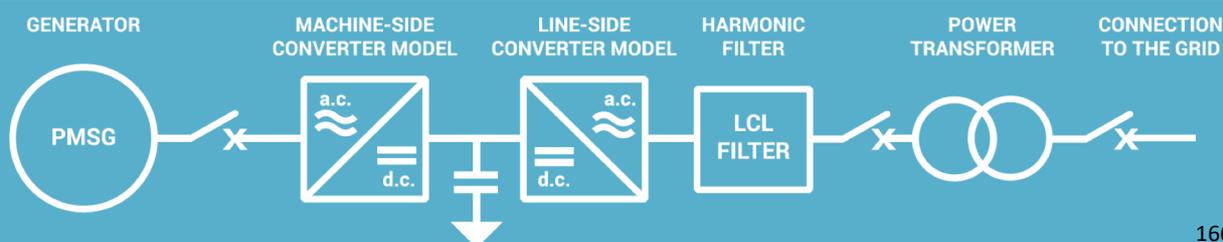


Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina Dive

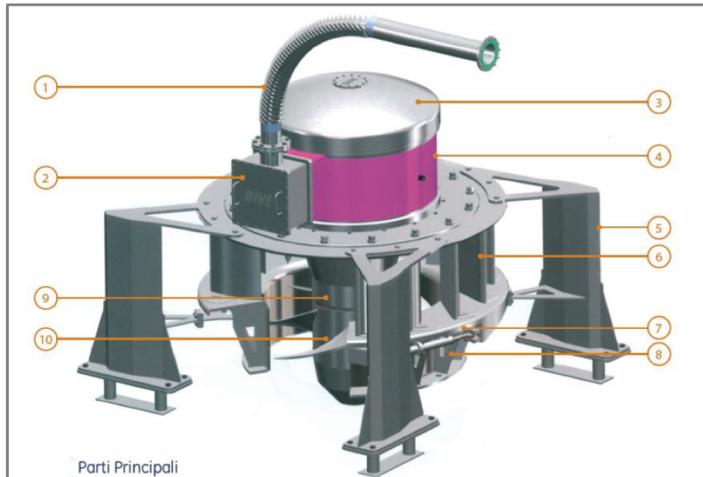
Vantaggi del funzionamento a velocità di rotazione variabile:

- Range molto esteso di velocità di rotazione ammessa (20-120% della velocità nominale di rotazione)
- Utilizzo di generatori sincroni a magneti permanenti (Permanent Magnet Synchronous Generator, PMSG)
 - PMSG può generare coppie molto alte a bassa velocità
 - PMSG richiede interventi minimi di manutenzione, rispetto a generatore sincrono
 - Eliminata la manutenzione sul meccanismo di cambio di passo della girante
- Connessione diretta generatore-turbina
- Interfacciamento tramite convertitori statici di frequenza
- Rendimento elettrico elevato (95 – 98%)
- Integrazione agevole con sistemi di accumulo (opzionali)



Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina Dive



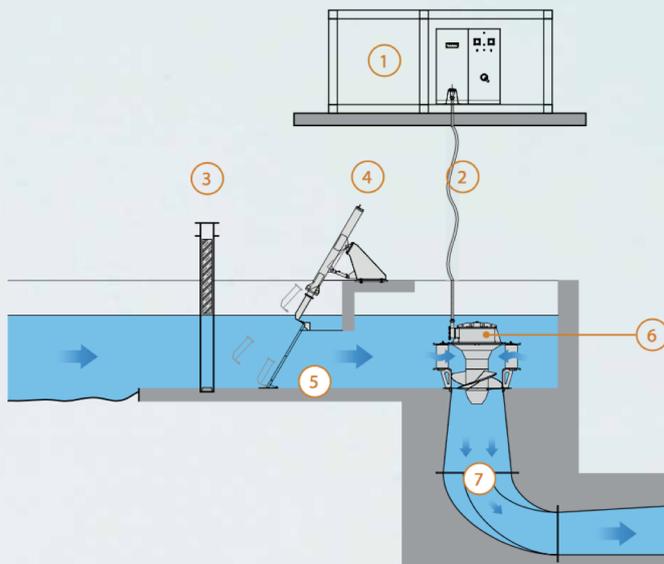
Parti Principali

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Tubazione di protezione per i cavi | 6. Pale del distributore |
| 2. Morsettiera | 7. Comando del distributore |
| 3. Cofano del generatore | 8. Scocca |
| 4. Generatore a magneti permanenti OSWALD | 9. Tenuta ruota-statore |
| 5. Ancoraggi anti-torsione | 10. Pale della ruota DIVE |

167

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina Dive



1. Contenitore con inverter e unità di controllo
2. Tubo di protezione per i cavi
3. Paratoia
4. Sgrigliatore
5. Griglia / protezione per i pesci
6. Turbina-DIVE
7. Diffusore

168

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

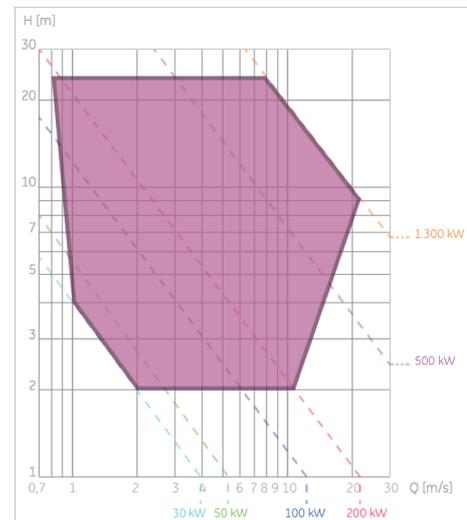
Mini-micro idroelettrico: turbina Dive

Specifiche dimensionali:

- Salto: 2 - 25 m
- Portata: 1 - 20 m³/s per turbina
 - Più turbine possono essere disposte in parallelo idraulico
- Potenza nominale: 50 - 1.300 kW per turbina
- Altezza complessiva del corpo rotante (incluso generatore elettrico di tipo PMSG): 0,8 - 3 m
- Diametro della turbina: 0,5 - 2,1 m
- Diametro complessivo (incluso distributore): 1 - 3,5 m

Applicazioni:

- Nuove centrali idroelettriche
- Ristrutturazioni e riattivazioni di centrali esistenti
- Potenziamento di centrali esistenti
- Integrazione in edifici e canali esistenti
- Funzionamento garantito in siti a rischio di allagamento
- Funzionamento garantito in impianti ad acqua marina e di scarico



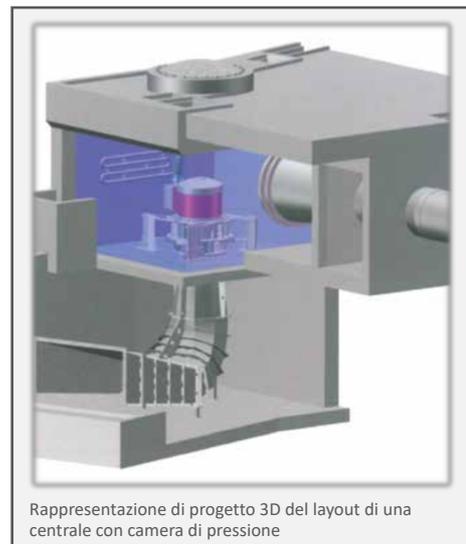
169

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina Dive

Principali vantaggi della tecnologia Dive:

- Assenza di manutenzione alla turbina
- Assenza di meccanismi che richiedono manutenzioni pesanti e costose
- Alta affidabilità di tutti i componenti
- Facile accessibilità a tutte le parti della turbina
- Alta efficienza globale "water-2-wire"
- Doppia regolazione (distributore, funzionamento a velocità variabile)
- Connessione diretta senza alcuna trasmissione meccanica
- Basso livello di rumore e vibrazioni
- Lunga durata di vita
- Agevole connessione tra turbina e centro di controllo
- Soluzione standard → Facile installazione
- Opere civili ridotte – Non necessita di strutture complesse (in particolare non necessita di edificio per la struttura turbina/alternatore)
- Facile funzionamento – totalmente automatizzato
- Non necessita di rifasamenti (controllo programmabile del fattore di potenza tramite interfaccia inverter, in conformità alle regole di connessione)
- Integrazione in edifici esistenti

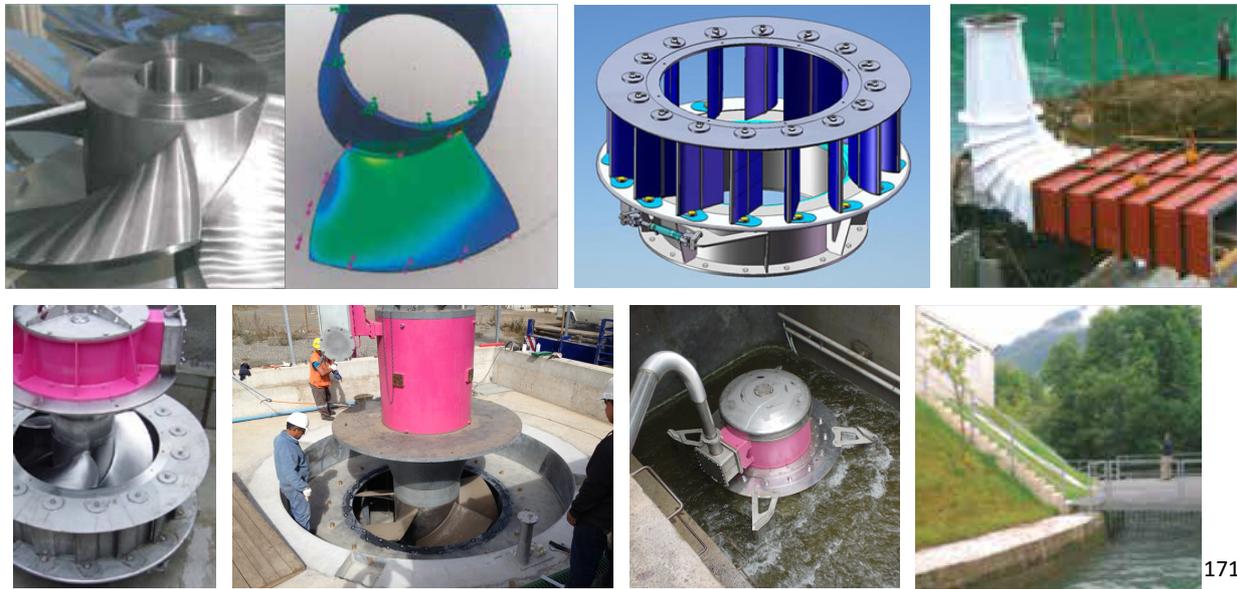


Rappresentazione di progetto 3D del layout di una centrale con camera di pressione

170

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina Dive



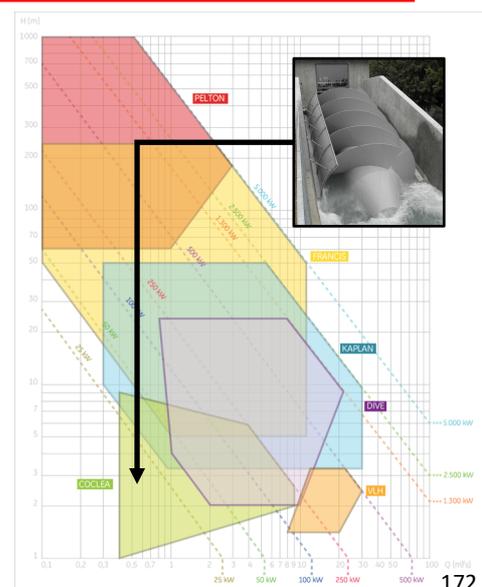
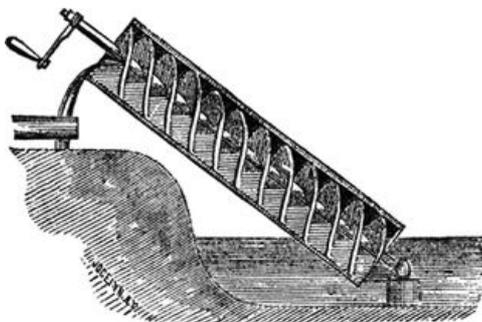
171

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: coclea

Modalità costruttiva (concettuale):

- Attualizzazione, perfezionamento, industrializzazione della vite di Archimede (fatta funzionare al contrario, ovvero con acqua dall'alto verso il basso, anziché per irrigazione)
- Ampio range di funzionamento con siti anche a basso/bassissimo salto (> 1 metro) e bassa portata (fino a una decina di m³/s)
- Potenza nominale fino a circa 250 kW per vite



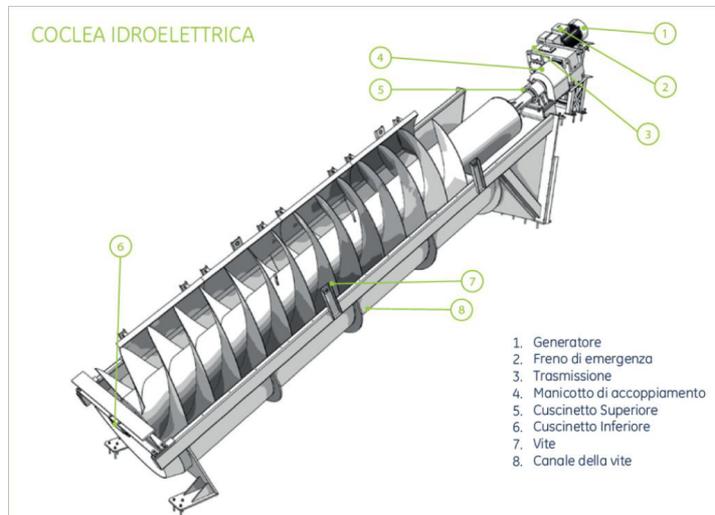
172

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: coclea

Principali vantaggi:

- Principio di funzionamento collaudato
- Possibilità di sfruttare salti anche molto piccoli con discreta efficienza complessiva
- Costruzione semplice
- Durata di vita molto lunga
- Bassissimo impatto ambientale:
 - Realizzabilità con materiali completamente riciclabili per contenere l'impatto ambientale
 - Fish-friendly: il sistema operativo non è pressurizzato, quindi i pesci possono attraversarlo senza conseguenze. Un passaggio laterale consente la risalita dei pesci per la deposizione delle uova
- Funzionamento regolare e silenzioso compatibili anche con contesti residenziali



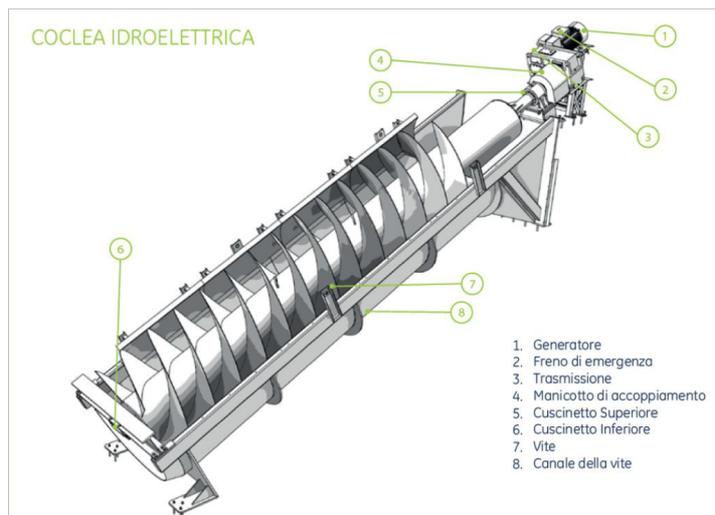
173

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: coclea

Principali vantaggi:

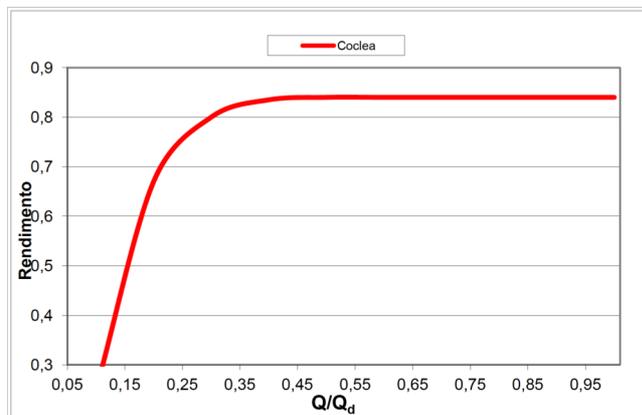
- Elevata affidabilità
- Soluzione in grado di fronteggiare variazioni anche significative del livello dell'acqua
- Funzionamento anche a loading parziale (cut in al 10% del volume di acqua nominale)
- Facilità di montaggio in ogni configurazione strutturale
 - Minori tempi di montaggio, minore costo di manodopera e minima interferenza con altre attività durante la fase di cantiere
- Elevata durata di funzionamento annua
- Non è richiesto personale operativo (monitoraggio remoto via web, SMS ed email)
- Rapido recupero dell'investimento: tecnologia robusta, poca manutenzione, facile progettazione, agevole installazione, elevato e costante Performance Ratio (PR)



174

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: coclea

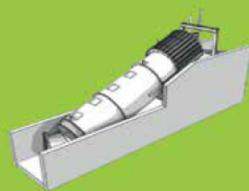


- Variazioni ed instabilità del livello della quantità di acqua influiscono solamente in maniera ridotta e non causano alcun tipo di malfunzionamento alla macchina
- Quindi **non è richiesta alcuna regolazione** della coclea, che si adatta automaticamente alla portata d'acqua
- **Rendimento di conversione costante in un range piuttosto ampio** (fino a Q/Q_d pari a 0,45)
- **Portata di cut-in molto bassa** (fino a 1/10 della portata nominale)

175

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

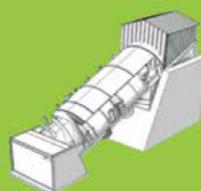
Mini-micro idroelettrico: coclea



CR: Compatta totalmente chiusa

Diametro: 2.3 m
Lunghezza della lama: 5.52 m
Salto: 2.07 m
Portata: 2.4 m³/s
Potenza: 36 kW

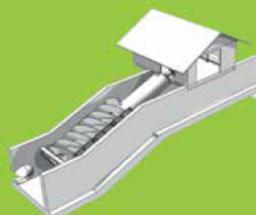
35 famiglie di 4 persone



CS: Compatta

Diametro: 2.8 m
Lunghezza della lama: 5.79 m
Salto: 2.04 m
Portata: 3 m³/s
Potenza: 43 kW

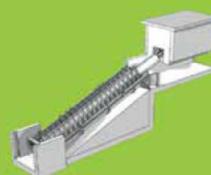
56 famiglie di 4 persone



SH: Canale di acciaio per colata

Diametro: 3.5 m
Lunghezza della lama: 6.49 m
Salto: 2.4 m
Portata: 6.5 m³/s
Potenza: 104 kW

148 famiglie di 4 persone



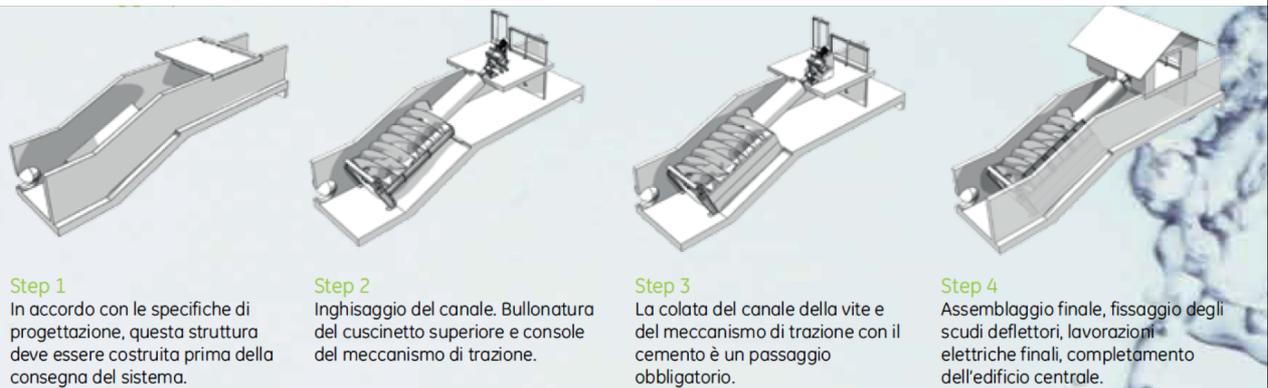
BS: Semi-compatta

Diametro: 1.7 m
Lunghezza della lama: 8.67 m
Salto: 3.2 m
Portata: 1.2 m³/s
Potenza: 26 kW

34 famiglie di 4 persone

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: coclea



Step 1

In accordo con le specifiche di progettazione, questa struttura deve essere costruita prima della consegna del sistema.

Step 2

Inghisaggio del canale. Bullonatura del cuscinetto superiore e console del meccanismo di trazione.

Step 3

La colata del canale della vite e del meccanismo di trazione con il cemento è un passaggio obbligatorio.

Step 4

Assemblaggio finale, fissaggio degli scudi deflettori, lavorazioni elettriche finali, completamento dell'edificio centrale.

177

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: coclea



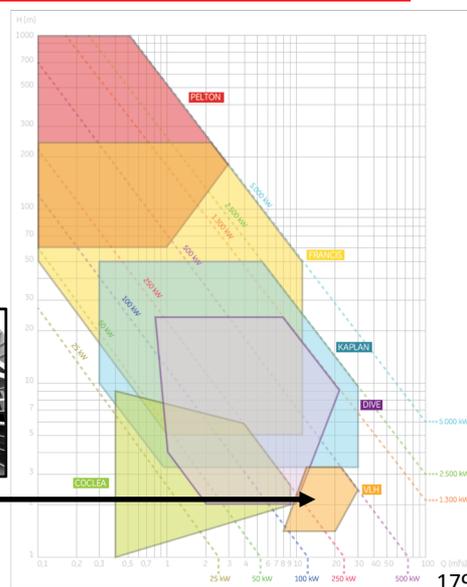
178

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)

Caratteristiche principali:

- Potenza piuttosto elevata (100 - 500 kW per turbina) con salti modesti:
 - Siti a basso salto (1,5 - 4 m)
 - Elevata portata per un impianto di questa taglia (fino a 30.000 l/s = 30 m³/s)
- Non ha concorrenti tecnologiche nell'area specifica del piano portata/salto
- Standardizzazione e raggruppamento estremo dei componenti
- Estrema riduzione delle opere civili richieste
- Dimensioni estremamente compatte (soprattutto in senso longitudinale, ovvero lungo l'asse del corso d'acqua)
- Funzionamento a velocità variabile e interfacciamento alla rete con convertitori elettronici



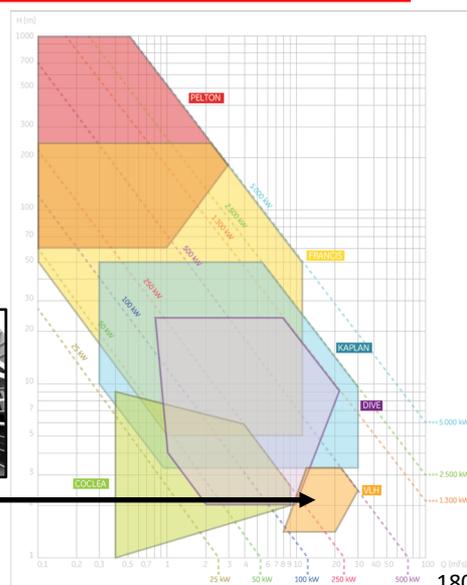
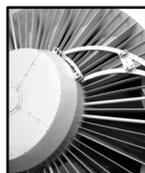
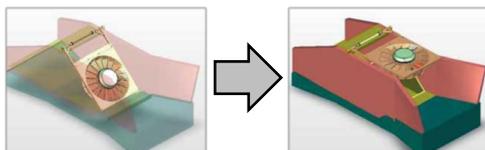
179

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)

Principio di funzionamento:

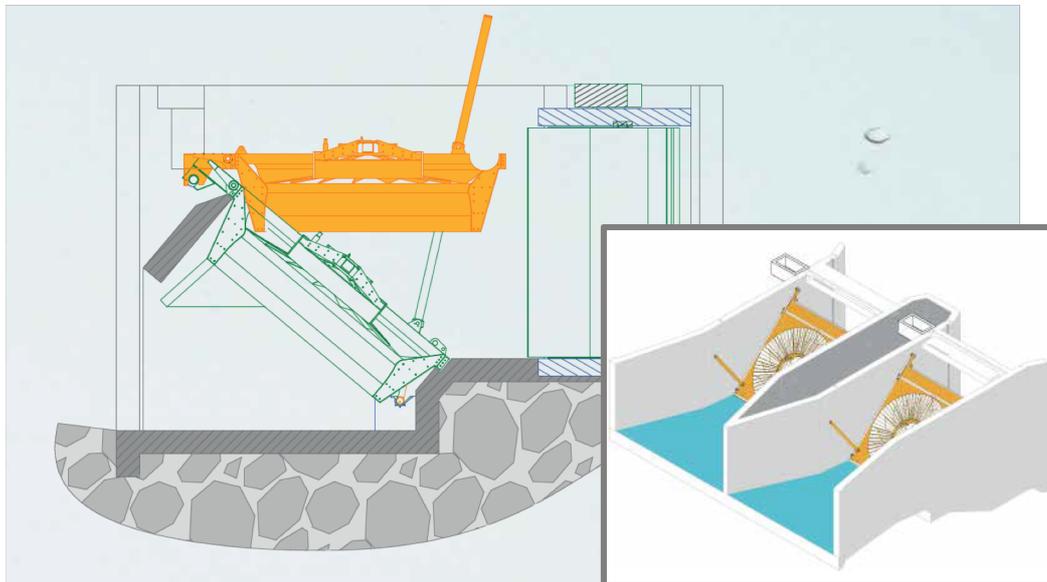
- Soluzione integrata
- Turbina Kaplan standardizzata con molte pale (es. 8) regolabili a seconda del livello e della portata
- Struttura autoportante che permetta il completo montaggio in fabbrica → Tempo di installazione
- Generatore PMSG, velocità variabile e trasmissione diretta lenta
- Dispositivo per fermare il flusso chiudendo le pale su loro stesse senza energia dal sistema
- Installazioni VLH non richiedono paratoie
- Distributore frontale (anche come griglia di protezione)
- Dispositivo di sollevamento che permette di togliere l'unità dall'acqua per manutenzione oppure in caso di inondazione



180

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

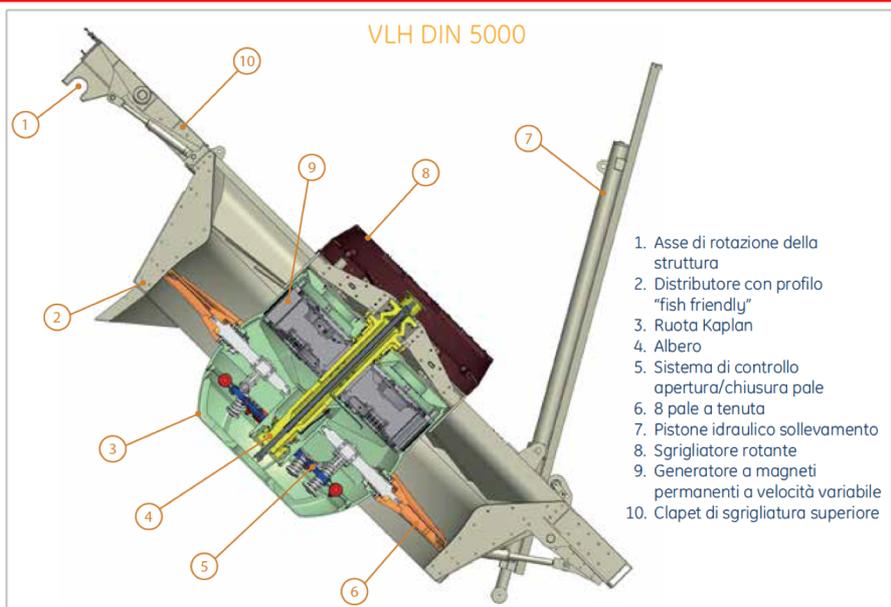
Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)



181

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)



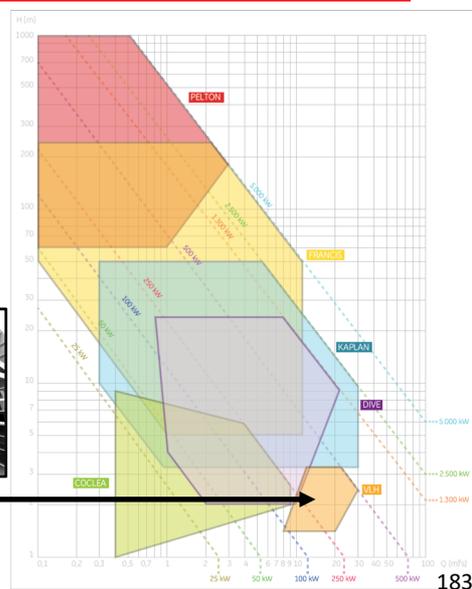
182

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)

Principali vantaggi:

- Riduzione opere civili
- Sfruttamento di piccoli salti (> 1.5 m)
- Elevata efficienza
- Impatto ambientale estremamente contenuto (soprattutto ittico e visivo)
- Standardizzazione del prodotto
- Generatore a magneti permanenti operante a basso regime di rotazione
- Interfacciamento alla rete tramite inverter
- Possibilità di funzionamento in isola (alimentazione di utenze locali senza connessione con la rete elettrica o durante black-out)



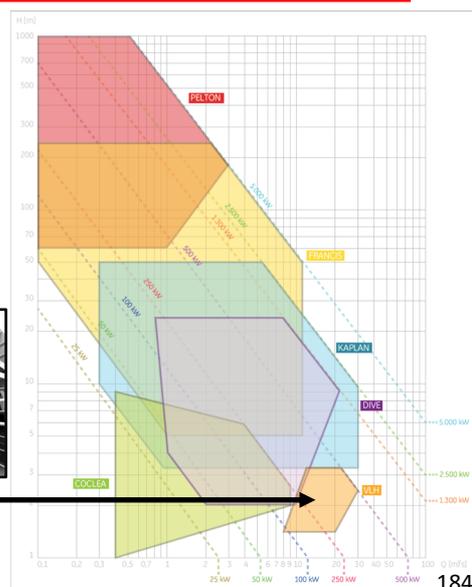
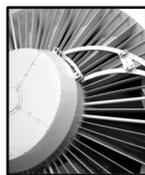
183

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)

Come valutare l'impatto ambientale?

- Bassa invasività delle opere civili → Impatto visivo
 - Canali sommersi in alveo
 - Sistema turbina/alternatore totalmente immerso
 - Non è richiesto edificio per corpo turbina-alternatore (installazione "a piano campagna")
 - Edificio contenente le apparecchiature di potenza e di controllo, oltre che la quadristica principale, può perciò essere posto a distanza
- Assenza di rumore: tutte le parti rotanti sono sommerse
- Rispetto della fauna ittica: tasso mortalità praticamente nullo, dimostrato tramite prove sperimentali
- Controllo del livello a monte:
 - Doppia regolazione: velocità della turbina / passo delle pale
- Sicurezza in caso di piena:
 - La turbina può resistere a livelli di immersione fino a qualche metro senza danni
 - Non c'è necessità di alzare o by-passata la turbina



184

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)

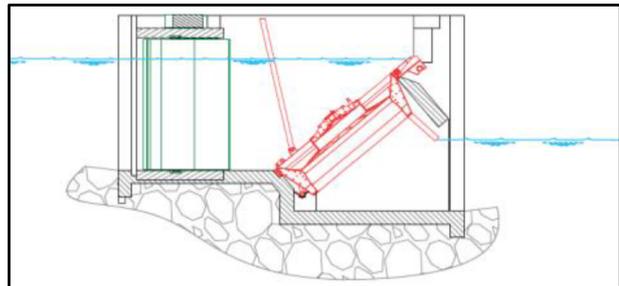
Impatto visivo delle opere civili



Centrale tradizionale (Francis)



Coclea



Turbina VLH

(estremamente compatta in direzione longitudinale, installazione "a piano campagna", senza richiedere strutture civili esterne)

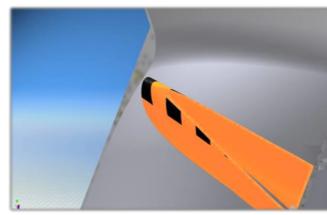
185

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)

Compatibilità ittica

- Ottimizzazione progettuale – studio del profilo palare più adeguato



- Prove sperimentali in campo con animali campione (es. anguille)



186

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)

Gamme di prodotto

- Dimensione trasversale**
 - 5 diametri: 3,15 - 3,55 - 4,00 - 4,50 - 5,00 m
- Range di salto netto**
 - Da 1,4 a 3,2 m (salto lordo 1,5 - 3,4 m)
 - Accettabili anche salti netti superiori a 4 m nei tre modelli più piccoli con strutture di supporto rinforzate
- Range di portata**
 - Da 8 a 26 m³/s per turbina
 - Possibili soluzioni modulari con più turbine in parallelo idraulico
- Gamma di potenza**
 - Da 100 a 500 kW per singola unità
 - Difficilmente questa tipologia costruttiva è economicamente interessante per potenze nominali inferiori

Diametro della ruota in mm						Salto lordo [m]
3150	3550	4000	4500	5000		
8,6	10,5	13,4	16,9	20,9	1,5	
8,8	10,9	13,8	17,5	21,6	1,6	
8,9	11,2	14,2	18,0	22,2	1,7	
9,1	11,5	14,6	18,5	22,9	1,8	
9,3	11,9	15,0	19,0	23,5	1,9	
9,6	12,2	15,4	19,5	24,1	2,0	
9,8	12,5	15,8	20,0	24,7	2,1	
10,0	12,8	16,2	20,5	25,3	2,2	
10,3	13,0	16,6	21,0	25,9	2,3	
10,5	13,3	16,9	21,4	26,4	2,4	
10,7	13,6	17,3	21,8	27,0	2,5	
10,9	13,9	17,6	22,3	27,7	2,6	
11,1	14,1	17,9	22,7	28,3	2,7	
11,3	14,4	18,3	23,1	28,9	2,8	
11,5	14,6	18,6	23,5	29,5	2,9	
11,7	14,9	18,9	23,9	30,1	3,0	
11,9	15,1	19,2	24,4	30,7	3,1	
12,1	15,4	19,5	24,8	31,3	3,2	
12,3	15,6	19,8	25,2	31,9	3,3	
12,5	15,9	20,1	25,6	32,5	3,4	
12,7	16,2	20,4	26,0	33,1	3,5	
12,9	16,5	20,7	26,4	33,7	3,6	
13,1	16,8	21,0	26,8	34,3	3,7	
13,3	17,1	21,3	27,2	34,9	3,8	
13,5	17,4	21,6	27,6	35,5	3,9	
13,7	17,7	21,9	28,0	36,1	4,0	
13,9	18,0	22,2	28,4	36,7	4,1	
14,1	18,3	22,5	28,8	37,3	4,2	
14,3	18,6	22,8	29,2	37,9	4,3	
14,5	18,9	23,1	29,6	38,5	4,4	
14,7	19,2	23,4	30,0	39,1	4,5	

Diametro della ruota in mm						Salto lordo [m]
3150	3550	4000	4500	5000		
100	115	147	186	231	1,5	
109	127	162	205	254	1,6	
119	139	177	225	279	1,7	
129	151	193	245	304	1,8	
139	164	209	266	329	1,9	
150	177	226	287	356	2,0	
160	191	243	309	383	2,1	
172	205	261	331	410	2,2	
183	219	279	354	439	2,3	
194	233	297	377	467	2,4	
206	248	316	401	497	2,5	
218	263	335	426	500	2,6	
230	278	355	450	500	2,7	
243	294	374	476	500	2,8	
255	310	395	500	500	2,9	
268	326	415	500	500	3,0	
281	342	436	500	500	3,1	
295	359	457	500	500	3,2	
308	376	479	500	500	3,3	
322	393	500	500	500	3,4	
330	400	500	500	500	3,5	
330	400	500	500	500	3,6	
330	400	500	500	500	3,7	
330	400	500	500	500	3,8	
330	400	500	500	500	3,9	
330	400	500	500	500	4,0	
330	400	500	500	500	4,1	
330	400	500	500	500	4,2	
330	400	500	500	500	4,3	
330	400	500	500	500	4,4	
330	400	500	500	500	4,5	

Portata massima per unità in m³/s Potenza di uscita per gruppo [kW]

187

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)





188

Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)



Sezione B – Capitolo 4 – Impianti idroelettrici

Mini-micro idroelettrico: turbina VLH (Very Low Head)



190