

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO  
II”  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA



*CORSO DI LAUREA IN  
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO*

**METODI DI LOCALIZZAZIONE DEL RISALTO IDRAULICO**

RELATORE

Ch.mo Prof. Ing. Riccardo Martino

CANDIDATO

Granzio Luca  
Matr. 518/386

ANNO ACCADEMICO 2010/201

Le correnti idriche a pelo libero sono tutte quelle correnti la cui superficie superiore si trova a contatto con un gas a pressione atmosferica, che generalmente è l'aria, quindi tutti corsi d'acqua naturali o di origine antropica possono essere ragionevolmente considerati come possibile oggetto di questo studio.

Il lavoro di tesi comincia con una parte iniziale dedicata ad introdurre brevemente il tema delle correnti a pelo libero, necessaria per la conoscenza preliminare della terminologia che concerne il risalto idraulico e dei meccanismi che regolano il fenomeno.

Le correnti a cui si fa riferimento sono quelle lineari, in modo tale da poter considerare il moto essenzialmente rettilineo e poter così trascurare le eventuali curvature nella traiettoria del fluido; si ipotizza altresì che le pendenze siano piccole, in modo tale da avere sezioni trasversali della corrente approssimabili a piani verticali. Queste ipotesi consentono di poter identificare il profilo del pelo libero come “linea piezometrica della corrente”, e di associare ad essa una “linea dei carichi totali” che si ottiene riportando verticalmente sopra ogni punto della piezometrica un segmento di lunghezza pari all'altezza cinetica ( $\alpha \frac{v^2}{2g}$ ).

Facendo un breve focus sulle leggi che regolano il moto uniforme, è stato visto come nelle correnti a pelo libero esso si verifichi solo per via asintotica, a differenza delle condotte in pressione per le quali il verificarsi di tale moto è la regola. Successivamente si è passato ai metodi di tracciamento dei profili di corrente, in particolare:

- il metodo delle differenze finite per la determinazione dei  $\Delta s_i$  relativi a dei valori di altezza  $h_i$  noti;
- il metodo per tentativi atto a determinare dei valori  $h_i$  tali che una volta noti

$$\Delta s_i \text{ si trovi } \Delta s = \frac{\Delta H}{i - J}.$$

Per prima cosa si suddivide l'alveo in un numero di intervalli tale che il tracciamento del profilo sia il più agevolato possibile, in questo modo per ogni sezione  $s_i$  avremo un'altezza  $h_i$ . Ogni altezza differisce dalla successiva per una certa quantità  $\Delta h$  (che non è detto sia sempre la stessa), per ognuna di esse possiamo calcolare la corrispondente energia specifica  $H_i$  tramite l'equazione di Bernoulli, e quindi le differenze  $\Delta H_i$  relative a ciascun intervallo  $h_i - h_{i+1}$  a partire dall'intervallo più vicino alla sezione in cui è nota l'altezza  $h^*$ ; si calcola inoltre la perdita di carico  $J$  media tra le due perdite di carico relative alle due altezze estreme dell'intervallo considerato, ricavate tramite l'equazione di Chézy  $J = \frac{V_i^2}{c^2 R_i^{\frac{4}{3}}}$ . La differenza tra la

pendenza  $i$  e la cadente  $J_m$  così calcolata costituirà il denominatore della formula  $\Delta s = \frac{\Delta H}{i - J}$ , dalla quale si deducono le differenze  $\Delta s_i$ , che rappresentano le

lunghezze dei tronchi di corrente lungo i quali le altezze variano dei prestabiliti  $\Delta h_i$ . Dopo questo excursus prettamente analitico sui metodi per il tracciamento dei profili di corrente, si è poi introdotta la questione del passaggio da corrente veloce a corrente lenta, specificando come esso non possa avvenire in modo continuo, e come, invece, la transizione avvenga in modo improvviso e fortemente dissipativo attraverso il cosiddetto *risalto idraulico*. Il risalto idraulico o salto di Bidone, consiste in un innalzamento del pelo libero, è un fenomeno molto frequente nelle correnti a pelo libero che si associa alla formazione di un vortice ad asse orizzontale, che si presenta schiumeggiante e capace di dissipare al suo interno notevoli quantità di energia. Questo fenomeno, può essere considerato come un'onda stazionaria, che si sposta verso monte con la stessa velocità della corrente di valle e che, frangendo continuamente, non contribuisce alla portata sottraendo energia al moto.

Dopo una breve panoramica sulle diverse tipologie di risalto si è proceduto ad analizzare il fenomeno da un punto di vista analitico. Data la natura dissipativa del fenomeno, non sussiste l'applicabilità del teorema di Bernoulli, considerando però l'invariabilità della portata e della quantità di moto, è possibile applicare l'equazione globale dell'idrodinamica. La risoluzione consiste nell'applicazione dell'equazione nel senso del moto al tronco di corrente compreso fra le sezioni individuate da  $h_1$  (altezza di corrente veloce) e  $h_2$  (altezza di corrente lenta). Si considereranno soltanto

i termini della spinta  $\Pi_i$  e della quantità di moto delle masse  $M_i$  relativi alle sezioni in esame:

$$\Pi_1 + M_1 = \Pi_2 + M_2$$

La somma di questi due termini è detta spinta totale  $S$  della corrente. Nel caso di sezione rettangolare la spinta totale vale quindi:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot Bh^2 + \rho \frac{Q^2}{Bh}$$

La parte applicativa ha previsto la ricerca della sezione in cui il risalto avviene secondo due metodologie:

- La prima ha preso in considerazione le due altezze  $h_1$  e  $h_2$  delle sezioni che delimitano il risalto, che sono dette “altezze coniugate”. Dalle due equazioni precedenti, risulta:  $S_1 = S_2 \longrightarrow \frac{Bh_1^2}{2} + \frac{Q^2}{gBh_1} = \frac{Bh_2^2}{2} + \frac{Q^2}{gBh_2}$ . Qualunque delle due altezze coniugate sia nota si ricava l'altra, ottenendo così la curva luogo del risalto, il cui punto d'intersezione con il profilo di corrente determina la sezione del risalto. Si è verificata altresì la corrispondenza del punto d'intersezione al variare della curva coniugata scelta (curva coniugata di corrente veloce o corrente lenta).
- La seconda ha preso in considerazione la quantità fittizia  $(S + z_f)$ , si è tracciato il diagramma della funzione  $(S + z_f)$  al variare di  $h$ , sia per la corrente veloce che per quella lenta, il punto d'intersezione tra i due diagrammi determina la sezione in cui avviene il risalto.

Il caso applicativo ha riguardato, sostanzialmente, il tracciamento del profilo per una corrente defluente in un alveo di forma rettangolare, suddiviso in tre tratti, ognuno con una pendenza e lunghezza note ma diverse fra loro. Tutti i calcoli e i diagrammi sono stati eseguiti mediante l'utilizzo di un foglio di calcolo Excel. Dopo aver calcolato la portata, l'altezza critica e dopo aver valutato la tipologia di alveo (a debole o a forte pendenza), si è proceduto al tracciamento del profilo di corrente e all'individuazione della sezione in cui avviene il risalto seguendo le due metodologie. Si è valutata la corrispondenza tra i risultati tracciando i

rispettivi diagrammi, e si è infine tracciato il diagramma relativo alla perdita di carico localizzata nel vortice del risalto a conferma della meccanica dissipativa che si origina in un fenomeno di risalto.