UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

FACOLTÁ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

(CLASSE DELLE LAUREE IN INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE N°8)

TESI DI LAUREA IN

IDRAULICA FLUVIALE

"Dimensionamento di un venturimetro per canali"

RELATORE
Ch.mo Prof.
Ing. Massimo Greco

CANDIDATO

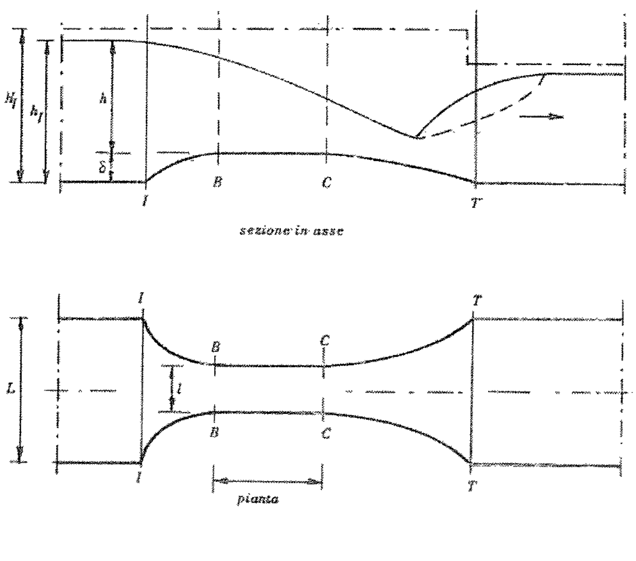
Alessia Castelli Matr.518/511

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

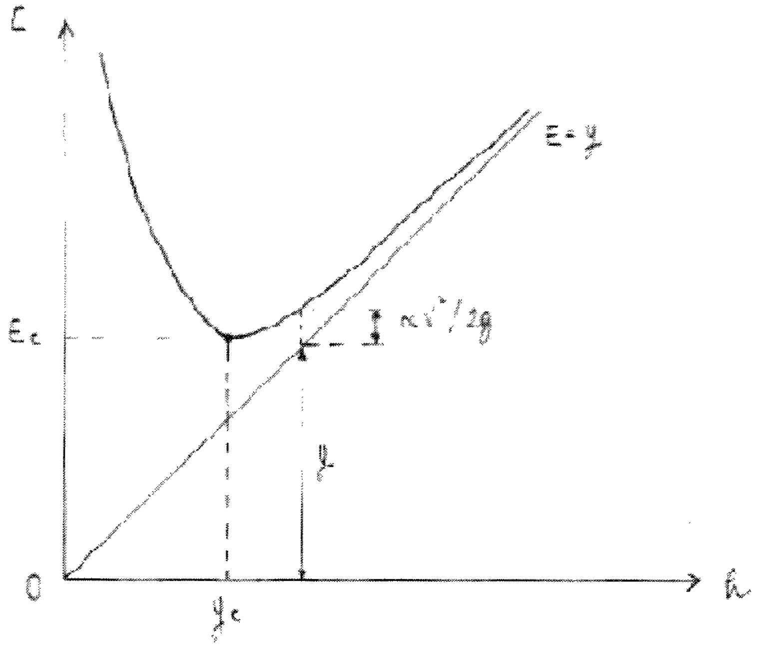
ABSTRACT

Il seguente elaborato di tesi affronta il problema del dimensionamento di un venturimetro per canali, e si sviluppa sino ad includere la verifica del suo *Limite di sommergenza*. Data la complessità dell'argomento e la vastità delle conoscenze che bisogna preventivamente acquisire per il tracciamento dei profili di corrente l'elaborato include una trattazione generale sulle correnti a pelo libero caratterizzate dal fatto che la parte superiore della superficie di contorno non è delimitata da alcuna parete solida, ma da un gas che nel nostro caso è l'atmosfera. Ci si è riferiti al caso delle correnti lineari o gradualmente variate caratterizzate da una curvatura delle singole traiettorie trascurabile e quindi da una distribuzione sensibilmente idrostatica della pressione in ogni sezione trasversale. Lo studio del moto è svolto secondo la *teoria unidimensionale*, che prende in considerazione, cioè, solo una coordinata spaziale: *l'ascissa curvilinea s* misurata lungo una traiettoria.

Il venturimetro per canali viene inserito a seguire un tronco di canale con sezione *II* di area nota. Esso presenta una strozzatura convergente verso una sezione *BB* di area molto minore e il cui fondo è comunemente posto ad una quota maggiore di quello del canale precedente,segue poi un divergente di raccordo alla sezione *TT*, solitamente identica a quella precedente il venturimetro, ma comunque maggiore di quella minima *BB*.



Discutendo il venturimetro per canali si è ovviamente introdotto anche il concetto di stato critico, ossia quello stato in cui, data una certa portata costante,vi corrisponde una certa altezza idrica h_c detta critica in corrispondenza della quale si ha la minima energia specifica per unità di peso, come si può evincere dal seguente grafico:



se infatti la sezione BB è abbastanza ristretta perché in essa la corrente defluisca in stato critico ossia :

$$i - \frac{Q^2}{g\sigma^3} l = 0 \qquad (6)$$

è possibile determinare l'altezza di stato critico h_c e h_b e viceversa noto h_b, e quindi σ ed l, determinare la portata Q. Nel tronco convergente abbiamo una corrente accelerata e minime perdite di carico, è stato dunque possibile applicando il teorema di Bernoulli scrivere che $H_I = \delta + H_{QB}$ dove gli indici B ed I stanno ad indicare che le grandezze, che si riferiscono rispettivamente alle sezioni II e BB. Una volta misurato il tirante idrico h_i, nella sezione II del tronco, si ha :

$$h_I + \frac{Q^2}{2g\sigma_I^2} = \delta + H_{QB}$$

Il valore di h che soddisfa questa relazione si indica con $\mathbf{h_c}$ e si definisce come *tirante di stato critico*. Possiamo allora spiegare lo *Stato Critico* della corrente come quella particolare condizione in cui essa si trova, quando la sua altezza assume il valore critico.

Nel nostro caso di sezione rettangolare il problema è risultato più semplice, poiché si è fatto riferimento ad una portata unitaria q, per unità di larghezza:

$$q = \frac{Q}{B} \tag{5}$$

ed essendo $\Omega = Bh$ ricavo che:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \ . \tag{6}$$

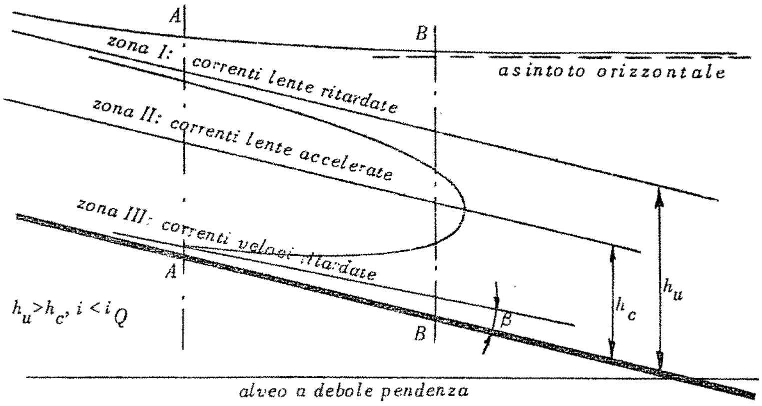
Se nella sezione *BB* si ha stato critico, possiamo dedurre la portata Q dalla misura del tirante idrico h_I , misura che è stata fatta subito prima della chiamata di sbocco del tratto convergente, dove il pelo libero dell'acqua era ancora orizzontale. Bisogna però essere certi che nella sezione *BB* si abbia stato critico, situazione questa, che si verifica allorquando, a valle della sezione *BB*, il pelo d'acqua va continuamente abbassandosi, o se si forma risalto. La presenza di quest'ultimo infatti, dimostra che tra la sezione *BB* e il risalto c'è corrente veloce e pertanto le condizioni di valle non hanno influenza su quanto accade su in *BB*. Nel venturimetro il livello dell'acqua può salire anche notevolmente al di sopra del fondo del tronco di controllo senza che la scala di deflusso $Q(h_I)$ venga modificata, con la possibilità talvolta, che il tronco di controllo possa essere sommerso. Basta che sia visibile il risalto. La massima quota che il pelo d'acqua può assumere nel tronco a valle della sezione *TT*, terminale del divergente, è chiamata *Limite di sommergenza* e può assumere valori dell'ordine di 0,7 l'altezza di stato critico relativa alla sezione BB (h_c), nell'ipotesi che resti invariata la portata Q .

Nell' elaborato si e' quindi proceduto a dimensionare il venturimetro per canali con i seguenti dati di progetto :

i	Kst($m^{1/3}$/s)	B(m)
0,001	55,000	3,000

ottenendo nella sezione di misura, rispettivamente, con una portata *Q*= 0,7 m^3/s , un tirante idrico *h* di 1,30 m , e per una portata *Q*= 5 m^3/s un tirante idrico *h* di 2,30 m. Successivamente si e' verificato il rispetto della condizione di limite di sommergenza prima detta. Infine, confrontando i valori di tirante h_c e h_u , essendo il tirante di moto uniforme maggiore del tirante di stato critico, si evince che l'alveo è a debole pendenza. Allo stesso modo si è proceduto

per la portata Q = 5 m^3/s , definendo anche in questo caso,un alveo a debole pendenza, dato che il tirante di moto uniforme pari a 1,216 m , calcolato sempre con Gauckler-Strickler , è risultato maggiore del tirante di stato critico pari a 0,657m . Per entrambe le portate assegnate, facendo riferimento ai profili di corrente per un alveo a debole pendenza, visto che il tirante assegnato da progetto, h_f 1,30 m per la portata di 0,7 m^3/s, è risultato addirittura superiore di quello di moto uniforme 0,305m , significa che il profilo di corrente, come successivamente è stato poi calcoltato assumerà un andamento simile al profilo di corrente della zona I di *corrente lenta ritardata*. Stesso ragionamento lo si fa per la portata Q=5 m^3/s cui corrisponde da progetto un tirante di 2,30 m molto maggiore del tirante di moto uniforme calcolato pari a 1,216 m e dunque anche in questa situazione ci si riferisce ad una *corrente lenta ritardata*.



Dopo aver classificato la corrente (se lenta o veloce) e la pendenza dell'alveo, in base ai dati a nostra disposizione e in base alle formule $h_c = \sqrt[3]{\dfrac{Q^2}{gB^2}}$ per il calcolo del tirante di stato critico, e di Gauckler –Strickler $Q = k_{st}\sigma(h)R^{\frac{2}{3}}i^{\frac{1}{2}}$ per la valutazione del tirante di moto uniforme h_u, si è proceduto al tracciamento del profilo di corrente nel tratto di monte per le 2 portate Q= 5 m^3/s e Q= 0,7 m^3/s , sfruttando il *metodo alla differenze finite.* Per l'applicazione di questo metodo conviene scrivere l'equazione(1), in termini di incrementi finiti:

$$\Delta s = \frac{\Delta E}{i_f - J} \quad (1)$$

Si è suddiviso l'altezza del rigurgito in un sufficiente numero di parti $\Delta h_i = h_i - h_{(i-1)}$, e per ogni altezza h_i estreme del singolo intervallo Δh_i si è calcolato attraverso l'equazione $E = H - z_f$ (dove E è data dall' equazione $E = h + \alpha\dfrac{V^2}{2g} = h + \dfrac{\alpha Q^2}{2gA^2}$), le corrispondenti energie specifiche E_i e poi ricavato le differenze ΔE_i per ogni singolo intervallo partendo dal più vicino alla causa perturbatrice. In seguito, nota la i_f, è stata determinata

la cadente J_i da associare al singolo intervallo attraverso la formula di Gauckler-Strickler $Q = k_{st}\sigma(h)R^{\frac{2}{3}}i^{\frac{1}{2}}$, facendo la media aritmetica delle J riferite agli estremi dell'intervallo. Infine attraverso l' equazione $\Delta s = \dfrac{\Delta E}{i_f - J}$ calcolo la differenza Δs_i, ossia la lunghezza del tronco di corrente dove l'altezza idrica varia di Δh_i.

Una volta calcolati i profili di monte delle 2 portate di è proceduto al dimensionamento del tratto ristretto del venturimetro cercando di verificare che le due condizioni di tirante a monte per le due portate individuassero univocamente una coppia (b; δ). Dovendo verificare contemporaneamente le due portate, ipotizzando che tra la sezione di misura II e quella di controllo BB non vi fossero perdite di carico, si è sfruttato la relazione :

$$H_I = H_{QB} + \delta$$

e calcolato rispettivamente nei due casi di Q=0,7 m^3/s e Q=5m^3/s le energie:

$$H_{I(0,7)} = H_{QB(0,7)} + \delta$$

$$H_{I(5)} = H_{QB(5)} + \delta$$

I primi due membri di entrambe le relazioni sono valori noti calcolati in funzione dei tiranti idrici assegnati, mentre ai secondi membri di entrambe compaiono le incognite b e δ. Ma sottraendo membro a membro le equazione si è ottenuta una unica equazione nella sola incognita b:

$$H_{I(0,7)} - H_{I(5)} = H_{QB(0,7)} - H_{QB(5)}$$

Dalla risoluzione di tale sistema, si è ottenuto un valore di b=**1,762** m, e in corrispondenza di tale valore, si è valutato il δ da una delle 2 relazioni su scritte. In definitiva si è ottenuto un valore di δ =**0,922** m.

Successivamente si è poi andato ad effettuare la verifica del *Limite di sommergenza* che consiste nel verificare che la massima quota che il pelo d'acqua può assumere nel tronco a valle della sezione *TT*, terminale del divergente, sia dell'ordine di 0,7 l'altezza di stato critico relativa alla sezione BB *(h_c),* nell'ipotesi che resti invariata la portata Q a parità di h_I , o viceversa. Riferendoci al caso in esame, nella fattispecie si è andato a verificare che il tirante idrico di moto uniforme h_u a valle del tratto divergente, fosse minore di 0,7 h_c .

Sommergenza verifica limite		hlimite(m)	hT(m)
Q=5mc/s	limite →	0,177	0,000
valutato rispetto al fondo del tratto di controllo			

Sommergenza verifica limite		hlimite(m)	hT(m)
Q=5mc/s	limite →	0,656	0,340
valutato rispetto al fondo del tratto di controllo			

Dunque, per entrambe le portata la *Verifica di Sommergenza* è stata soddisfatta.

In seguito, è stato possibile, con un processo inverso, verificare l'esattezza dei tiranti di monte assegnati da progetto,cercando di determinare i tiranti di monte per le 2 portate Q=0,7m3/s e Q=5 m3/s, che mi verificassero la coppia $(b;\delta)$ calcolata , sfruttando in questo caso le seguenti relazioni riferite alla teoria dei venturimetri:

$$Q = \mu b h \sqrt{2gh} \tag{1}$$

Di cui si conosceva la portata Q di progetto e la b calcolata, le incognite che figurano nella relazione sono il coefficiente di efflusso μ e l'altezza del tirante di monte. Essendo 2 incognite, è stato necessario trovare una seconda condizione: il coefficiente di efflusso μ con la seguente espressione:

$$\mu = 2\left(\frac{1}{C}\cos\frac{\pi + \arccos C}{3}\right)^{\frac{3}{2}} \tag{2}$$

espressa in funzione del coefficiente C che dipende direttamente dalle caratteristiche geometriche del venturimetro infatti è pari a :

$$C = \frac{bh}{B(h+\delta)} \qquad (3)$$

Poiché si dispone di queste 3 formule (1), (2) e (3) legate fra loro indirettamente dallo stesso parametro geometrico h , si è imposto nel foglio Excel di trovare quel valore di tirante idrico che verificasse, nella formula (1) su scritta, una uguaglianza di portata pari, nel primo caso, pari a 0,7 m^3/s, e nel secondo pari a 5 m^3/s .