

RISALTO IDRAULICO

RISALTO: descrizione

Il risalto idraulico (hydraulic jump) è un fenomeno brusco, vorticoso, localizzato, fortemente dissipativo che caratterizza la transizione da una corrente veloce ($Fr > 1$ supercritica) ad una corrente lenta ($Fr < 1$ subcritica).

Il risalto idraulico si può osservare comunemente in natura, si veda ad esempio le figure 1 e 2, o per interazione con opere antropiche, siano o meno costruzioni di tipo idraulico, si vedano figure 3 e 4.

Come è stato detto sopra, il risalto idraulico è sempre dissipativo, tale aspetto può essere sfruttato per ridurre in modo localizzato l'energia cinetica di una corrente, è il caso ad esempio di una vasca di dissipazione a valle di una spillway.

In altri casi, a fronte di una iniziale riduzione di energia specifica, il risalto si colloca in un processo il cui fine è l'acquisizione di carico per tramite di una corrente lenta. E' il caso ad esempio del passaggio attraverso un restringimento o di un ostacolo trasversale particolarmente importanti come si vedrà in seguito.



RICHIAMI DI IDRAULICA.

Numero di Froude: il rapporto tra la velocità della corrente V rispetto alla celerità delle piccole perturbazioni (nell'ipotesi di Lagrange), con y l'altezza del tirante.

$$Fr = V / \sqrt{gy}$$

Energia specifica: $E = y + V^2 / 2g$

RISALTO: equazioni

Per analizzare il fenomeno vediamo le equazioni a disposizione. Consideriamo un canale a fondo piatto (non inclinato) e a sezione rettangolare con larghezza B . Poniamoci in due sezioni, appena a monte e valle del risalto, tali da poter non essere influenzati dal risalto, dove vale l'ipotesi di pressione idrostatica e la corrente può essere descritta per tramite dei suoi valori medi

Vale la seguente relazione per l'energia specifica:

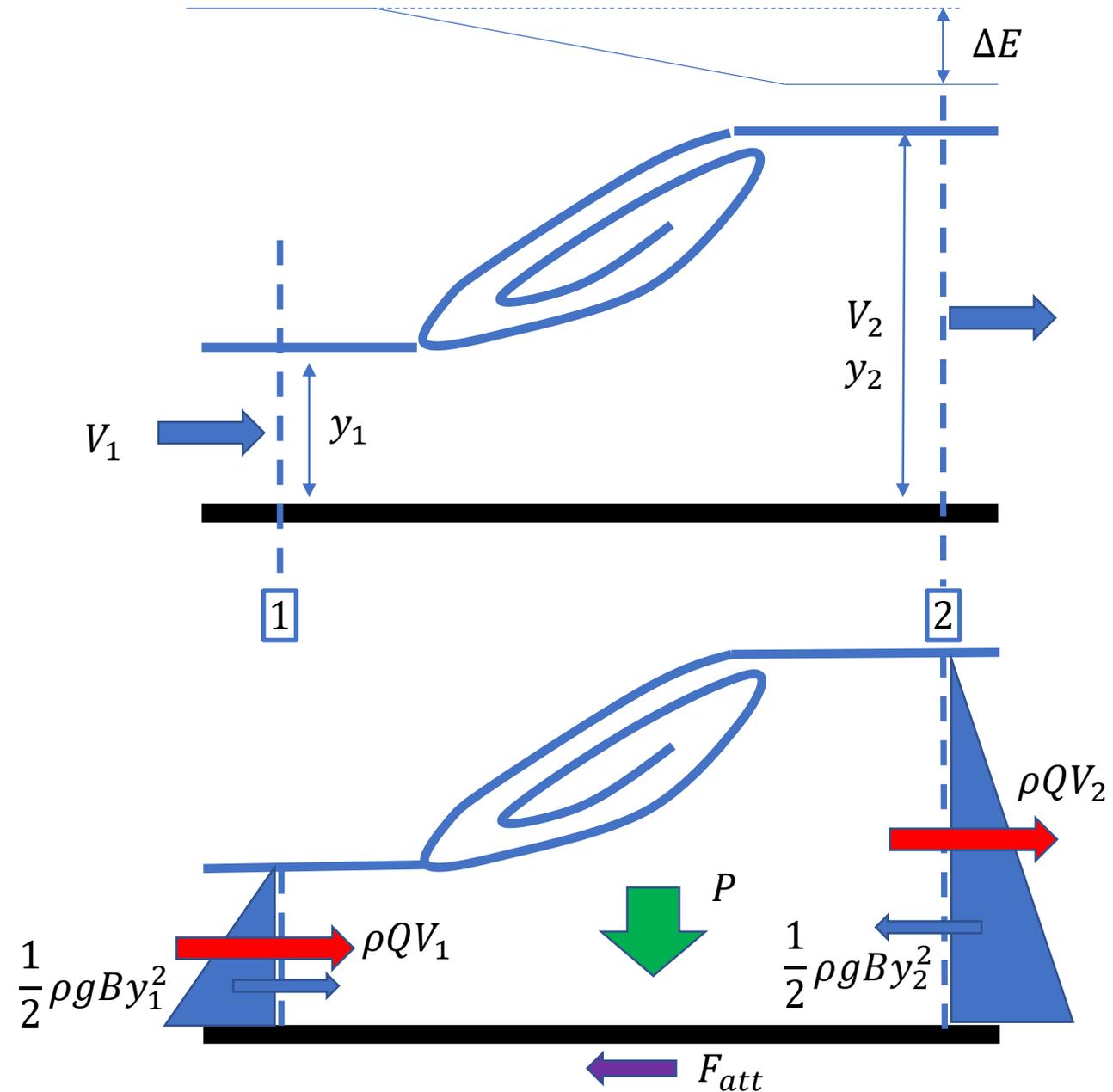
$$\frac{V_1^2}{2g} + y_1 = \frac{V_2^2}{2g} + y_2 + \Delta E$$

In media, tra la sezione 1 e 2, trascurando variazioni nel tempo della sezione, l'equazione di continuità può essere scritta (per unità di larghezza) nella forma:

$$q_1 = V_1 Y_1 = V_2 Y_2 = q_2$$

Dalla conservazione della quantità di moto in direzione del flusso abbiamo poi:

$$\rho Q V_2 - \rho Q V_1 = \frac{1}{2} \rho g B y_1^2 - \frac{1}{2} \rho g B y_2^2 - F_{att}$$



RISALTO: altezze coniugate

Da un sistema costituito dall'equazione di continuità e dalla conservazione della quantità di moto trascurando l'attrito, dopo opportune manipolazione, si ottiene l'equazione di Belanger:

$$\left(\frac{y_2}{y_1}\right)_0 = \frac{1}{2} \left[\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right]$$

La presente formulazione è risolta in modo da esprimere il rapporto delle altezze di valle e monte in funzione delle condizioni di monte, le due altezze si dicono altezze coniugate (sequent depths), ovvero data y_1 , y_2 è la sua coniugata, cioè l'altezza che rispetta la conservazione della quantità di moto e la continuità, il concetto verrà ripreso dopo in termini di spinte per la collocazione del risalto.

Il pedice $()_0$ sta ad indicare che l'attrito è stato trascurato nella derivazione del rapporto tra le altezze, in caso contrario di norma si usa $()_s$, dove la s sta per il fatto di aver considerato lo shear. A meno di una rugosità di fondo molto importante, l'eq. di Belanger è sufficiente per gran parte dei problemi pratici.

Il grafico a destra mostra la corrispondenza tra l'eq. di Belanger e misure sperimentali condotte dall' USBR.

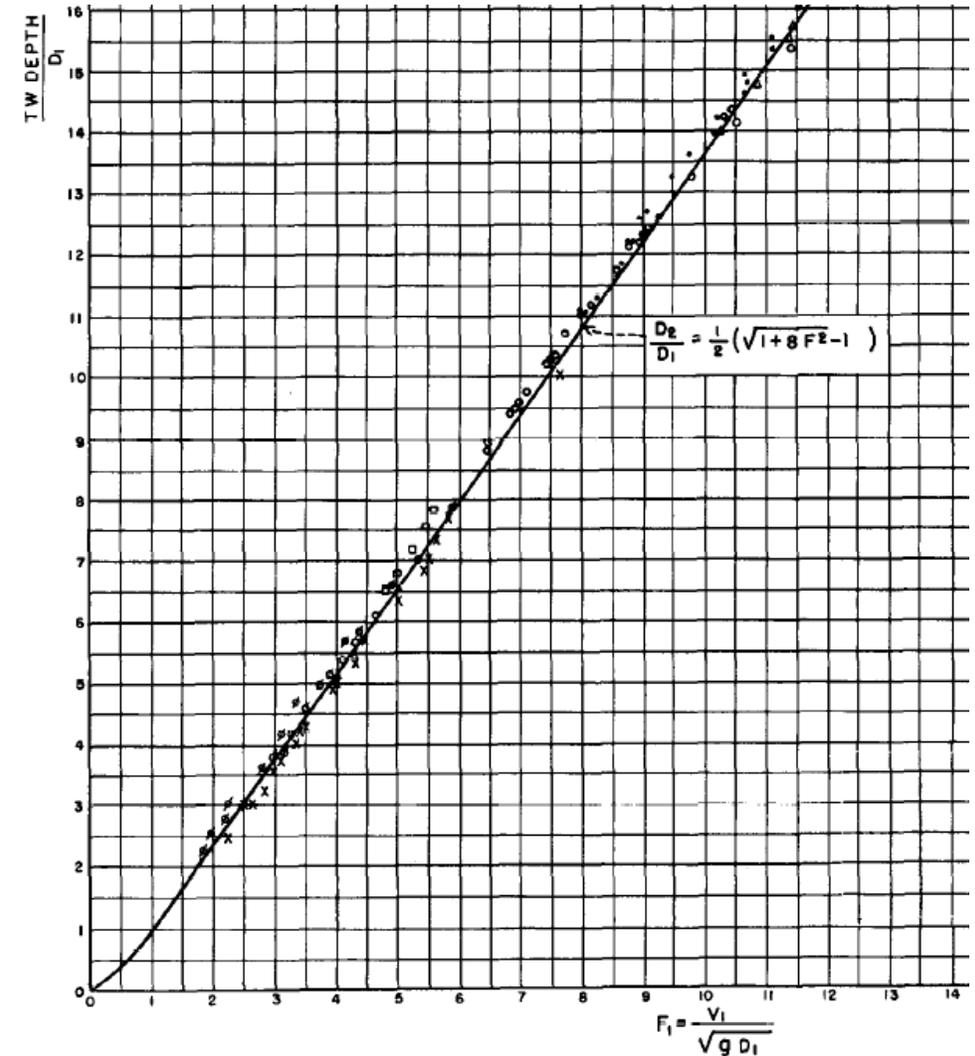


Grafico da USBR

RISALTO: dissipazione

Una delle caratteristiche principali del risalto è la sua natura dissipativa, in termini di energia.

A partire dall'energia specifica tra le due sezioni è utile declinare la cosa in termini di efficienza di dissipazione, ovvero normalizzando la perdita di energia rispetto alle condizioni di monte.

Si deriva facilmente la seguente formulazione:

$$\frac{\Delta E}{E_1} = 1 - \frac{E_2}{E_1} = 1 - \frac{1 + \frac{Fr_1^2}{2} \left(\frac{y_1}{y_2}\right)^3}{\frac{y_1}{y_2} \left(1 + \frac{Fr_1^2}{2}\right)}$$

Funzione del solo Froude di monte se si considera anche l'equazione di Belanger. In forma compatta, utilizzando la conservazione della q.d.m. si ottiene anche la seguente relazione:

$$\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$$

Il grafico a destra mostra la corrispondenza tra la formulazione di cui sopra e misure sperimentali condotte dall' USBR.

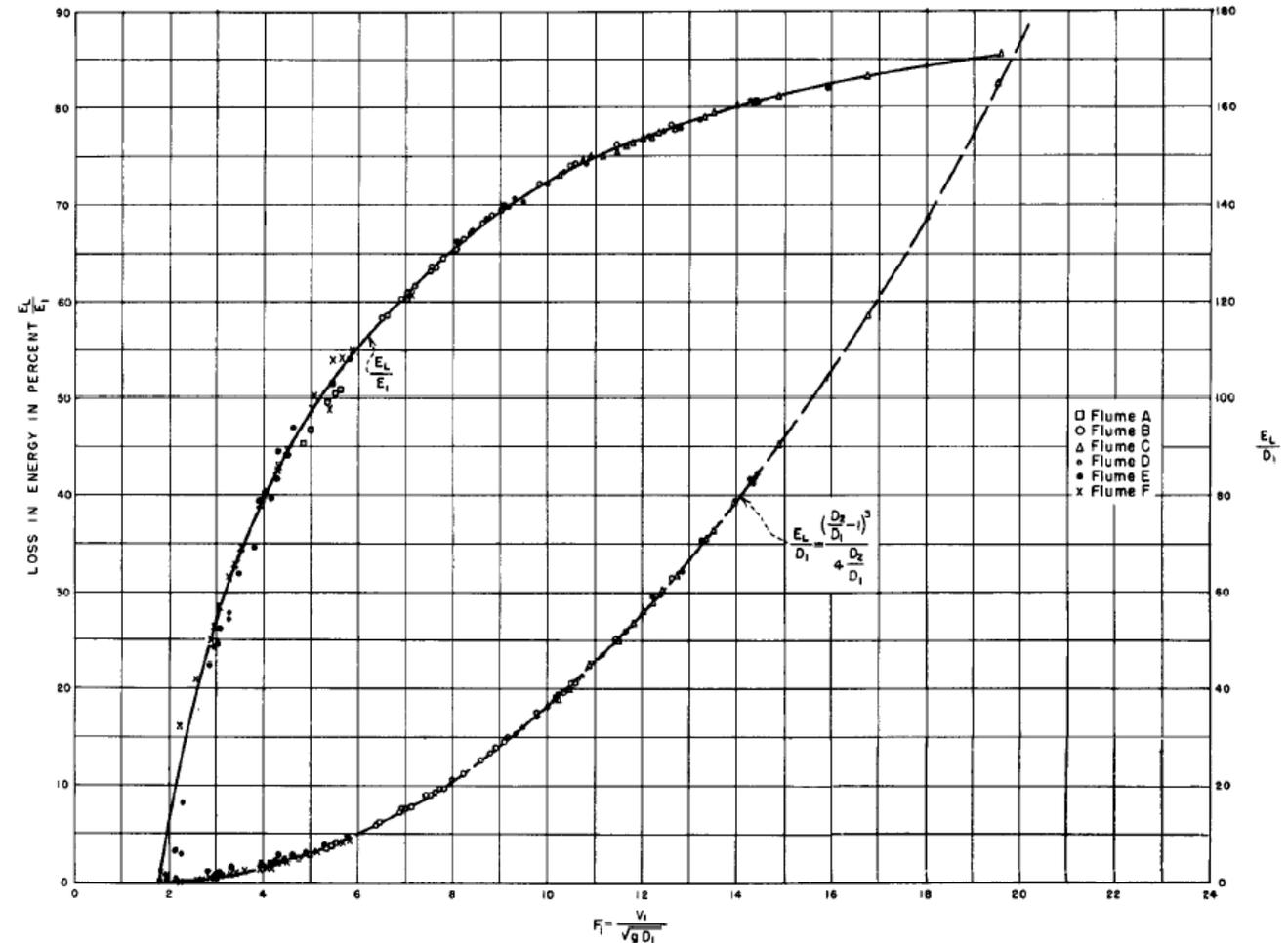


Grafico da USBR

RISALTO: lunghezza

Per il dimensionamento delle opere di contenimento è di interesse la definizione della lunghezza del risalto.

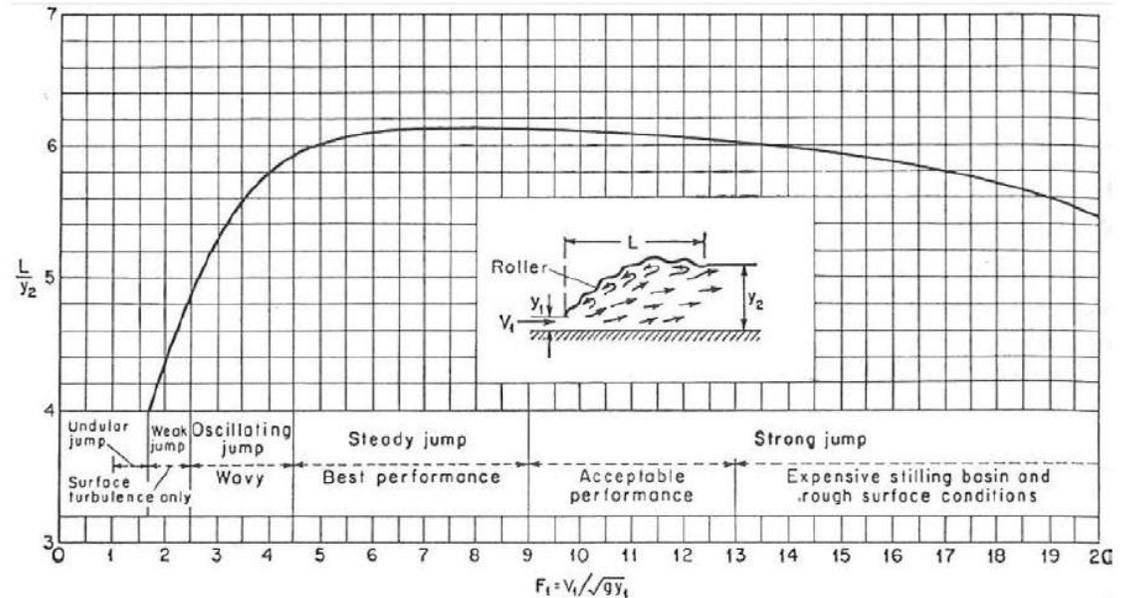
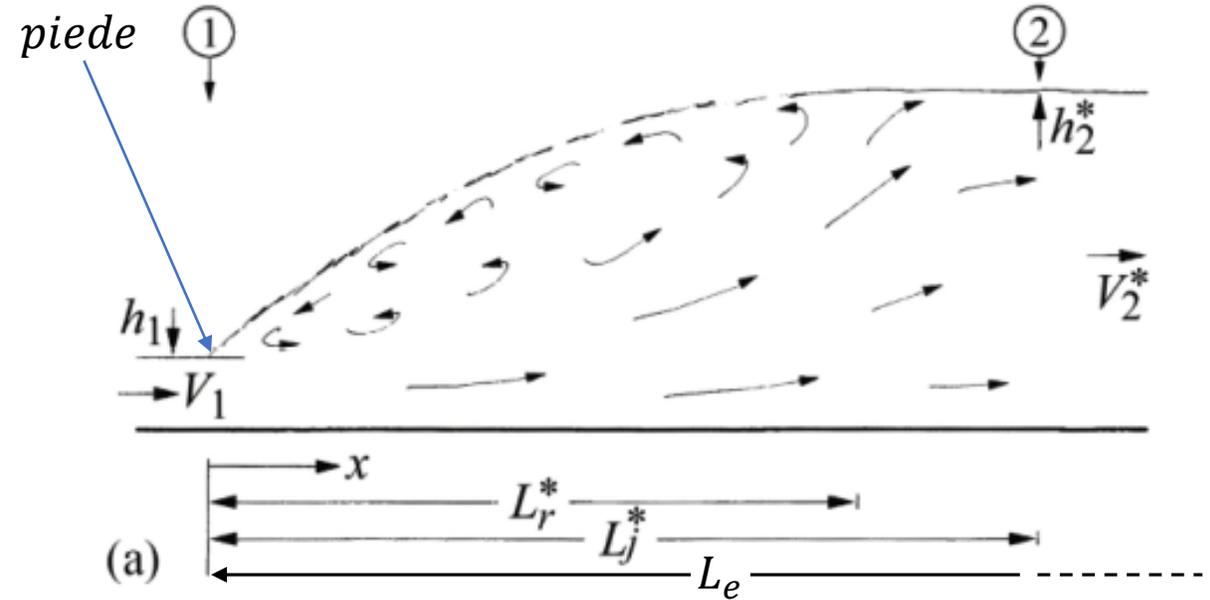
Si possono definire diverse lunghezze di interesse associate al risalto, ovvero, per quanto riguarda la superficie libera: la lunghezza del roller L_r , ed una lunghezza superficiale L_j dal piede all'altezza coniugata di valle. Per il fondo, una lunghezza L_e associata allo scostamento dello stress di fondo rispetto alle condizioni indisturbate.

In generale $L_e \gg L_j > L_r$

Per L_j vale la seguente formulazione di Peterka (78)

$$\frac{L_j}{y_1} = -0.13 Fr_1^2 + 11Fr_1 - 12$$

Derivata da prove sperimentali, si osserva che per un largo range di numeri di Froude (si veda la figura a destra) la lunghezza massima del risalto è circa 6 volte la coniugata y_2 . Come vedremo in seguito, tramite opportuni dispositivi questa lunghezza può essere ridotta.



RISALTO: aerazione

Il risalto è caratterizzato da un forte intrappolamento di aria al suo interno, l'ingresso di aria avviene al piede del risalto e caratterizza quindi il suo volume. Si tende a trattare il fenomeno in termini di un coefficiente di "entrainment" dato dal rapporto di portata d'aria rispetto a quella del flusso:

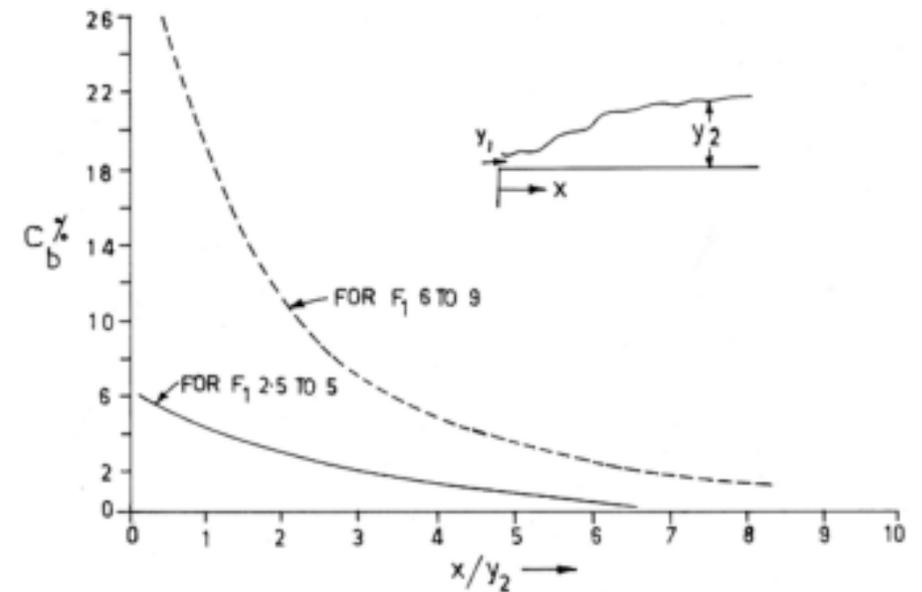
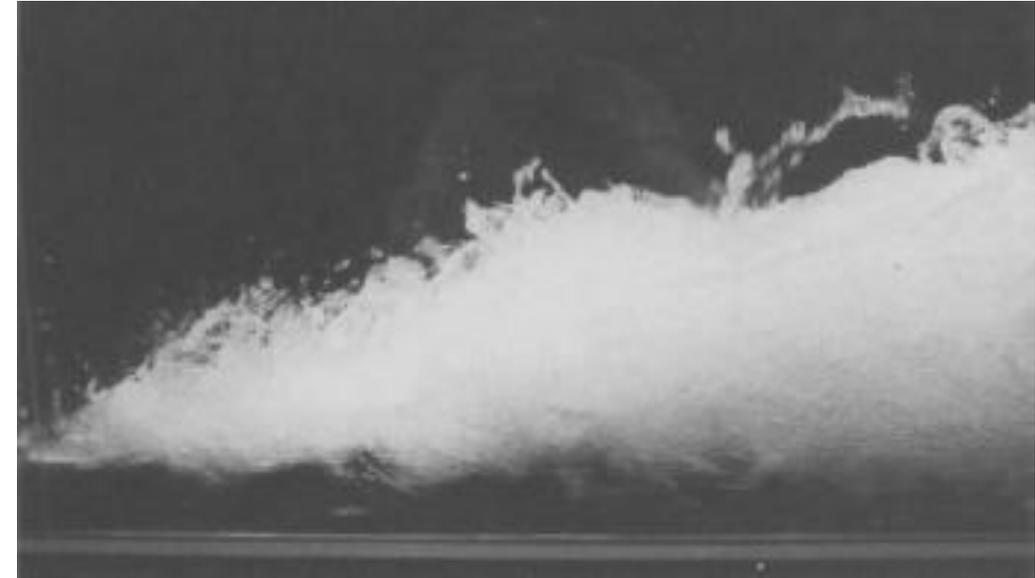
$$\beta = \frac{Q_{air}}{Q} = k_1 \frac{(V_1 - V_e)^2}{gy_1} = \dots = f(Fr_1)$$

Dove V_e è la velocità di entrainment dell'aria e k una costante, esistono diverse formulazioni di natura empirica che relazionano il coefficiente al numero di Froude di monte.

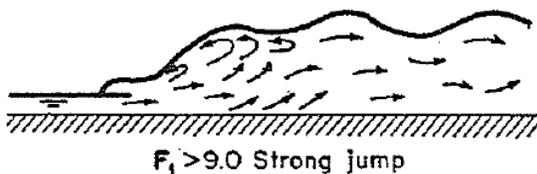
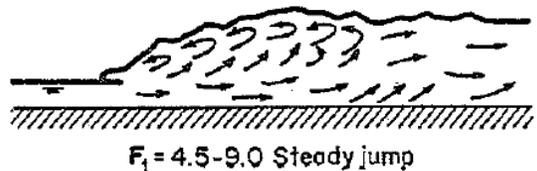
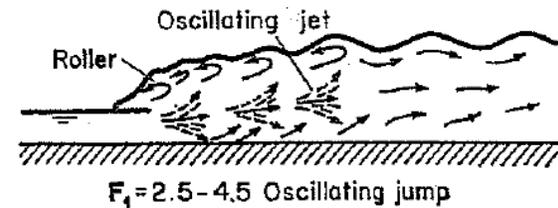
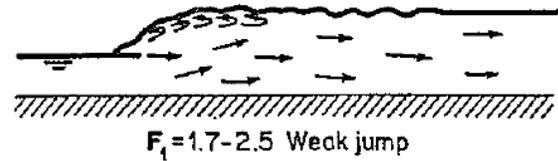
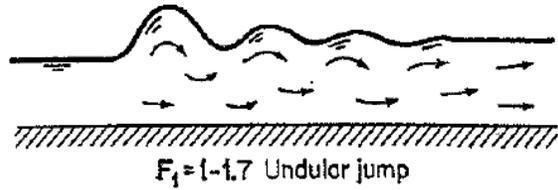
La lunghezza della parte areata della corrente può essere espresso come:

$$\frac{L_a}{y_2} = 3.5 \sqrt{Fr_1 - 1.5}$$

La concentrazione di aria C sul totale è anche funzione del numero di Froude di monte come si può osservare dal grafico a destra e tende a decadere esponenzialmente allontanandosi dal piede.



RISALTO: classificazione



In relazione al numero di Froude di monte ci possono essere diverse forme di risalto idraulico, si veda la figura.

Tra Fr_1 tra 1 e 2.5 si può avere una condizione di risalto ondulato o debole, caratterizzati da bassa dissipazione di energia.

La condizione di risalto oscillante, tra 2.5 e 4.5, è una condizione possibilmente da evitare, da luogo a onde anomale che possono saltare la vasca di contenimento e viaggiare verso valle con effetti deleteri per il corso d'acqua.

Il range tra 4.5 e 9 riguarda il risalto stazionario, è considerata la migliore situazione in termini di performance e la dissipazione di energia è rilevante, con un'efficienza anche del 70%.

Oltre il $Fr_1=9$ si va nella condizione di risalto impetuoso, la dissipazione è importante, fino a Fr circa 14 è una situazione accettabile ma il risalto è caratterizzato da sforzi e da fluttuazioni di pressione potenzialmente distruttive per la vasca di dissipazione.



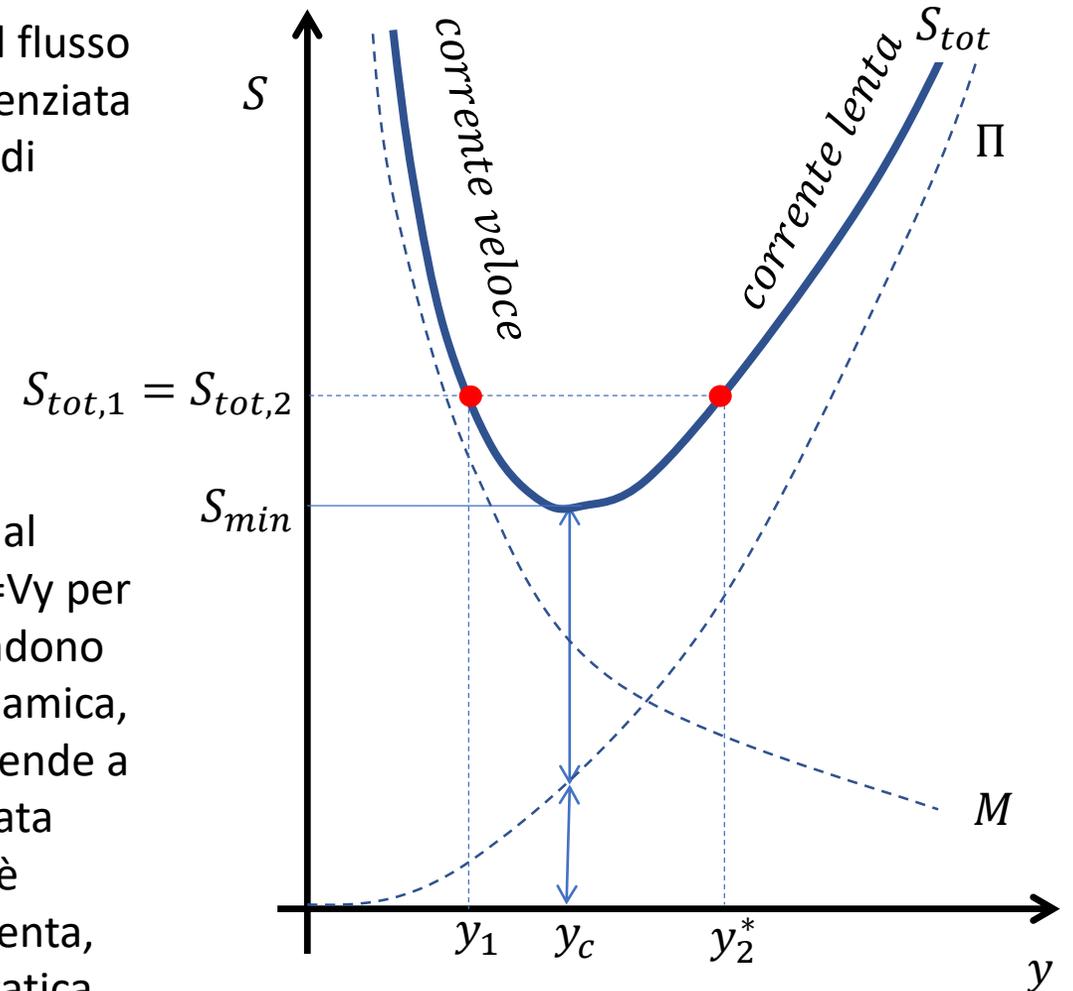
RISALTO: collocazione

Riprendendo la conservazione della quantità di moto in direzione del flusso nel dominio semplificato a fondo piatto, l'equazione può essere evidenziata in termini di spinte statiche e dinamiche alle due sezioni di controllo di monte e valle:

$$S_{tot,1} = \underbrace{\frac{1}{2} \rho g B y_1^2}_{\Pi} + \underbrace{\rho Q V_1}_{M} = \frac{1}{2} \rho g B y_2^2 + \rho Q V_2 = S_{tot,2}$$

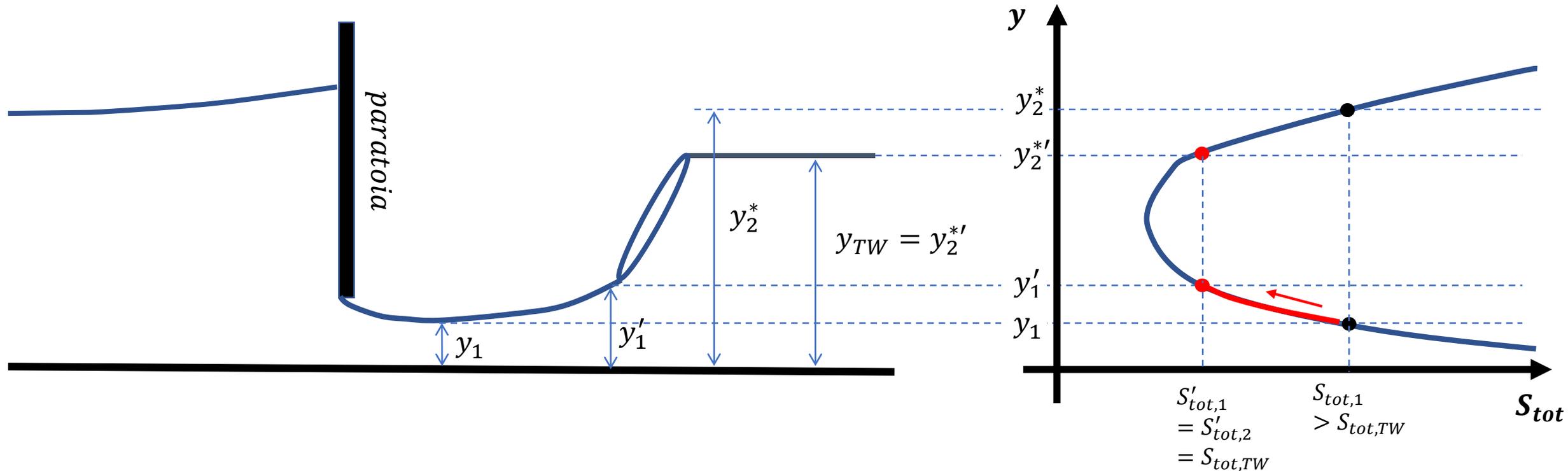
Al crescere del tirante la spinta idrostatica cresce e tende all'infinito, al contrario quella dinamica per tramite della velocità tende a zero ($Q=Vy$ per una data portata se y cresce V si riduce); viceversa per tiranti che tendono a zero, la spinta idrostatica tende anch'essa a zero, mentre quella dinamica, tende all'infinito. La spinta totale tende all'infinito per il tirante che tende a zero o all'infinito ed ha un minimo. La condizione di minimo è associata all'altezza critica. Ad un valore di spinta maggiore del valore minimo è sempre e solo associabile una condizione di corrente veloce ed una lenta, in cui dominano rispettivamente la componente dinamica e quella statica.

Il risalto si colloca in una posizione in cui le spinte di monte e di valle si equivalgono. Da qui in seguito useremo la dicitura y_2^* per la coniugata di y_1 su fondo piatto.



RISALTO: collocazione

Le altezze coniugate ottenibili con l'equazione di Belanger, rappresentano la condizione di spinte equivalenti tra monte e valle. Se la y_{TW} si discosta da y_2^* in quanto inferior, per cui $S_{tot,1} > S_{tot,TW}$, il risalto verrà spinto verso valle, al crescere del tirante di monte (corrente veloce su alveo a pendenza subcritica) la spinta si reduce fino a quando y'_1 non diventerà la coniugata dell'altezza di valle (viceversa il risalto verrà spinto verso monte)



RISALTO: forte pendenza

Le valutazioni fatte precedentemente non valgono quando ci troviamo di fronte ad un forte cambio di pendenza, questo perchè parte della forza peso agisce in direzione del moto e non può essere trascurata come forza agente sul volume di controllo. Fissate le condizioni di monte, al variare delle condizioni di valle possiamo trovarci in delle situazioni come descritte in figura, queste sono funzione di un confronto tra y_2 , y_2^* e y_{TW} , dove y_2 è la coniugata di y_1 , y_2^* la coniugata nel caso di fondo piatto (eq. di Belanger), y_{TW} la condizione di valle. Per vincere la componente del peso, e far risalire il risalto verso monte, necessariamente deve essere $y_{TW} > y_2^*$. Abbiamo allora:

A-JUMP: è il caso già visto di fondo piatto

$$y_{TW,A} = y_2 = y_2^*$$

B-JUMP: la spinta di valle aumenta e spinge il risalto a cavallo del cambio pendenza

$$y_{TW,B} = y_2 > y_2^*$$

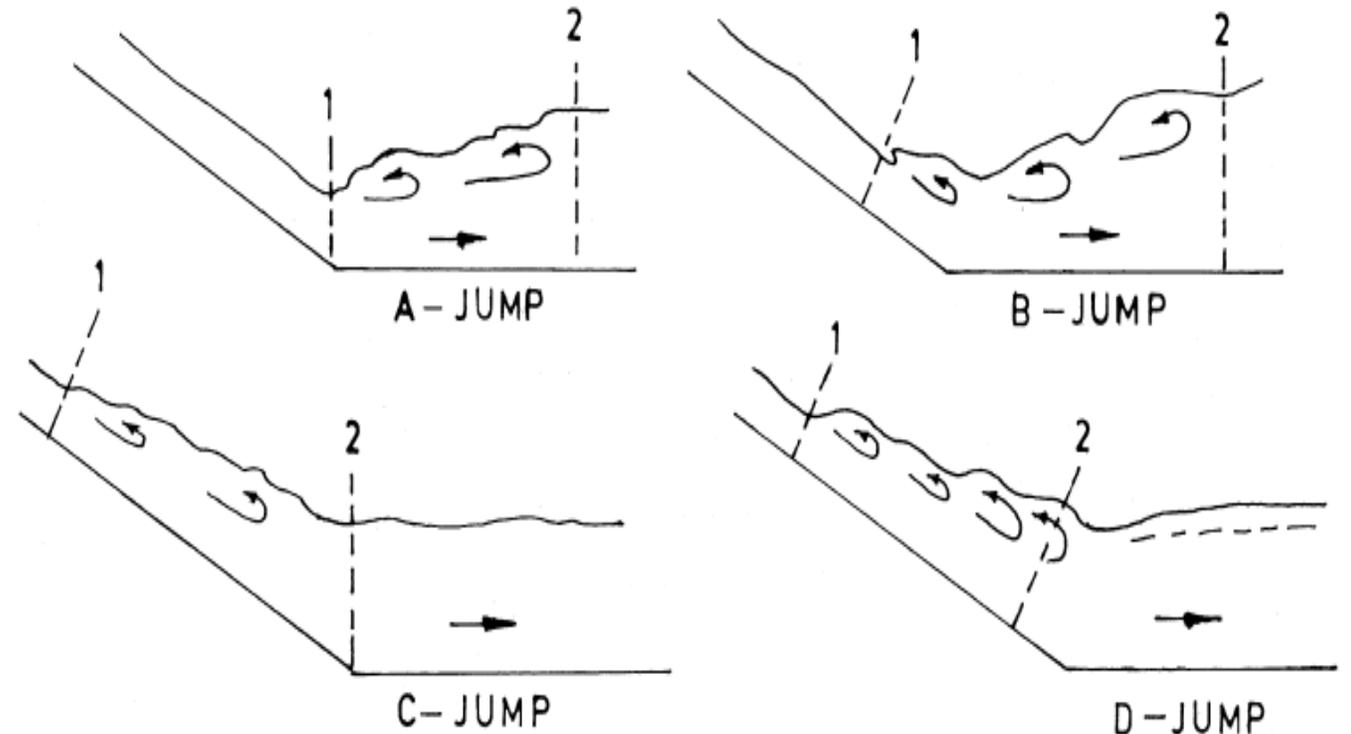
C-JUMP: la spinta di valle, superiore al caso B, spinge il risalto completamente sul cambio pendenza

$$y_{TW,c} = y_2 > y_{TW,B} > y_2^*$$

D-JUMP: il risalto sale lungo il tratto a forte pendenza

$$y_{TW,D} > y_2 > y_{TW,c} > y_{TW,B} > y_2^*$$

Se poi $y_{TW} > 3y_2^*$ il risalto viene affogato



RISALTO: forte pendenza

La componente del peso non è facilmente identificabile in quanto è complesso riuscire a definire il volume in presenza del risalto, pertanto si usano delle formulazioni di natura sperimentale. Per i soli casi C e D vale ad esempio:

$$\frac{y_2}{y_1'} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8G_1^2} - 1 \right)$$

dove $y_1' = y_1 / \cos \theta$ $G_1^2 = \Gamma_1^2 Fr_1^2$ $\Gamma_1^2 = \frac{\cos^3 \theta}{1 - 2N \tan \theta}$ $N = -0.938 \ln(\tan \theta) + 0.258$ per $5^\circ < \theta < 16^\circ$

Lunghezza del risalto (valida per $4 < Fr_1 < 14$)

$$\frac{L_j}{y_2^*} = 5.75 \tan \theta + 5.70 \quad \text{per } \theta < 19^\circ$$

$$\frac{L_j}{y_2^*} = 4.6 \left(\frac{y_{TW}}{y_2^*} - 1 \right) + 5.70 \quad \text{per } 19^\circ < \theta < 60^\circ$$

Lunghezza "l" dal piede del risalto al cambio pendenza (valida per $6 < Fr_1 < 14$ e $1.1 < y_{TW}/y_2^* < 3$)

$$\frac{l}{y_2^*} = \left(\frac{2.3}{\tan^{0.73} \theta} - 0.8 \right) \left(\frac{y_{TW}}{y_2^*} - 1 \right)^{0.75}$$

Nel caso $y_{TW} > y_2^*$, dal confronto tra l e L_j si può capire la tipologia del risalto:

$L_j > l \rightarrow$ B-jump

$L_j = l \rightarrow$ C-jump

$L_j < l \rightarrow$ D-jump

VASCHE DI DISSIPAZIONE

VASCHE DI DISSIPAZIONE: problematica

Per vasche di dissipazione si intendono quelle strutture atte a dissipare l'energia della corrente in arrivo, spesso, ma non esclusivamente, attraverso un risalto idraulico.

In presenza di un risalto, per una data portata di progetto, ed eventuali sue variazioni, si tratta di eseguire opera di protezione e finalizzate a fissare la collocazione del risalto.

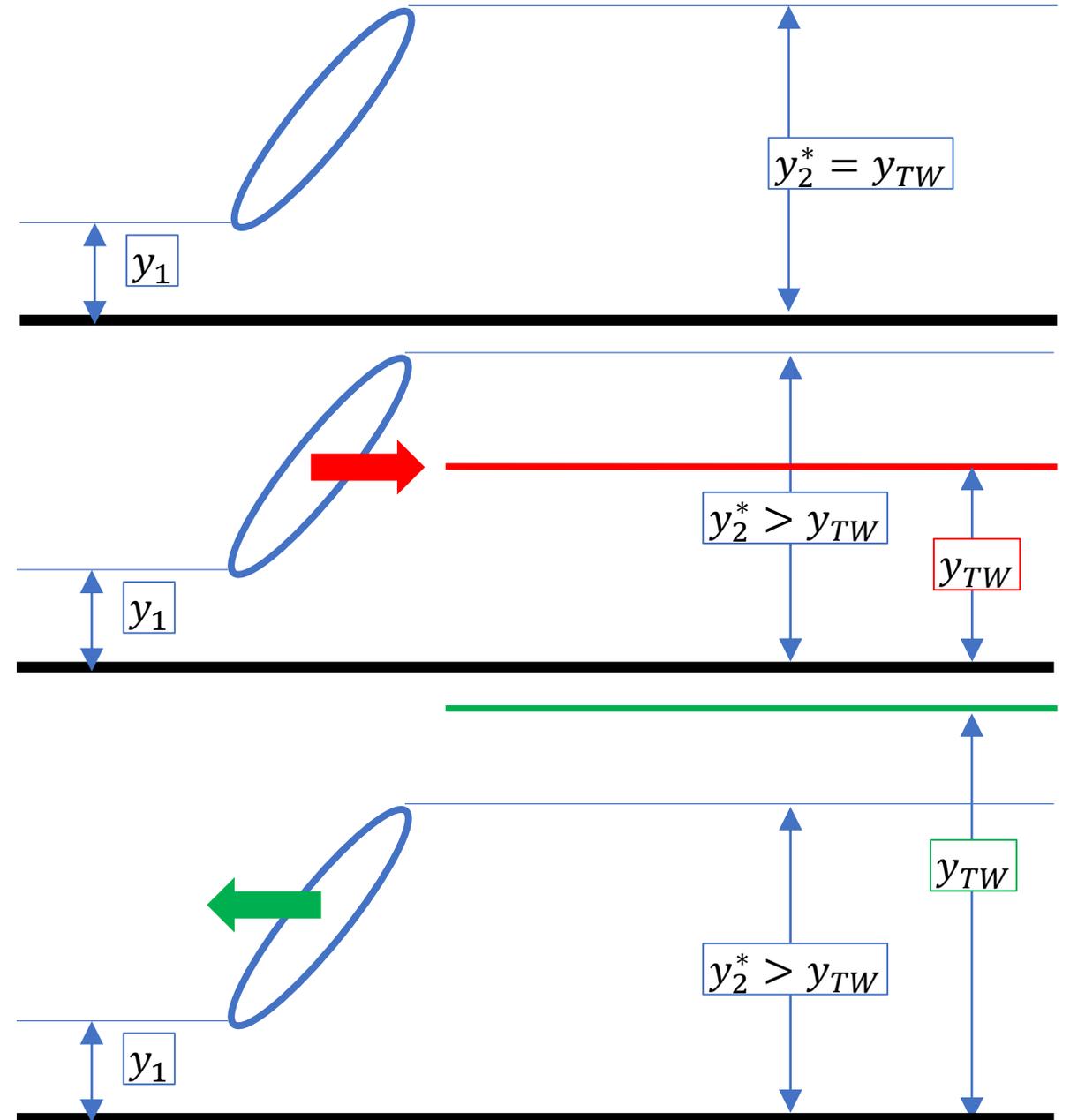
Nell'ipotesi di fondo piatto, data Q_p e y_1 (il tirante in corrente veloce a valle di una struttura), un primo elemento è quello di confrontare l'altezza coniugata y_2^* con l'altezza di valle y_{TW} .

1) Nel caso $y_2^* = y_{TW}$ il risalto risulterà fissato in prossimità della corrente di monte.

2) Se ad esempio $y_2^* > y_{TW}$ la spinta esercitata da valle non è sufficiente a equilibrare la spinta di monte ed il risalto verrà spinto verso valle.

3) Se ad esempio $y_2^* < y_{TW}$ la spinta esercitata da valle è superior alla spinta esercitata da monte ed il risalto verrà spinto verso monte.

La prima condizione è quella ottimale, la seconda è da evitare per la salvaguardia del corso d'acqua a valle, la terza è accettabile col rischio però di affogare il risalto e ridurre la dissipazione



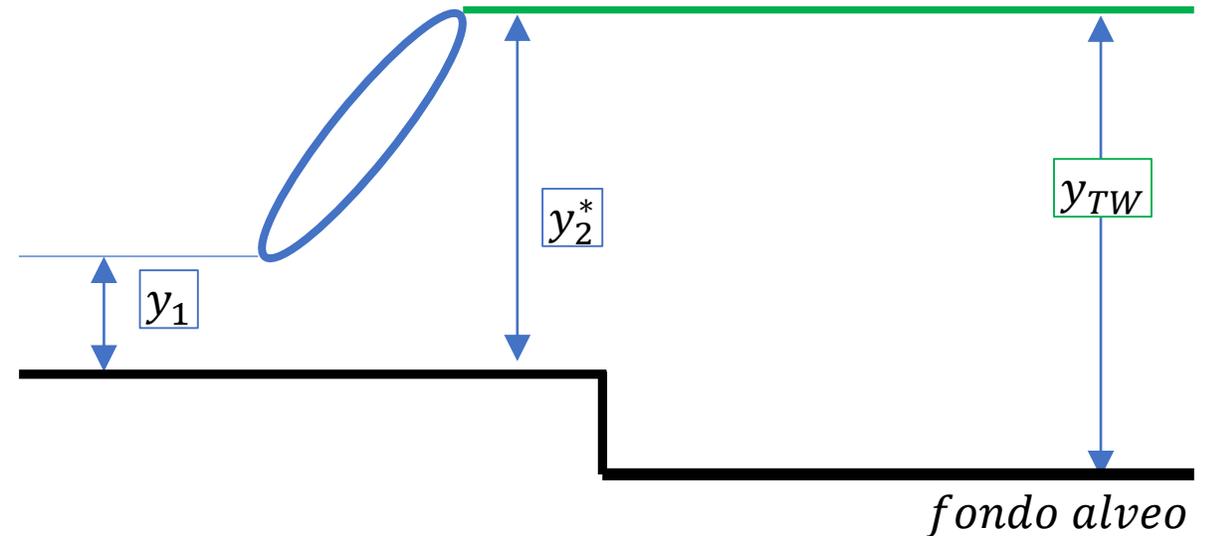
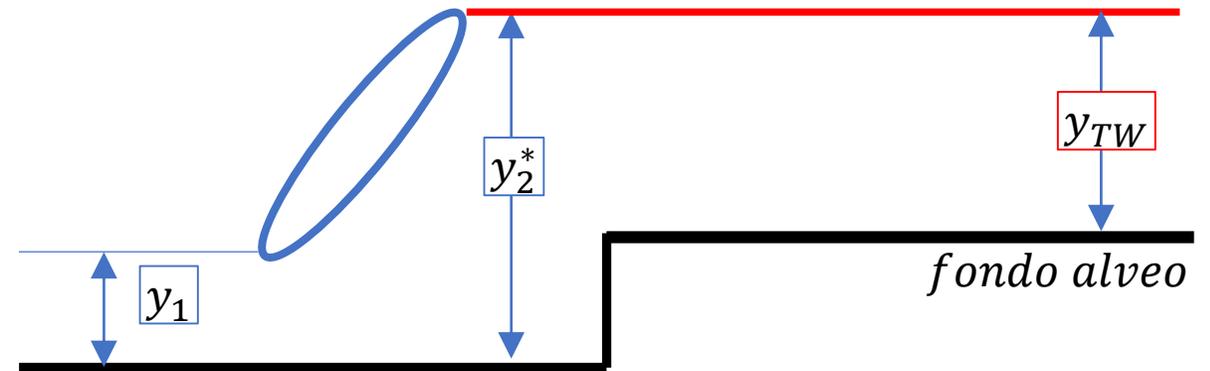
VASCHE DI DISSIPAZIONE: problematica

Un semplice approccio per ovviare alle problematiche evidenziate prima, è quello di ridurre od aumentare la spinta idrostatica di valle agendo sul fondo dell'alveo.

Il caso 2 ad esempio può essere risolto definendo una vasca approfondita rispetto al fondo dell'alveo (si parla di upward facing step) aumentando l'energia specifica.

Il caso 3 ad esempio può essere risolto definendo un sovrizzo rispetto al fondo dell'alveo (si parla di upward facing step) riducendo l'energia specifica.

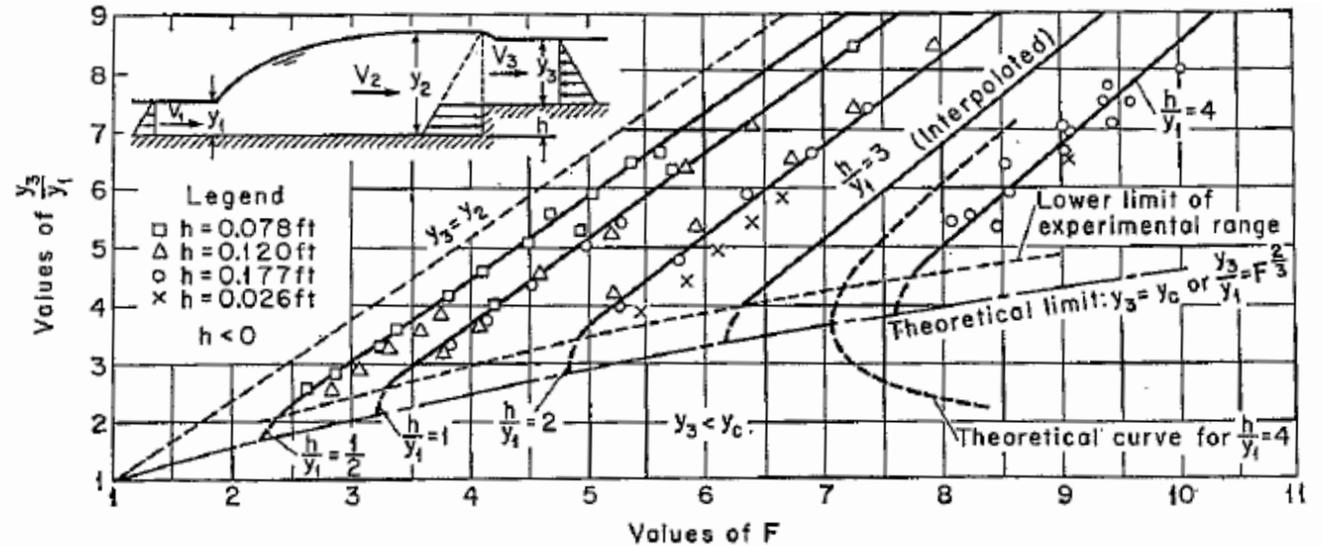
In questa sezione affronteremo i due casi dell'upward e backward facing step, vedremo poi come controllare il risalto con blocchi al fondo, infine verrà fatta una carellata delle standard stilling basin.



VASCHE DI DISSIPAZIONE: upward facing step

Il grafico a destra riguarda le analisi sia sperimentali (simboli) che analitiche (linee) condotte da Forster e Skrinde per la definizione dell'altezza dello scalino h della vasca.

Date le condizioni di monte, in termini di y_1 e del numero di Froude, e quelle di valle, ovvero y_3 la tail water, il punto nel grafico definito dalla coppia Fr_1 e y_3/y_1 incontra la curva h/y_1 costante che permette la definizione di h_{plot} .



Alla condizione y_1, y_3 e h corrisponde un risalto di lunghezza $x=5(h+y_3)$ che si colloca nella vasca appena prima dello scalino.

Per altezze $h' > h_{plot}$ la spinta di valle risulterebbe superior a quella di monte spingendo il risalto verso monte, mentre nel caso contrario il risalto salterebbe la vasca di contenimento.

Le curve analitiche sono ottenute tramite un bilancio dell'energia tra le sezioni 2 e 3, rispetto al fondo della vasca e ipotizzando che in entrambe le sezioni valgano le condizioni idrostatiche.

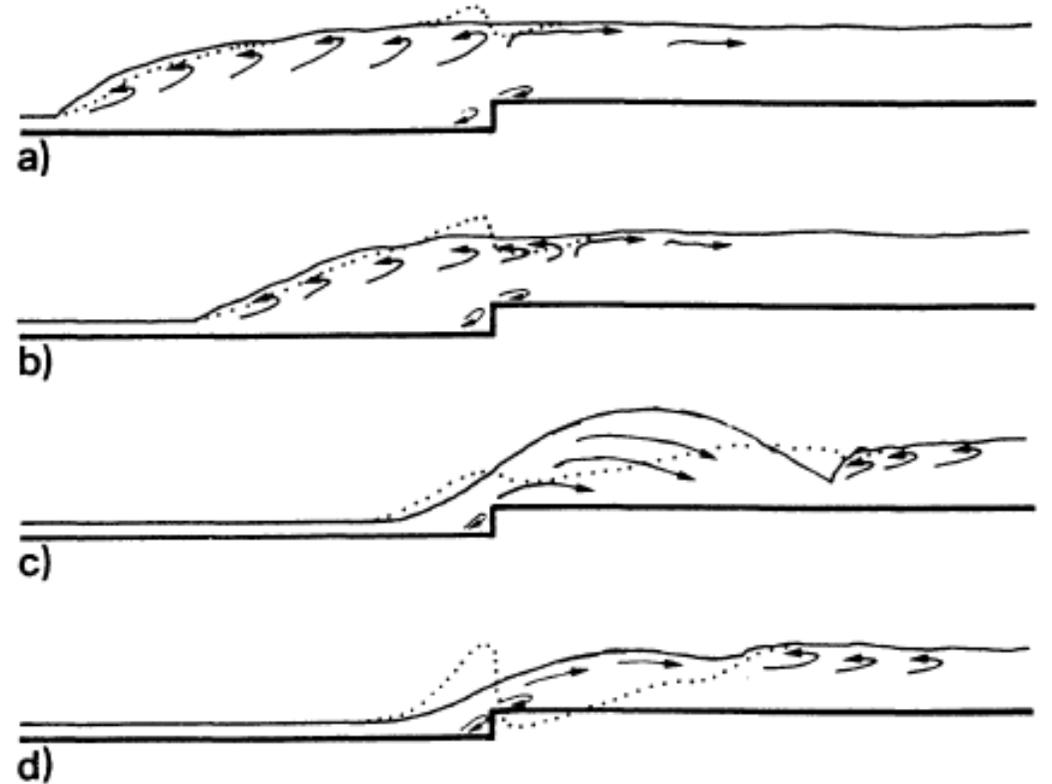
$$y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = y_3 + \frac{V_3^2}{2g} + h + \Delta E$$

Data una portata di progetto, utilizzando la coniugata di y_1 per determinare y_2 e trascurando le perdite di energia si ottiene h

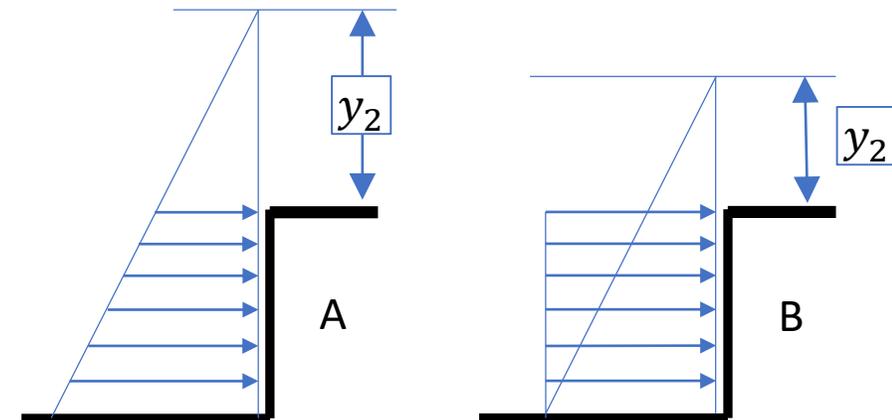
VASCHE DI DISSIPAZIONE: upward facing step

Oltre all'analisi di Forster e Skrinde una trattazione più completa delle condizioni che si possono instaurare si può ottenere a progressive riduzioni della tail water a parità di h :

- Tipo A: il risalto si colloca col roller a ridosso dello scalino
 - Tipo B: ad una riduzione della tail water il roller si colloca sopra lo scalino
 - Tipo C: ad una ulteriore riduzione della tail water la corrente veloce salta la vasca con un'onda ed il risalto si colloca a valle, si parla di wave type flow.
 - Tipo D: per tail water ancora ridotte la corrente rimane veloce saltando il sistema.
- Operativamente sono accettabili le condizioni A e B, mentre C e D vanno evitate.



Per i casi A e B si può procedere con una trattazione analitica basata sulla conservazione della quantità di moto tra la sezione di monte (y_1) e quella di tail water (y_2) ipotizzando condizioni idrostatiche, i due casi si distinguono per come viene trattata la reazione vincolare dello scalino in direzione del moto, dove si può usare una pressione idrostatica per il tipo A, mentre è indicata una condizione di pressione uniforme per il caso B.



VASCHE DI DISSIPAZIONE: upward facing step

Definite in forma adimensionale le quantità h , y_2 e y_2^*

$$H = h/y_1 \quad Y = y_2/y_1 \quad Y^* = y_2^*/y_1$$

Si esprime quindi l'effetto dello scalino in termini di un'altezza ΔY che permette di compensare il difetto tra Y e Y^*

$$Y = Y^* + \Delta Y$$

Per i due casi

$$\Delta Y_A = -\frac{H}{1 + \frac{\sqrt{2}H}{Fr_1}} \quad \Delta Y_B = -\frac{H}{1 + \frac{H}{\sqrt{2}Fr_1}}$$

Si fa osservare che i ΔY sono negativi

VASCHE DI DISSIPAZIONE: backward facing step

La configurazione con il backward facing step è utile nel caso di un'eccessiva spinta da valle che porterebbe il risalto verso monte col rischio di affogarlo, in questo caso lo scalino rappresenta un sovrizzo rispetto al corso d'acqua e si possono identificare 5 condizioni di funzionamento in relazione alla tail water. L'inefficacia del sistema si ha per le condizioni 1 e 5 ovvero:

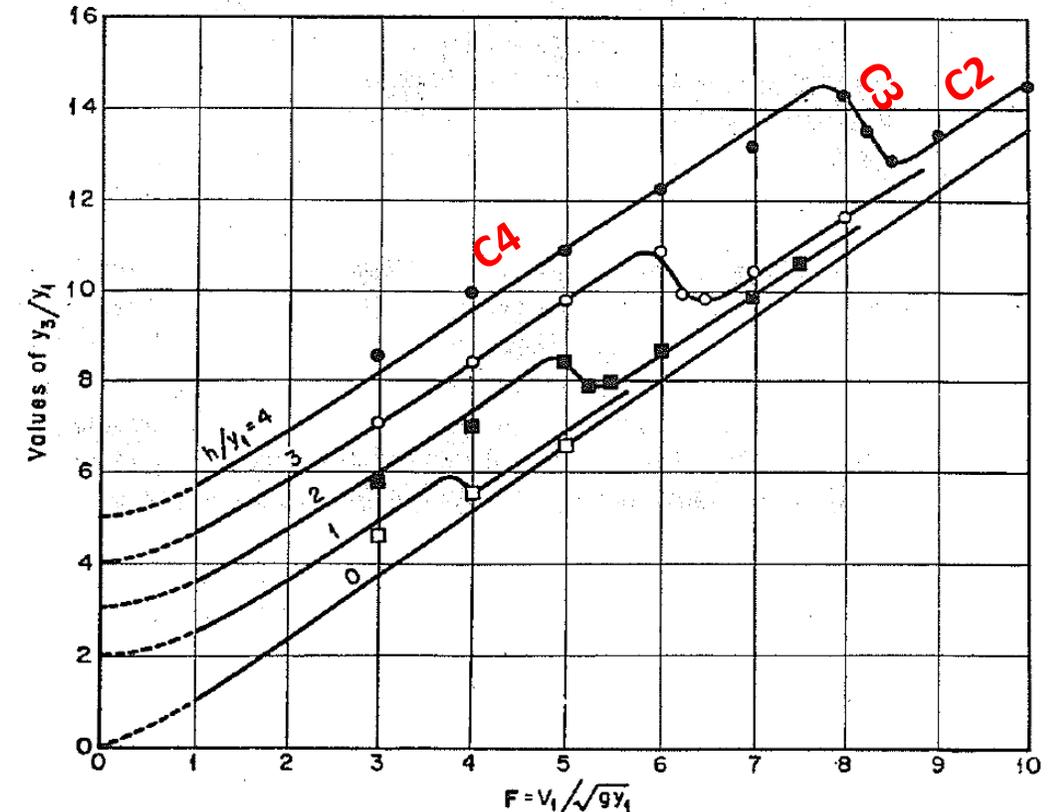
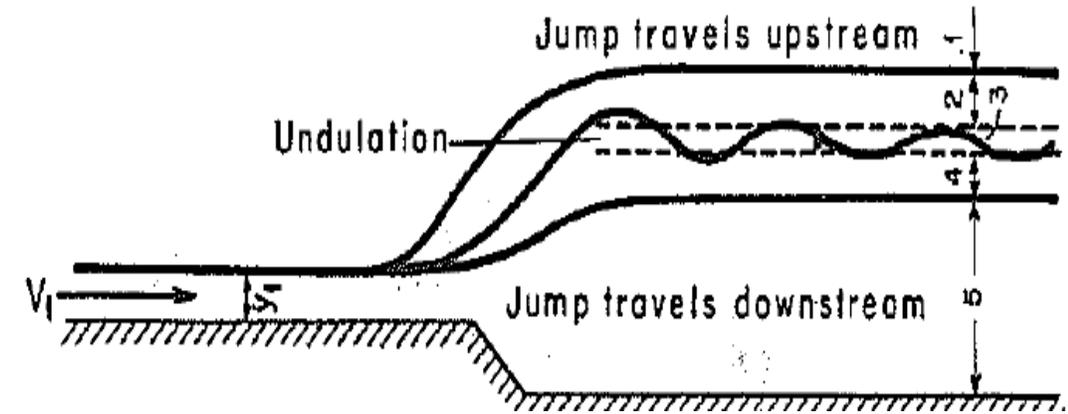
- Condizione 1: la spinta di valle è tale da spingere il risalto verso monte
- Condizione 5: la spinta di valle è insufficiente a contenere il risalto e questo è spinto verso valle.

Le condizioni operative sono la 2 e la 4:

- Condizione 2: il risalto si trova appena a monte dello scalino
- Condizione 4: il risalto si trova sullo scalino o immediatamente a valle.

La condizione 3 rappresenta poi una situazione di transizione tra C2 e C4 ed è caratterizzato da un moto ondulatorio.

Il grafico a destra mostra dei risultati sperimentali (simboli) e delle curve analitiche (linee) ricavate utilizzando l'eq. di continuità e la conservazione della q.d.m.; il grafico è utilizzabile per definire, noto il Fr e le condizioni di valle e monte l'altezza dello scalino, in relazione alla curva h/y_1 incontrata. Partendo da in basso a sinistra e risalendo la curva si hanno le condizioni 4, 3 e 2 rispettivamente



VASCHE DI DISSIPAZIONE: backward facing step

Nel grafico a destra, le precedenti condizioni 2 e 4 sono riportate in termini di tipo A e B rispettivamente, la condizione limite di utilizzo risulta definita come Bmin, ovvero col risalto che si forma immediatamente a valle dello scalino, valori inferiori di tail water porterebbero il risalto a viaggiare verso valle. Le relazioni tra condizioni di corrente ed altezza dello scalino possono essere ricavate come già detto dall'applicazione della conservazione della quantità di moto, introducendo $Y=y_2/y_1$ e $S=s/y_1$ si ottiene per il tipo A

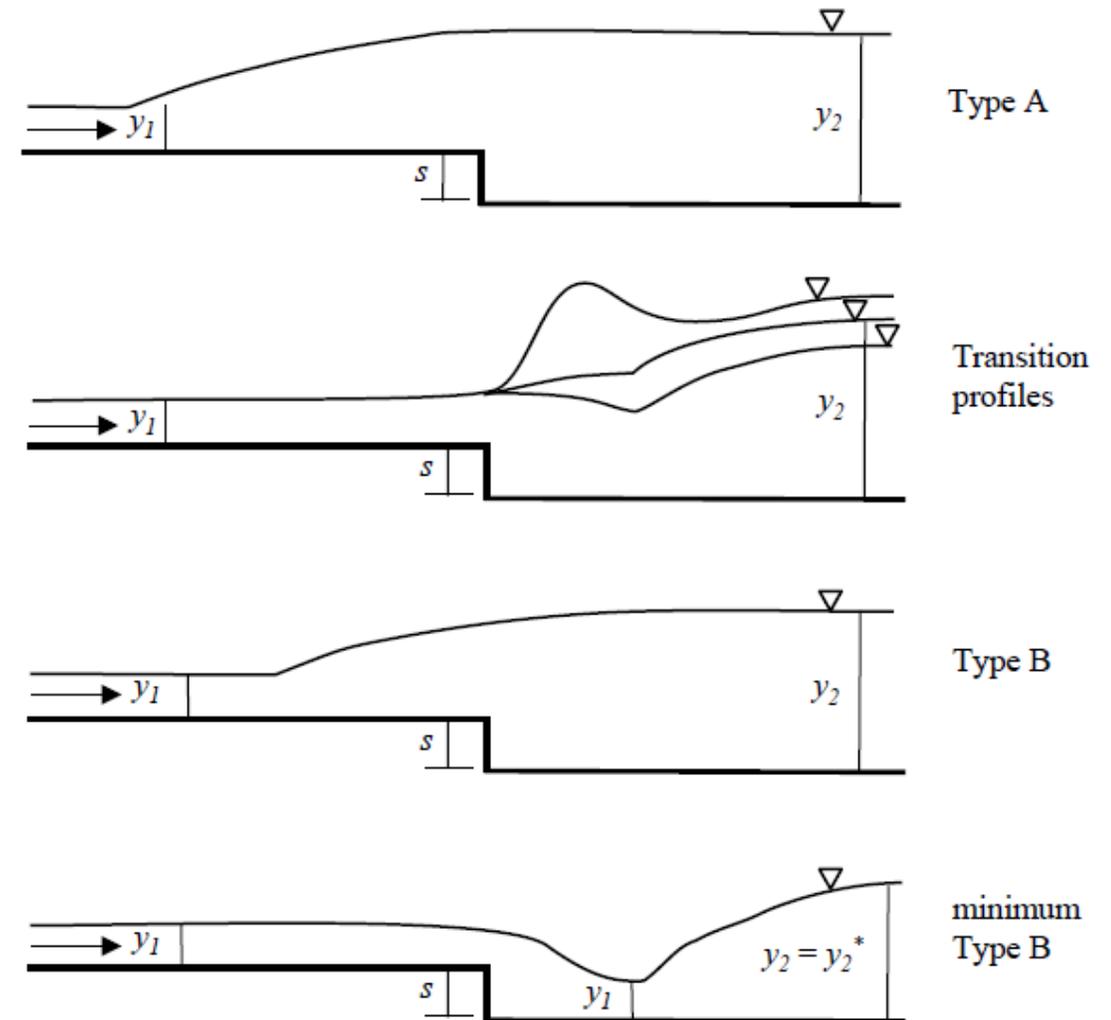
$$Fr_1^2 = \frac{Y[(Y - S)^2 - 1]}{2(Y - 1)}$$

Dove si è considerato una reazione vincolare dello scalino a partire da una pressione idrostatica con altezza y_2 [Hsu 1950], questa equazione rappresenta la curva analitica C2 nel grafico della pagina precedente, mentre per il caso Bmin

$$Fr_1^2 = \frac{Y(Y^2 - S^2 - 1)}{2(Y - 1)}$$

Dove invece la reazione considera una pressione idrostatica di altezza pari ad s , ovvero lo scalino [Hager].

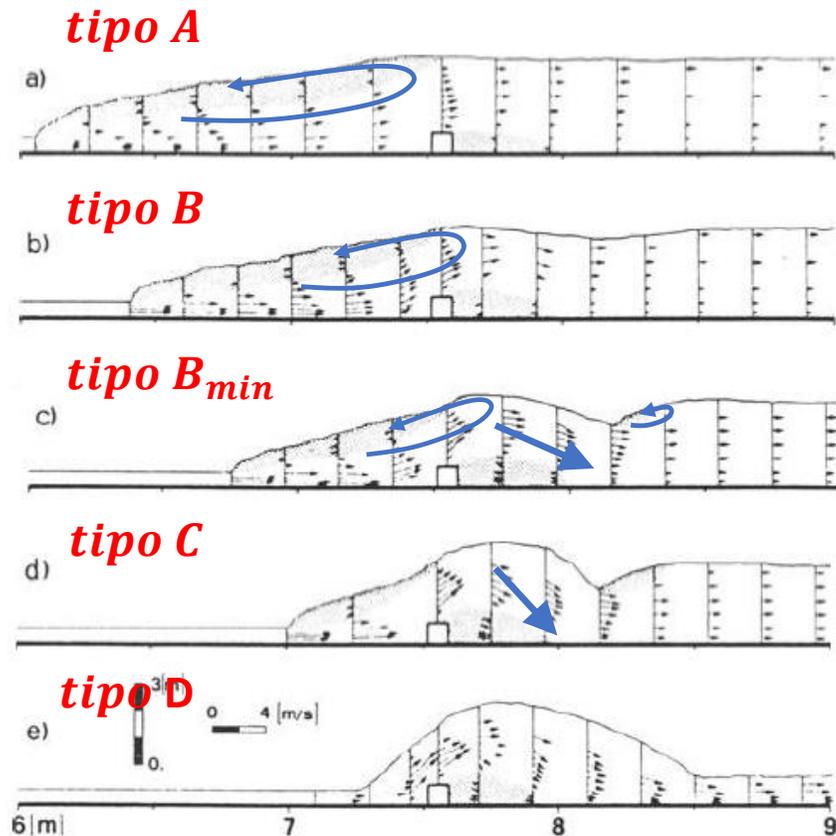
Nota: nella fase di transizione va posta attenzione all'altezza del moto ondulatorio.



VASCHE DI DISSIPAZIONE: sill

Il sill è un ostacolo di fondo che si estende per l'intera larghezza della vasca, il cui scopo è contenere il risalto in condizioni di $y_2^* > y_{TW}$, è meno performante rispetto all'uso di altre soluzioni come i baffle block (qui non trattati se non per le standard stilling basin), ma ha il pregio dell'economicità.

Anche in questo caso si identificano diverse condizioni a mano a mano che si riduce y_{TW} :



Tipo A: il roller è appena a monte del sill.

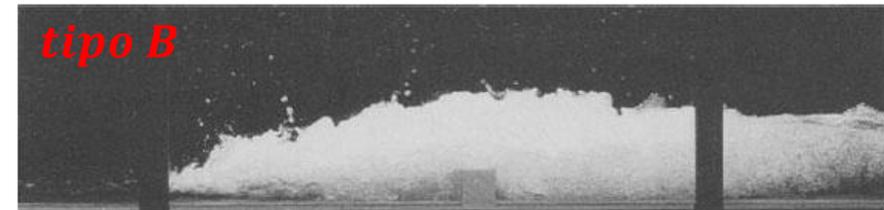
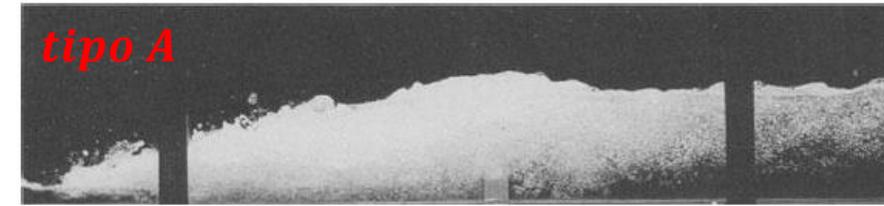
Tipo B: il roller è a cavallo del sill e a valle si forma un'onda stabile

Tipo B_{min}: come il B ma con una rilevante inclinazione della corrente verso il fondo a valle del sill e con la formazione di un secondo roller a valle.

Tipo C: simile al B_{min} ma con caratteristiche pulsanti ed una maggiore deflessione del getto verso il fondo.

Tipo D: wave type, onda scavalca il sill e a valle rimane supercritico.

Le condizioni operative sono da A a B_{min}, ma in quest'ultimo caso, come per il C, la deflessione del getto può dare fenomeni di erosione.



VASCHE DI DISSIPAZIONE: sill

Data L_s la distanza dal piede del risalto al sill, h la sua altezza e L_r^* la lunghezza del roller su fondo piatto, si definiscono le seguenti quantità adimensionali:

$$Y = \frac{y_{TW}}{y_1} \quad Y = \frac{y_2^*}{y_1} \quad H = \frac{h}{y_1} \quad \lambda = \frac{L_s}{L_r^*}$$

In modo analogo al caso dell'upward facing step, si può esprimere l'effetto del sill in termini di un'altezza ΔY che permette di compensare il difetto tra Y e Y^* e fissare il contenimento del risalto.

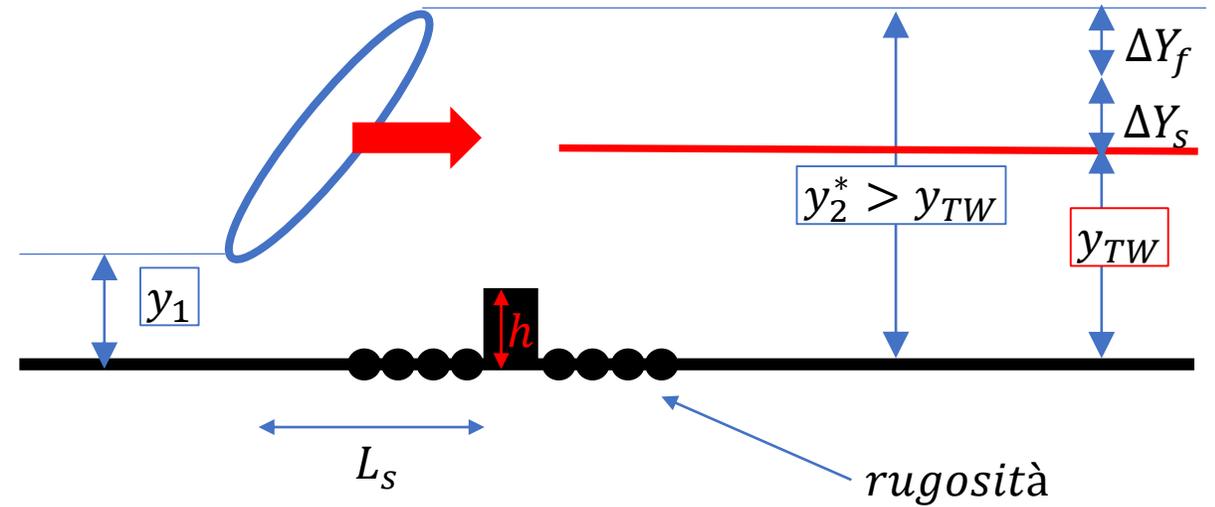
$$Y = Y^* - \Delta Y_f - \Delta Y_s$$

Dove ΔY_f , per una trattazione generale, rappresenta gli effetti della rugosità del fondo, mentre ΔY_s riguarda il sill [Hager e Li], e:

$$\Delta Y_s = f(H, \lambda)$$

Il dimensionamento richiede una procedura iterativa fissando ad esempio l'altezza del sill e verificando la validità di alcune condizioni al contorno, ad esempio che l'altezza del sill non porti a condizioni di sharp crested weir.

Per dettagli si rimanda alle lezioni e alle relative note.



VASCHE DI DISSIPAZIONE: standard stilling basin

Le standard stilling basin sono una serie di vasche predefinite, in termini di dimensioni, ampiamente verificate attraverso prove sperimentali e pratiche, la maggior parte delle quali ad opera dello U.S.B.R.

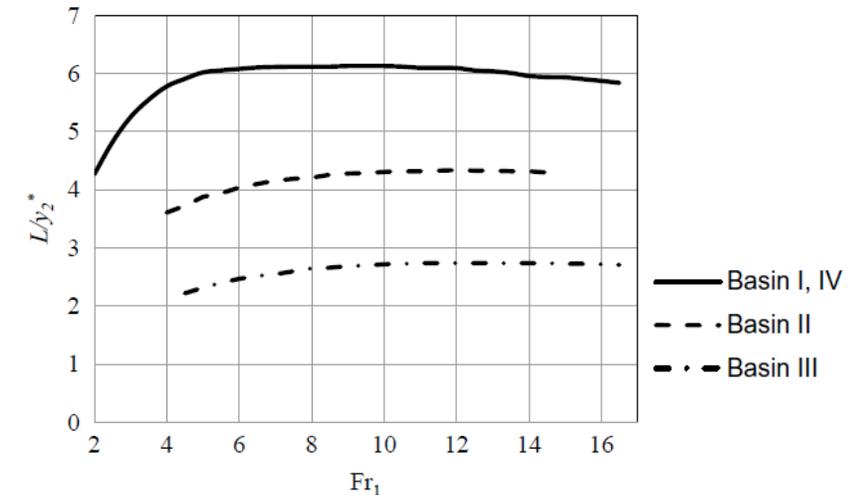
Sono caratterizzate dalla presenza di elementi come i chute blocks, baffle blocks e sill, sebbene non sempre presente nella loro totalità.

Questo tipo di vasca ha il pregio tra l'altro di ridurre le dimensioni del risalto e quindi della vasca, come si può osservare dal grafico sottostante in basso a destra.

Nella tabella sottostante si riportano i codici delle vasche ed alcune indicazioni di utilizzo in relazione ad un range per il numero di Froude.



Codice Vasca	Fr1 min	Fr1 max	Utilizzo
USBR type II	4.5	-	Grandi impianti con grande carico di monte
USBR type III	4.7	17	Piccole strutture
USBR type IV	2.5	4.5	Basso carico
GEORGE 78	2	6	
SAF	1.7	17	Piccole strutture



Nota: La USBR type I è per convenzione una semplice vasca a fondo piatto

VASCHE DI DISSIPAZIONE: standard stilling basin

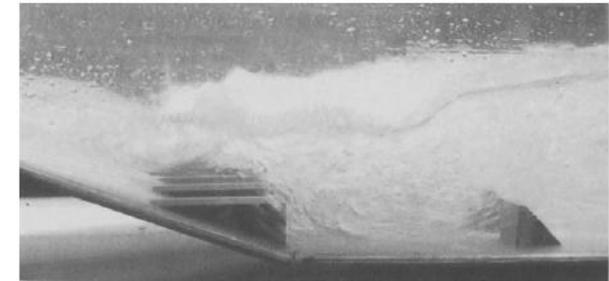
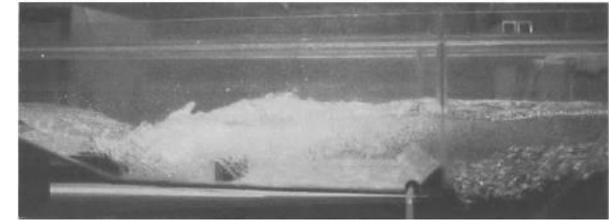
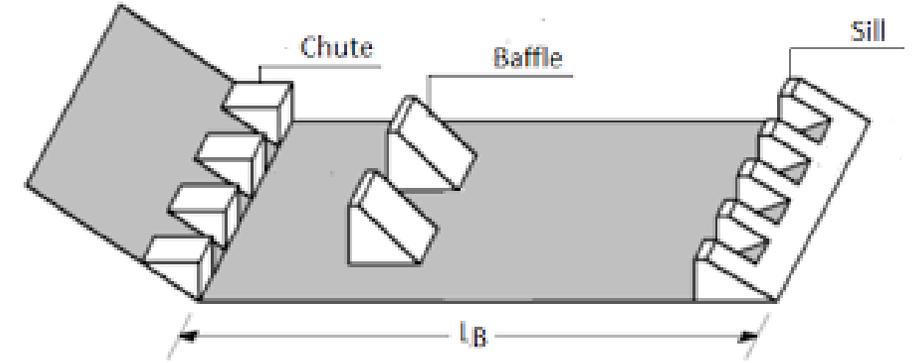
Chute blocks: hanno lo scopo di sezionare la corrente in arrivo, stabilizzandola e indirizzandola verso i baffle blocks (se presenti), come anche areare la corrente nella parte superiore.

Baffle block: aumentano la dissipazione dell'energia per impatto e induzione di moto turbolento riducendo le dimensioni del risalto.

Sill: stabilizzano eventuali moti ondosi e proteggono da possibile erosione la vasca dal lato del corso d'acqua.

E' importante utilizzare queste strutture in situazioni di clear water (senza trasporto di materiale di fondo e sospeso) e senza trasporto di piante/rami per evitare deposizioni e occlusioni che inficerebbero il funzionamento della vasca.

Nel caso di velocità elevate non vanno inseriti i baffle block in quanto potrebbero essere soggetti a cavitazione.



VASCHE DI DISSIPAZIONE: standard stilling basin

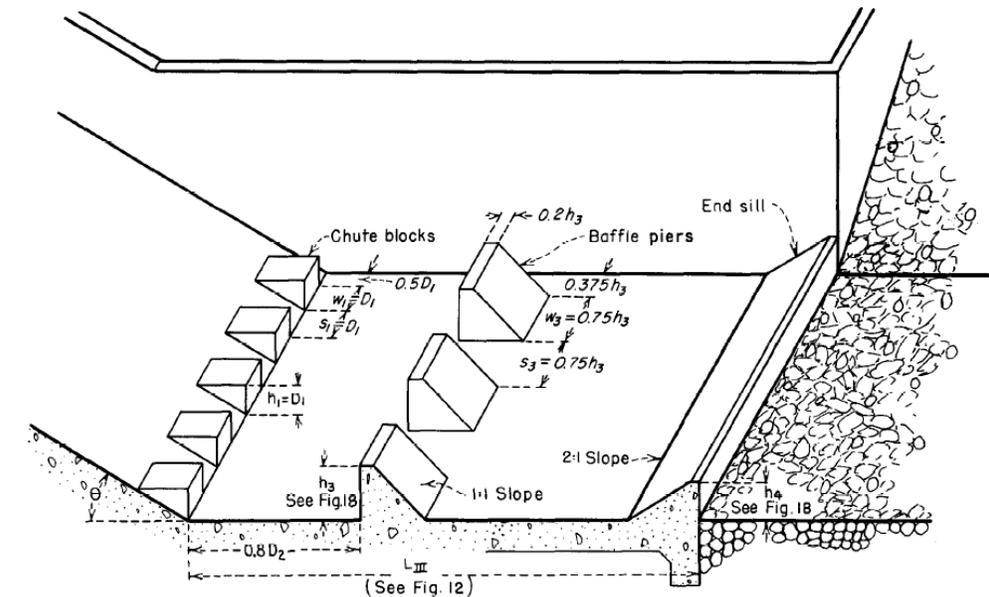
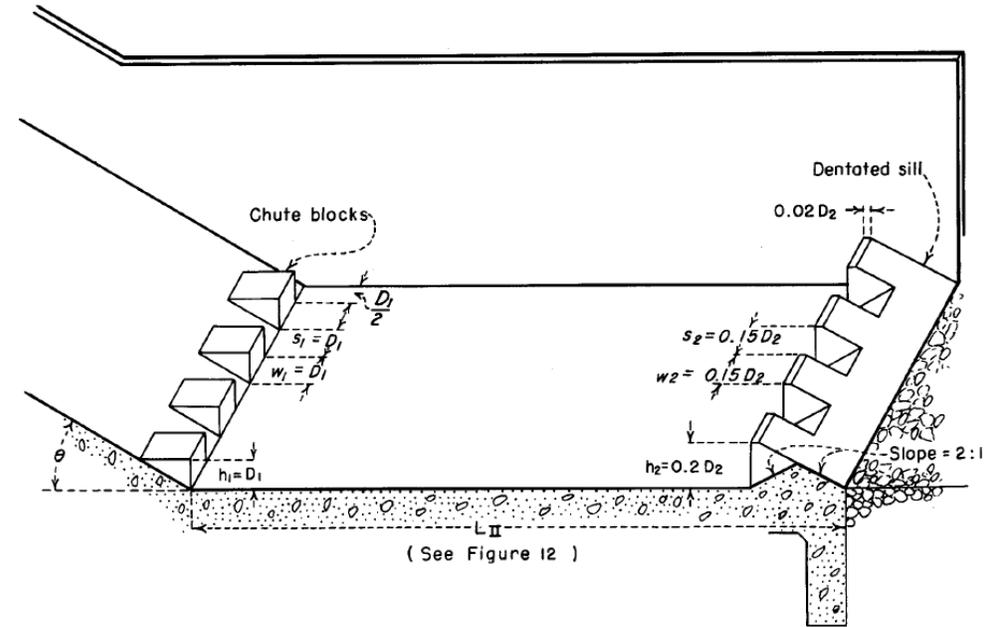
USBR TYPE II

Portata massima per unità di larghezza 45 m²/s

USBR TYPE III

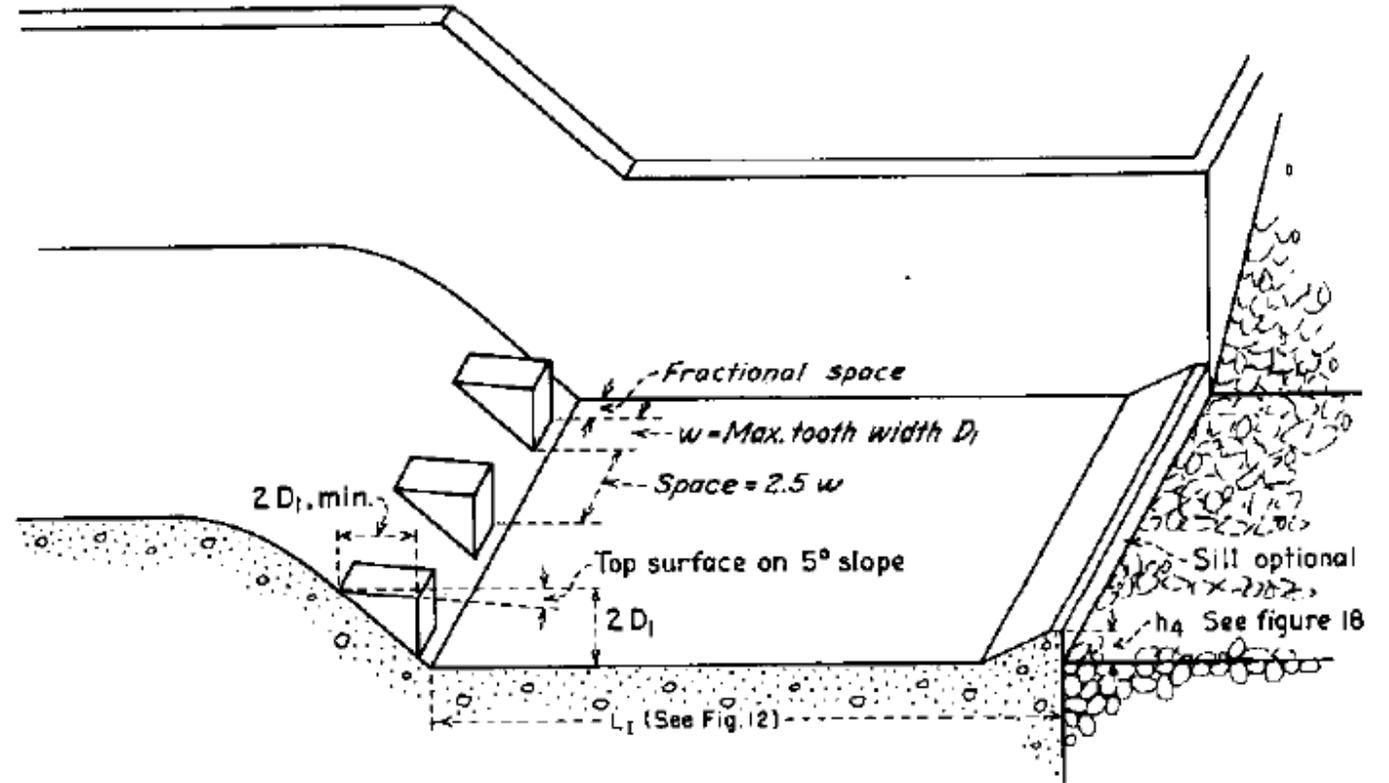
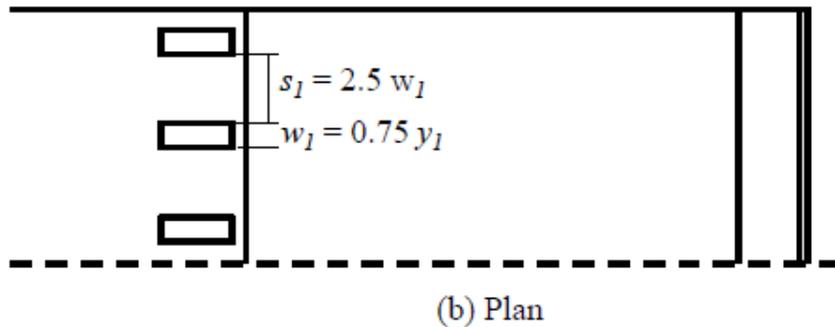
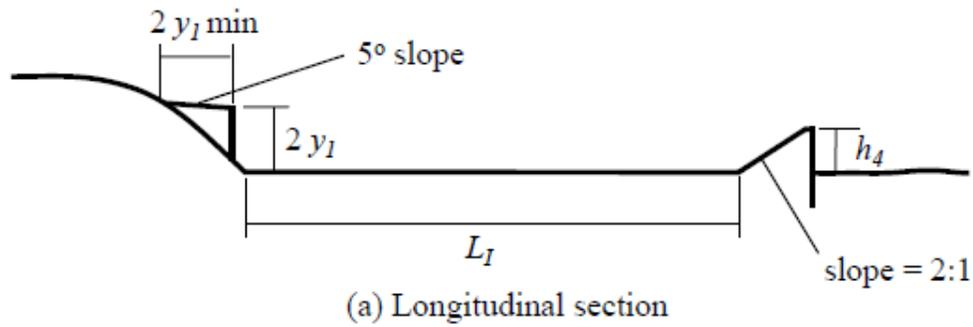
Portata massima per unità di larghezza 18.6 m²/s e velocità massime 18.3m/s

$$h_3 = y_1(0.168Fr_1 + 0.58)$$



USBR TYPE IV

Non riduce le dimensioni della vasca, ma permettono di stabilizzare il moto ondoso associato al numero di Froude



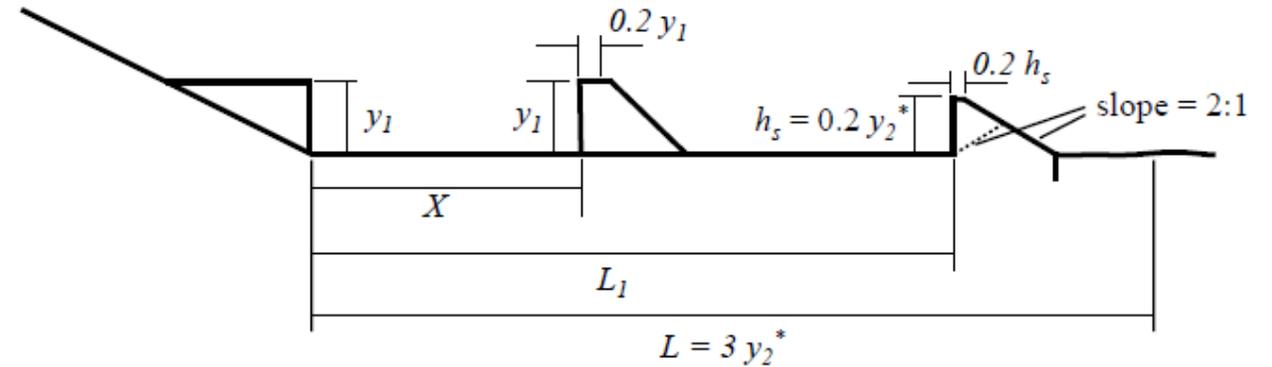
VASCHE DI DISSIPAZIONE: standard stilling basin

GEORGE

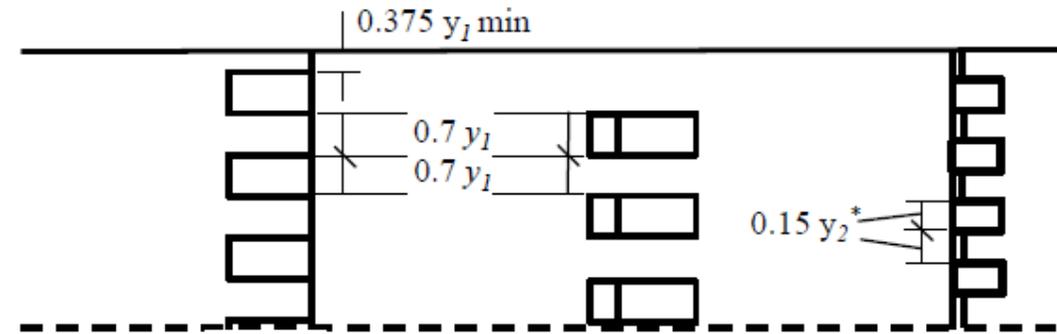
Alternativa alla USBR TYPE IV, riduce le dimensioni vasca

$$\frac{x}{y_2^*} = 2.65 Fr_1^{-0.69}$$

$$\frac{L_1}{y_2^*} = 3.5 - 0.3 Fr_1$$



(a) Longitudinal section

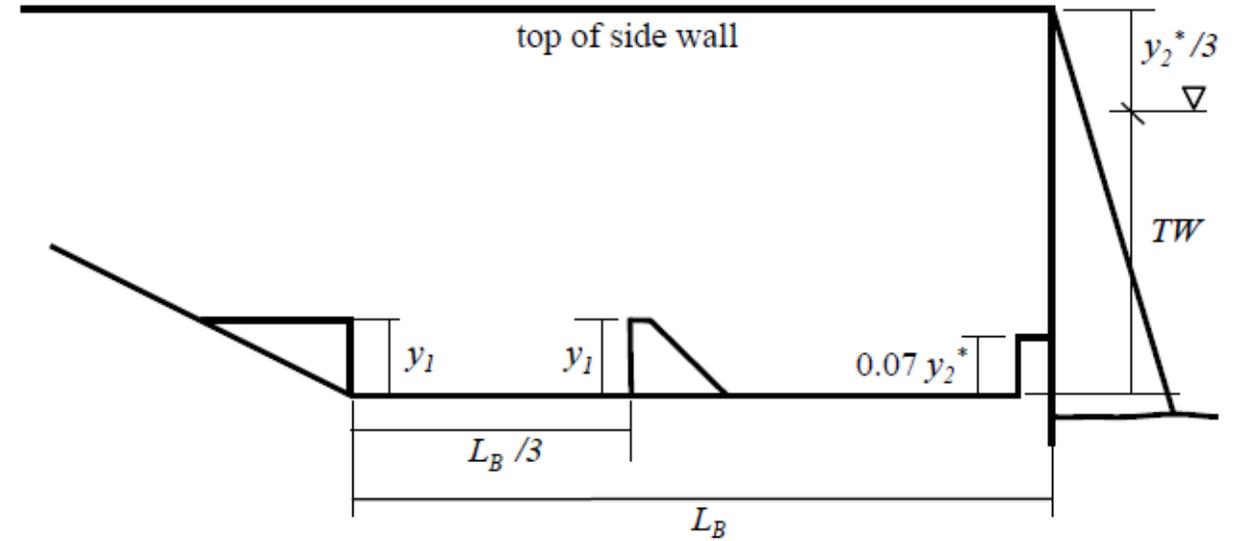


(b) Plan

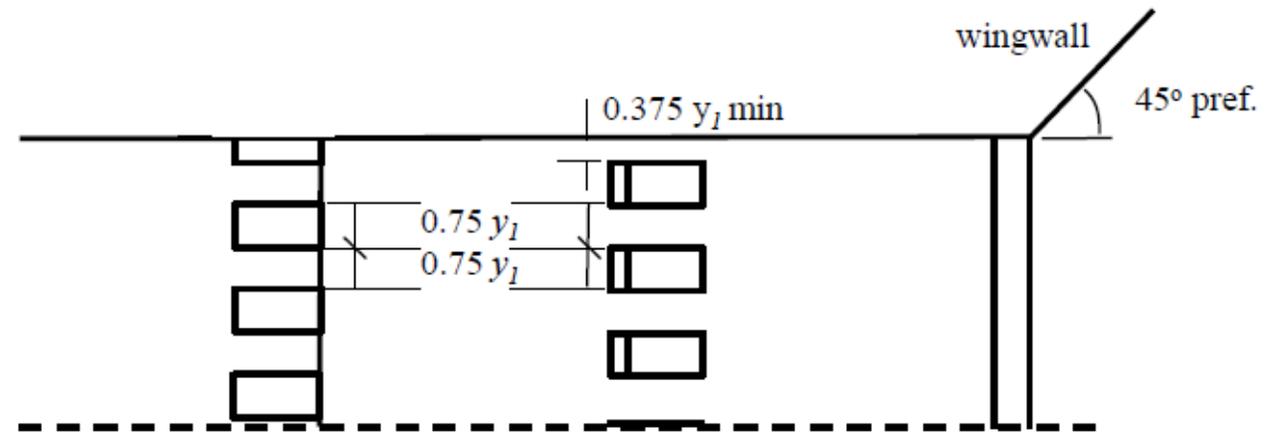
VASCHE DI DISSIPAZIONE: standard stilling basin

SAF

$$L_B = \frac{4.5y_2^*}{Fr_1^{0.76}}$$



(a) Longitudinal section



(b) Plan