



**LE SCALE DI RISALITA
PER I PESCI**

UTILITA' DELLE SCALE DI RISALITA

La fauna ittica migra all'interno dei corsi d'acqua per esigenze periodiche e quotidiane.

La migrazione viene impedita dalla costruzione di manufatti che interrompono la continuità del flusso idrico.

Il R.D. 1486 “Regolamento per la pesca fluviale e lacuale” del 1914 e il “Testo Unico delle leggi sulla pesca” (Art.10) del 1931 prevedevano la presenza obbligatoria di scale di risalita in modo tale da:

- attirare i pesci migratori in un punto a valle dell'ostruzione e indurli a passare a monte
- evitare l'estinzione, lo sconfinamento e la limitazione della biodiversità

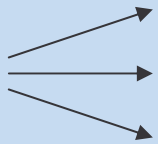
ASPETTI DA CONSIDERARE NELLA PROGETTAZIONE

Aspetti idraulici


Portata transitante: almeno pari al deflusso minimo vitale (DMV), determinato dalle Amministrazioni locali.

$1\% < \text{DMV} < 5\%$ portata del corso d'acqua.

Velocità dell'acqua e tirante idrico:

DMV 

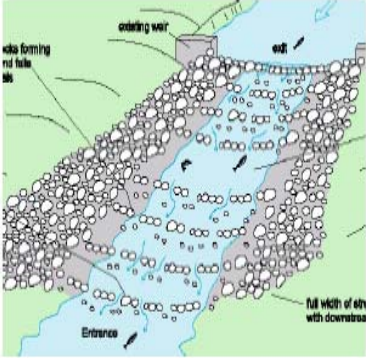
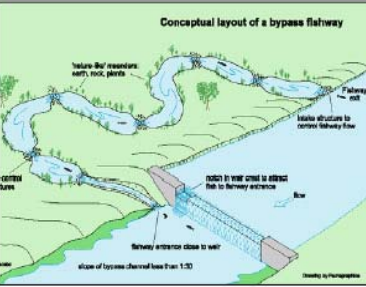
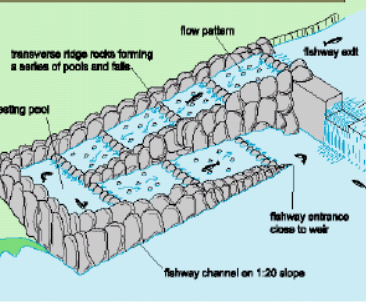
- tirante che permette la risalita dei pesci
- velocità minima = 1 m/s circa
- velocità massima = dipende dalle specie ittiche

Localizzazione 

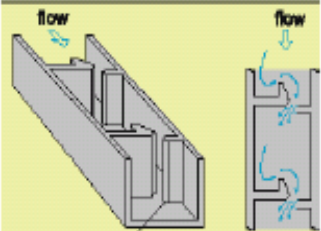
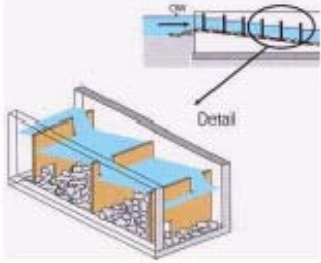
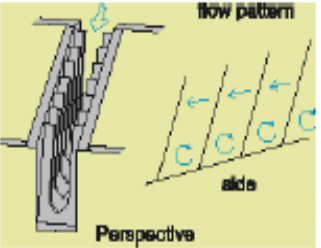
- sulle sponde (velocità minore)
- ingresso il più vicino possibile all'ostacolo

Se sono rispettati tutti questi fattori, la scala risulta facilmente accessibile.


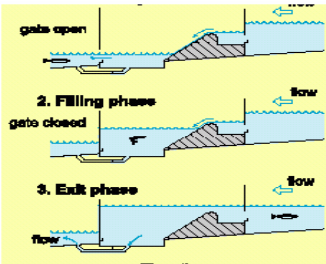
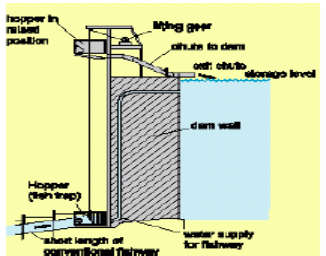
PASSAGGI PER PESCI NATURALI

<i>tipologia</i>	<i>schema</i>	<i>caratteristiche</i>	<i>applicabilità</i>	<i>vantaggi e svantaggi</i>	<i>efficacia</i>
“rampe in pietrame”		<p>Ricoprono tutta la larghezza del corso d'acqua, ad alta scabrezza. La pendenza massima ammissibile $l=1:15$ e l'altezza massima superabile 2 m. La portata minima di alimentazione è circa 100 l/s per m di larghezza di rampa.</p>	<p>In sostituzione alle classiche briglie di sistemazione per l'erosione del fondo o per conversione di vecchi sbarramenti ove non sia possibile regolare il livello a monte.</p>	<p>Durante i periodi di magra possono restare in secca. Minime operazioni di manutenzione, buon inserimento paesaggistico, facile realizzazione per la reperibilità dei materiali.</p>	<p>Superabili in tutte le direzioni da tutte le specie a seconda di velocità e pendenza di progettazione assegnate.</p>
“canali by-pass”		<p>Sono veri e proprio corsi d'acqua artificiali che aggirano lo sbarramento. Utilizzabili per dislivelli anche superiori ai 2 m, ma con pendenze inferiori a $l=1:20$. Larghezza minima 1,20-1,50 m, portata minima di funzionamento 100l/s per m di larghezza</p>	<p>Adatti a superare qualsiasi ostacolo se vi è sufficiente spazio per la realizzazione. Necessitano di organi di regolazione, soprattutto ove vi siano obiettivi multipli di trattenimento acque.</p>	<p>Economicamente convenienti, ma richiedono molto spazio. Spesso occorrono lavori accessori come sistemazione delle sponde, ponti, passaggi pedonali o per mezzi meccanici.</p>	<p>Superabili per tutte le specie, possono costituire habitat semi-naturali per quelle reofile</p>
“fish ramps”		<p>Occupano parzialmente la larghezza di uno sbarramento. Realizzate con una gettata di massi ad un'aggiunta di “boulders” per diversificare il fondo e ridurre la velocità di deflusso. Larghezza minima 2 m, altezze superabili 3-4 m, pendenza max $l=1:20$, portata minima raccomandata 100 l/s per m di larghezza.</p>	<p>Adatte per piccole, medie briglie in calcestruzzo. Poco adatte per derivazioni e altre situazioni di trattenimento delle acque.</p>	<p>Costosa per le esigenze di sicurezza idraulica previste. In periodo di magra possono disseccarsi e quindi i massi vanno intasati con cemento. Buona capacità di deflusso e minime misure di manutenzione.</p>	<p>Adatte per qualsiasi tipo di specie con adeguato dimensionamento di velocità dell'acqua e pendenza.</p>

PASSAGGI PER PESCI TECNICI

<i>tipologia</i>	<i>schema</i>	<i>caratteristiche</i>	<i>applicabilità</i>	<i>vantaggi e svantaggi</i>	<i>efficacia</i>
“a fenditure laterali”		Canale in muratura con setti divisorii in muratura o legno e 1 o 2 fenditure che si estendono per tutta l'altezza della parete. Bacini con lunghezza minima: 1,90 m e altezza 1,20 m; portate utilizzabili da 150 l/s a molti m ³ /s	Generalmente usati per piccoli e medi salti d'acqua, ma adattabili anche a grandi variazioni di livello del fiume. Idonei per piccoli e grandi corsi d'acqua	Possono essere usati per grandi portate (molto attrattivi). Sono più funzionali dei passaggi a bacini per i minori rischi di intasamento delle fenditure. La profondità minima dell'acqua deve essere almeno 0,50 m.	Attualmente rappresentano i migliori tipi di passaggi, essendo adatti per tutte le specie e possono essere utilizzati anche da invertebrati
“a bacini successivi”		Bacini in muratura con setti divisorii in muratura, legno o metallo con 1 fenditura laterale ed 1 orifizio sul fondo. Le pareti presentano le fenditure alternate a destra e sinistra. Bacini con lunghezza minima 1,40 m e larghezza 1,00 m; portate utilizzabili da 50 fino a 500 l/s.	Usati per piccoli e medi salti d'acqua, risultano adatti per sbarramenti idroelettrici o per manufatti di sistemazione dell'alveo.	Permettono soltanto l'utilizzo di portate relativamente basse (poco attrattivi). Possono esserci notevoli rischi di intasamento con i detriti fluitati.	Adatti per tutte le specie se le dimensioni dei bacini sono scelte in funzione della specie “target” da favorire.
“passaggi Denil”		Canali in muratura, legno o metallo con deflettori sagomati a “U”, posti con angolazione di 45°. Possono avere larghezza variabile tra 0,6-0,9 m, pendenza massima 1=1:5 e lunghezza 6-8 m. E' previsto l'uso di “resting pools”. Utilizzano portate di almeno 250 l/s.	Adatti per piccoli dislivelli, soprattutto ove vi è poco spazio. Per dislivelli maggiori si devono realizzare “resting pools” tra un tratto e l'altro.	Non si usano in presenza di forti variazioni di livello del fiume e utilizzano portate relativamente alte; occupano poco spazio e creano correnti molto attrattive.	Poco adatti a specie deboli o pesci molto piccoli; sono invalicabili per la fauna bentonica.

PASSAGGI PER PESCI SPECIALI

<p>“passaggi per anguille”</p>		<p>Canalette in plastica con setole sintetiche e sottofondo a ghiaia, permeate parzialmente. Larghezza variabile da 30 a 50 cm, pendenza da 1:5 a 1:10.</p>	<p>Usate come accompagnamento ad altri P.o.P. o da soli, funzionano soltanto durante il periodo migratorio delle anguille.</p>	<p>Molto economiche, richiedono un piccolo spazio e bassissima portata.</p>	<p>Valide soltanto per piccole anguille, non sono efficienti per altre specie.</p>
<p>“chiuse da pesci”</p>		<p>Camere a pozzetto regolate da chiuse per l'entrata e l'uscita d'acqua. La portata d'attrazione è generata tramite il controllo dell'apertura della paratoia o immettendo l'acqua con un bypass. I bacini sono variabili e la portata dipende dalla loro grandezza e dai cicli di funzionamento.</p>	<p>Adatte per alti dislivelli, in situazioni di spazi ridotti e modeste disponibilità d'acqua.</p>	<p>Necessitano di notevole manutenzione. Economicamente sconvenienti per la realizzazione, ma anche per i costi di gestione.</p>	<p>Adatte per specie con scarse capacità natatorie, poco adatte per specie di piccole dimensioni o di fondo.</p>
<p>“ascensori da pesci”</p>		<p>Vasche a sollevamento meccanico per il trasporto dei pesci da valle a monte; fiume e vasca di cattura sono collegati con un canale nel quale viene immessa la portata di attrazione. Dimensioni della vasca di carico da 2 a 4 m³.</p>	<p>Impiegabile, come le chiuse, nei casi ove risulti impossibile l'inserimento di un'altra tipologia di P.p.P. Ad esempio adatte per dighe di altezza superiore ai 10 m.</p>	<p>Grande impiego di tecnologia, alti costi di realizzazione, funzionamento, gestione e manutenzione.</p>	<p>Adatte per specie con scarse capacità natatorie, poco adatte per specie di piccole dimensioni, di fondo o per la migrazione verso valle.</p>

LE TIPOLOGIE DI SCALE DI RISALITA

Le diverse tipologie di scale sono:

- le scale a bacini successivi
- i canali artificiali aggiranti l'ostacolo o scale rustiche



Foto 1: Scala a bacini successivi (Normandia).

- le scale a rallentamento o tipo Denil



Foto 2: Scala Denil (Bretagna).

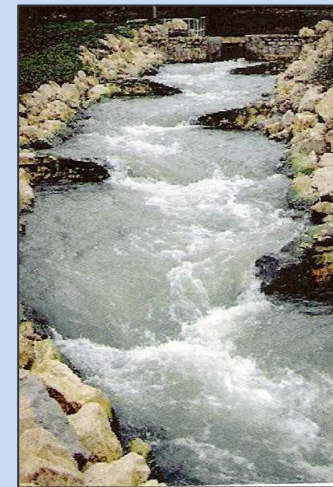
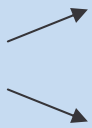


Foto 3: Scala Rustica (Francia).

LE SCALE A BACINI SUCCESSIVI

Le scale a bacini suddividono l'altezza da superare in una serie di bacini che comunicano tra loro attraverso:

- Aperture superficiali
- Fessure verticali
- Orifizi di fondo

I bacini  dissipano l'energia cinetica dell'acqua
costituiscono zone di riposo

Per il dimensionamento è necessario considerare:

- la differenza di livello tra i bacini
- le dimensioni dei bacini e delle fessure
- la portata transitante

LA DIFFERENZA DI LIVELLO TRA I BACINI

Il salto tra i bacini dipende dalle capacità di nuoto e salto delle specie considerate.

La velocità massima della corrente determinata da un salto ΔH è:

$$V = (2g\Delta H)^{0,5}$$

Il salto può essere del tipo:

- a stramazzo
(salto alto, turbolenza)
- a stramazzo rigurgitato
(circolazione ampia)

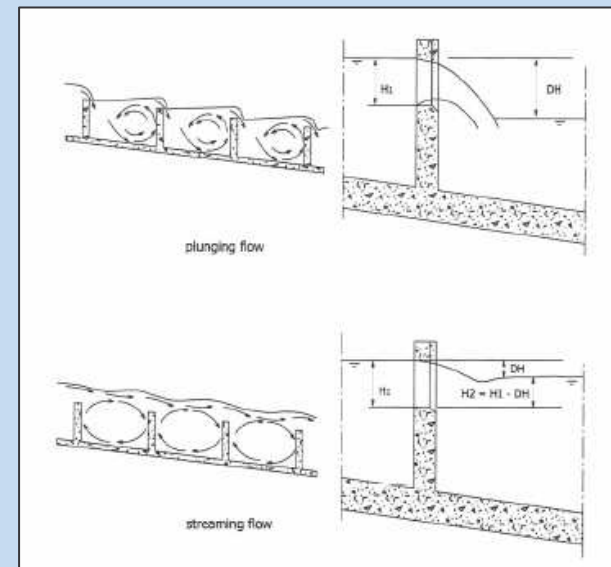


Figura 3: Salto a stramazzo e stramazzo rigurgitato

LE DIMENSIONI DEI BACINI E DELLE FESSURE

Il volume dei bacini può essere determinato considerando la potenza dissipata per unità di volume:

$$P_v = \frac{\rho g Q \Delta H}{W}$$

dove:

$$P_v = 150-200 \text{ watt/m}^3$$

Le dimensioni delle fessure dipendono dalle specie considerate:

- 0,45 m per le alose
- 0,30-0,40 m per i salmoni
- 0,20 m per le trote

LA PORTATA TRANSITANTE

La portata transitante dipende dalle caratteristiche geometriche delle fenditure.

Portata attraverso apertura superficiale rettangolare:

$$Q = C_d b (2g)^{0,5} H_1^{1,5}$$

dove:

C_d = coeff. di efflusso

$$0,33 < C_d < 0,5$$

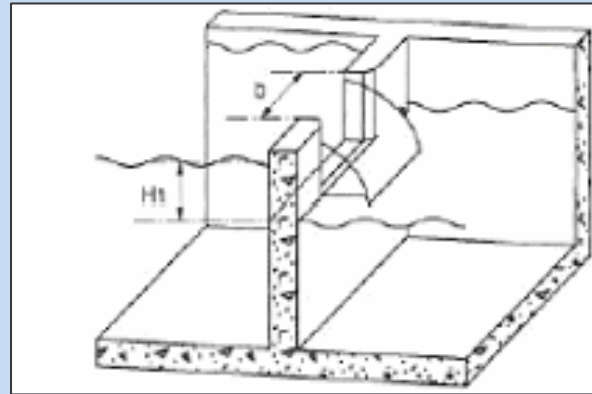


Figura 4: Portata attraverso apertura superficiale.

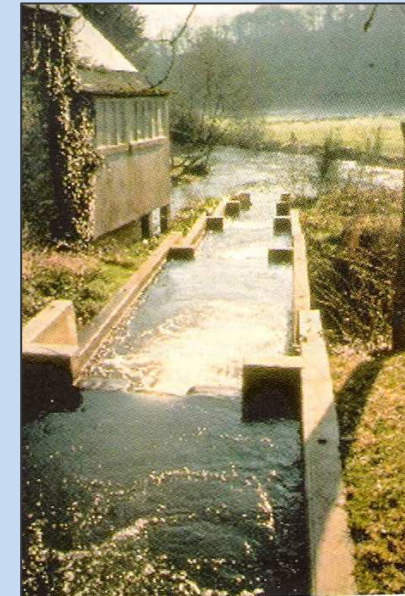


Foto 4: Scala a bacini con apertura superficiale (Francia).

LA PORTATA TRANSITANTE

Portata attraverso una
fessura verticale
(stramazzo rigurgitato):

$$Q = C_d b H_1 (2g\Delta H)^{0,5}$$

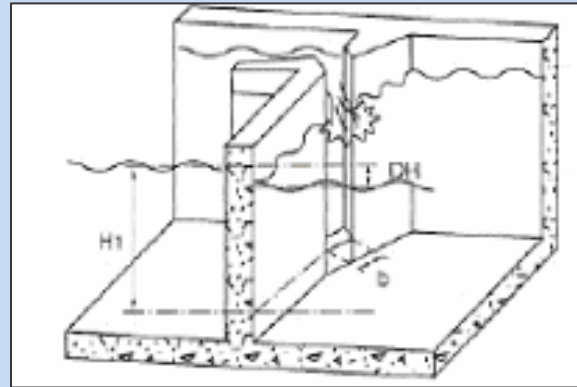


Figura 5: Portata attraverso fessura verticale.



Foto 5: Scala con fessura verticale (Francia-Garonna).

Portata attraverso
orifizio di fondo
(efflusso sottobattente):

$$Q = C_d S (2g\Delta H)^{0,5}$$

dove:

$$0,65 < C_d < 0,85$$

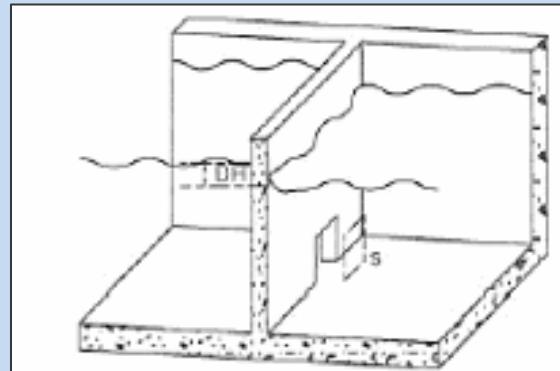


Figura 6: Portata attraverso orifizio di fondo.



Foto 6: Scala con orifizio di fondo (Scozia).

LE SCALE A RALLENTAMENTO

La velocità viene diminuita tramite una serie di deflettori posti:

- sul fondo
(per diversi valori di portata)
- sulle pareti
(per alte variazioni di livello d'acqua)
- sul fondo e sulle pareti
(efficienti, ma difficile manutenzione)

Le quinte, ravvicinate e inclinate, creano canali secondari.

Il rimescolamento che si crea dall'incontro tra il flusso di rientro dai canali secondari col flusso principale, fa sì che venga assorbita l'energia cinetica dell'acqua.



Foto 8: Scala Denil con deflettori sulle pareti (Bretagna).



Foto 7: Scala Denil con deflettori sul fondo (Bretagna).

LE SCALE A RALLENTAMENTO

Le caratteristiche geometriche usuali sono:

- pendenza del canale = 12-20%
- inclinazione delle quinte = 45°
- distanza P tra due deflettori = 0,60-1 m
- B , C , D e H dipendono da L , attraverso parametri determinati sperimentalmente
- la larghezza L dipende dalla profondità e dalla larghezza del corso d'acqua, il valore limite da rispettare è $h/L = 0,5$
- deflettori in acciaio inossidabile o lamiera zincata di spessore 8-10 mm

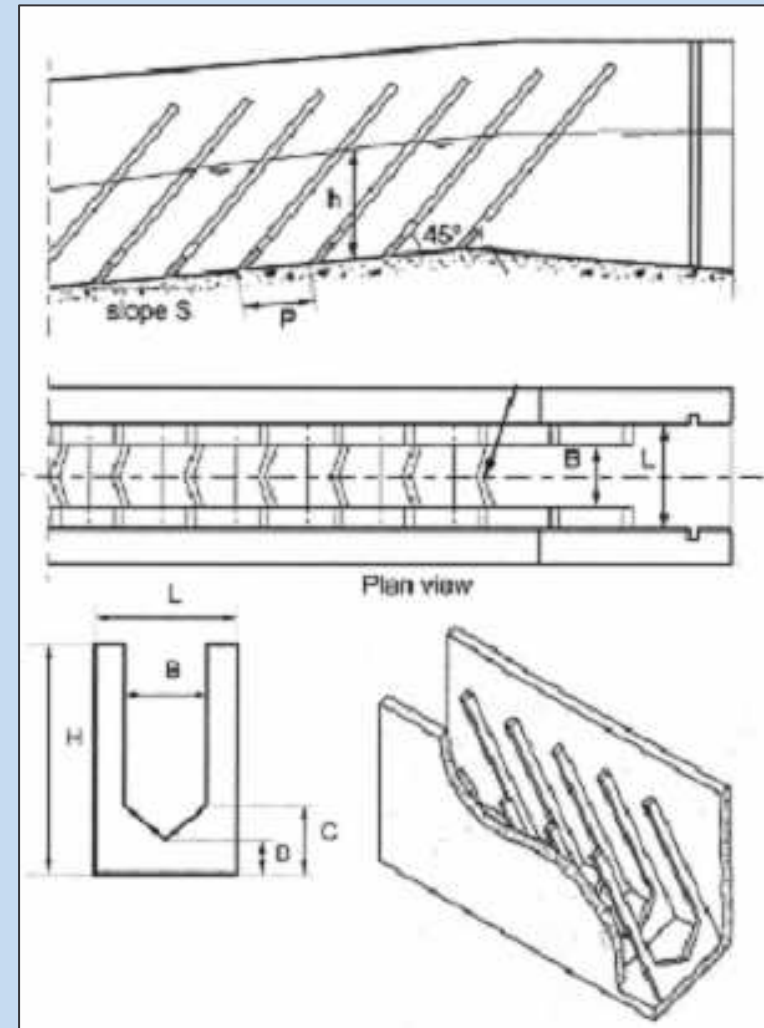


Figura 7: Caratteristiche geometriche di una scala Denil.

LE SCALE RUSTICHE

Scala rustica = canale simile a un ruscello naturale che permette il superamento di uno sbarramento

Le parti fondamentali sono:

- lo scivolo
- i massi (dissipazione energia e sosta)
- le piazzole di sosta

Caratteristiche principali:

- pendenza = 5-10%
- tirante idrico > 0,35-0,45 m
- materiale = inerte di grosse dimensioni



Foto 9: Scala rustica (Germania).

PASSAGGI DIVERSI DALLE SCALE: GLI ASCENSORI

Ascensore: sistema meccanico che intrappola i pesci in una vasca e li trasporta, sollevandoli, a monte dell'ostruzione.

I pesci vengono rilasciati a monte:

- dalla vasca al corso d'acqua attraverso uno scivolo
- dalla vasca a un canale che collega l'ascensore al corso d'acqua.



Foto 10: Scivolo tra ascensore e corso d'acqua.



Foto 11: Ascensore-vasca con griglia (Bretagna).

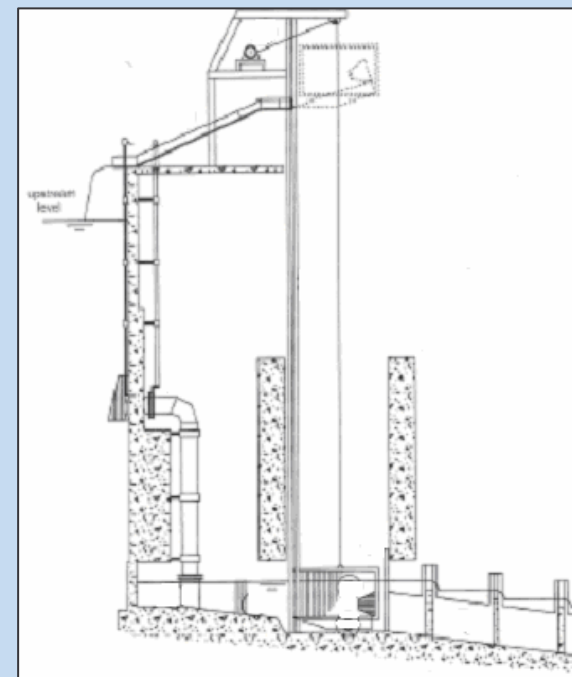


Figura 8: Struttura di un ascensore.

CRITERI PER LA SCELTA DELLA TIPOLOGIA

Scale rustiche

Rappresentano la *migliore soluzione*, in quanto sono caratterizzate da:

- la praticabilità da parte di tutte le specie ittiche
- i più bassi costi di realizzazione
- l'estrema funzionalità in tutte le condizioni
- il bassissimo impatto ambientale
- l'assoluta inesistenza della manutenzione (no costi gestione)

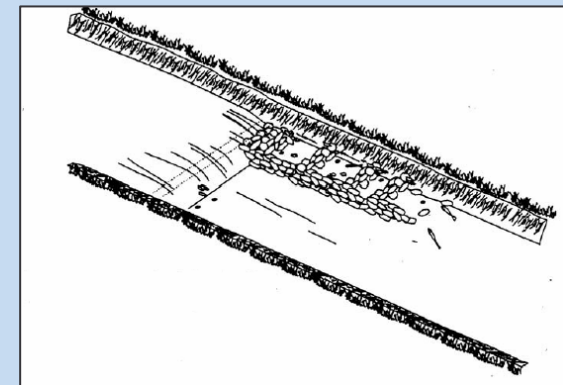


Figura 9: Struttura di una scala rustica

Unico *problema*: pendenze non maggiori del 5-10%

CRITERI PER LA SCELTA DELLA TIPOLOGIA

Scale a rallentamento

Idonee nel caso di:

- portata costante
- variazioni di livello d'acqua limitate
- ostacoli bassi (minori di 2 metri)
- assenza di materiale grossolano trasportato dalla corrente
- pesci di grossa taglia (almeno 0,30 metri di lunghezza)

Costi maggiori rispetto a quelli delle scale a bacini.

Il costo viene espresso in funzione del volume dato dal prodotto tra altezza, larghezza e lunghezza dalla scala.

Costo = 2.700 €/m³ circa

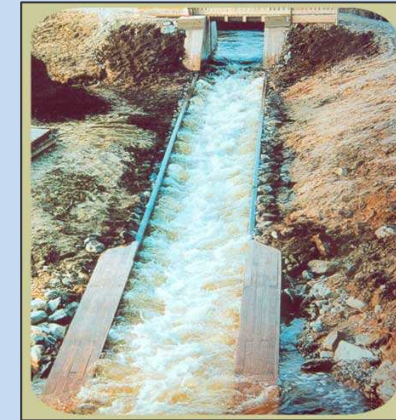


Foto 12: Scala Denil multiuso per pesci e imbarcazioni (Finlandia).

CRITERI PER LA SCELTA DELLA TIPOLOGIA

Scale a bacini

Adatte a diverse specie di pesci

Apertura superficiale: - diverse portate transitanti
- variazioni di livello d'acqua

Fessura verticale: - variazioni di livello d'acqua elevate
- $Q > 0,70-1 \text{ m}^3/\text{s}$ per grandi migratori

Orifizio di fondo: - problemi di manutenzione

Il costo si aggira intorno a 700 €/m^3

Ascensori

Utilizzati per *salti elevati*.

Costi alti: da 15.000-75.000 € per le trote a 250.000-400.000 € per i salmoni.



Foto 13: Scala a bacini successivi (Lucca).

MONITORAGGIO

Il monitoraggio è necessario per:

- verificare l'*efficienza* della scala
- ricavare informazioni tecniche e biologiche
- quantificare le popolazioni migratorie e descrivere le loro caratteristiche

I motivi principali di malfunzionamento sono:

- difficoltà a individuare la scala - posizionamento sbagliato
 - portata minore del DMV
- progettazione errata
- dimensionamento errato
- ostruzione della scala
- malfunzionamento dei dispositivi che regolano il deflusso

CONCLUSIONI

Per la progettazione di una scala di risalita è necessario considerare:

- le caratteristiche del corso d'acqua
- le specie ittiche presenti

Una scala efficiente deve essere:

1. rapportata alle capacità di nuoto di tutte le specie ittiche presenti
2. ben individuabile dai pesci
3. dotata di adeguate zone di riposo
4. efficiente con modesta portata idrica
5. non soggetta a ostruzioni

OBIETTIVO DA RAGGIUNGERE: evitare l'estinzione, lo sconfinamento e la limitazione della biodiversità di molte specie ittiche.

BIBLIOGRAFIA

- BFPP, Bulletin français de la pêche et de la pisciculture. *Fishways: biological basis, design criteria and monitoring*. FAO, CSP, Cemagref. Supplemento n°364, 1° trimestre 2002.
- BUR, Bollettini ufficiale Regione Lombardia. 1° supplemento straordinario, 8 Marzo 2005.
- Luigi da Deppo, Claudio Datei; Paolo Salandin. *Sistemazione dei corsi d'acqua*. Libreria internazionale Cortina. Padova. 2002