

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
"FEDERICO II"

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

Classe delle Lauree Specialistiche in Ingegneria per l'Ambiente ed il
Territorio

N° 38/S

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA,
GEOTECNICA ED AMBIENTALE

IL TRASPORTO SOLIDO IN SOSPENSIONE E LA
REOLOGIA DEL MISCUGLIO ACQUA - SEDIMENTI

Relatori

Ch.mo Prof. Ing. Armando CARRAVETTA

Ch.mo Prof Ing. Riccardo MARTINO

Correlatori

Ch.mo Prof Ing. Giuseppe DEL GIUDICE

Candidato

Leda BELLIZZI

Matricola 324/141

Anno Accademico 2011 – 2012

In passato molti autori hanno affrontato il problema di quantificare la portata solida di un alveo sviluppando teorie fondate su basi fisiche; si notano, però, in molti casi ancora apprezzabili differenze tra le portate solide di corsi d'acqua naturali misurate sperimentalmente e le portate predette dalle suddette teorie (Van Rijn, 1984; Einstein, 1950). Per ovviare a tali difficoltà, molti autori hanno proposto relazioni di natura empirica che presentano un buon adattamento ai dati sperimentali solo in campi di applicabilità limitati. Tali discrepanze si osservano anche per il trasporto solido in sospensione. In questo caso sospensione le maggiori difficoltà sono rappresentate dall'esatta definizione del valore della concentrazione c_a e della altezza a dal fondo da porre come condizioni al contorno per il trasporto in sospensione (Van Rijn, 1984; Mc Lean, 1992; Garcia and Parker, 1991; Bennet, 1995; Verbanck, 2000; Brown, 2008). Un'altra difficoltà è rappresentata dalla valutazione del coefficiente di diffusione turbolenta della fase solida ϵ_s e della velocità di caduta dei sedimenti w_s (Tsai and Tsai, 2000; Graf and Cellini, 2002; Nielsen and Teckle, 2004; Kawanisi and Shiozaki, 2008).

Molti autori hanno ricercato le cause delle discrepanze tra i dati sperimentali e i valori derivanti dalle varie teorie. Un ruolo importante è senza dubbio giocato dalla temperatura (Colby and Scott, 1965; Jordan, 1965; Nordin and Beverage, 1965) e dalla granulometria dei sedimenti (Scott and Stephens, 1966; Garcia and Parker, 1991). Non è da escludere, infine, che possa incidere anche l'errore sistematico strumentale (Muste, 2002; Ruark et al., 2011).

Viceversa, ben poco ci si è concentrati sull'influenza della concentrazione dei sedimenti in prossimità del fondo dell'alveo sul legame costitutivo tensioni-deformazioni nonostante sia un concetto condiviso da più autori.

Infatti, alcuni autori hanno osservato un incremento dello spessore del sub-strato viscoso dovuto all'aumento di concentrazione di sedimenti (Chanson, 1995) e apprezzabili variazioni di turbolenza per variazioni piccole di concentrazioni di sedimenti (Lyn, 1986; Kaftori et al, 1998). Recenti esperimenti hanno confermato un rallentamento della turbolenza nella regione più prossima al fondo dell'alveo. Cao et al. (1995) hanno assunto la presenza di uno strato turbolento posto al di sopra di un sottile sub-strato viscoso. Per descrivere il trasporto di sedimenti gli autori hanno usato due differenti equazioni; una per il flusso in sospensione, ed un'altra per lo strato inferiore (Kobayashi and Seo, 1985).

Recenti studi di Carravetta et al. (2010) hanno mostrato come per concentrazioni di sedimenti maggiori dell'1%, varia la viscosità della miscela acqua-sedimenti la quale si comporta come un materiale debolmente coesivo ed hanno realizzato un modello di trasporto in sospensione (Carravetta et al., 2012), basato sulla reologia della miscela acqua – sedimenti. Il modello studiato individua due regioni di flusso : una regione prossima al fondo con alta concentrazione di sedimenti in cui il moto è laminare e una regione in cui il moto è turbolento. L'estensione della regione laminare viene determinata considerando che in presenza di un fluido non newtoniano si ha un aumento della turbolenza di piccola scala e quindi un aumento del substrato viscoso. Viene inoltre considerata un'ipotesi di equilibrio "sforzi tangenziali – concentrazioni" che ha consentito di introdurre una serie di relazioni tra sforzi tangenziali, il gradiente di velocità di deformazioni e la concentrazione al fondo.

L'obiettivo della tesi è stato quello di svolgere una sensitivity analysis sul modello di trasporto reologico che ha permesso di valutare l'influenza sul modello dei vari parametri che in esso compaiono in vista delle applicazioni. A tal fine, partendo dal modello completo sono state apportate alcune ipotesi semplificative indispensabili per svolgere l'analisi di sensitività che hanno portato a definire due ulteriori modelli matematici.

Nel I modello semplificato si è ipotizzato che la massa per unità di volume della miscela fosse pari alla densità dell'acqua e che lo spessore a fosse molto piccolo rispetto ad h , trascurando l'effetto della concentrazione di fondo sullo sforzo tangenziale.

Nel II modello semplificato l'ipotesi suddetta è stata anche utilizzata per semplificare le espressioni della portata solida e liquida trascurando il contributo dello strato di fondo.

Sono state successivamente determinate alcune condizioni in alveo in cui i risultati ottenuti con i modelli semplificati non si discostano in modo apprezzabile dai risultati che ci pervengono dal modello più complesso. I vari modelli sono stati applicati per la predizione dei profili verticali di velocità e concentrazione per set di dati disponibili in letteratura ricavate da Vanoni (1946) e Einstein e Chen (1955).

Dai risultati ottenuti si può osservare che per piccole dimensioni dei diametri dei sedimenti e per piccole pendenze del fondo del canale i modelli semplificati predicono profili di concentrazione che ben interpolano i dati sperimentali come mostrato nelle figure seguenti:

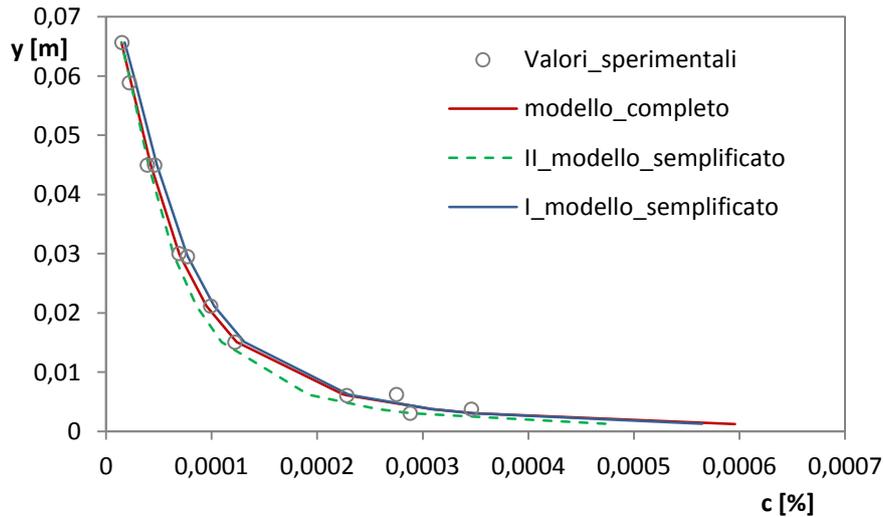


Figura 1 Confronto tra i profili di concentrazione predetti dai modelli proposti e valori sperimentali – Vanoni 19

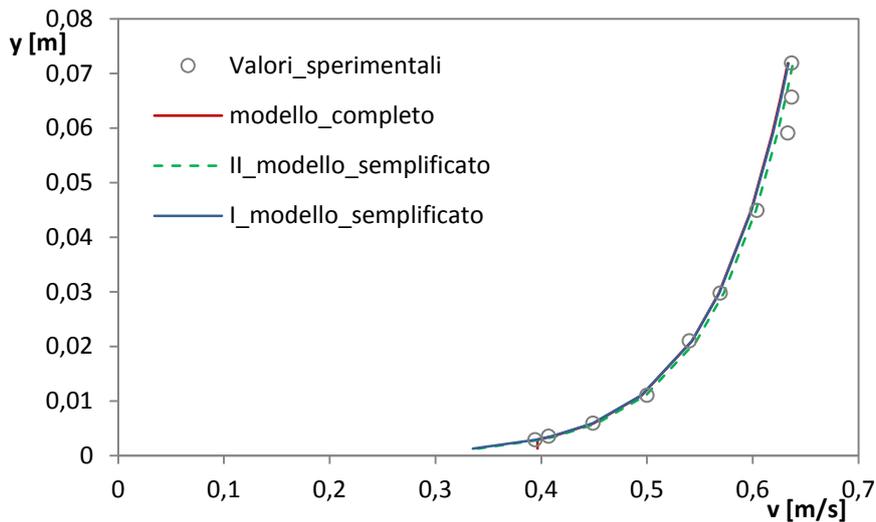


Figura 2 Confronto tra i profili di velocità predetti dai modelli proposti e valori sperimentali – Vanoni 19

Si è svolta infine limitatamente a questi casi l'analisi di sensibilità vera e propria sia nei riguardi di possibili errori sperimentali che sui parametri del modello.

A seguito di tale analisi si è notato che tra i parametri della corrente quello che ha un ruolo maggiore è la pendenza del canale. Inoltre, relativamente ai parametri reologici si è notato r_1 r_2 ed r_3 aumentano la loro influenza all'aumentare della concentrazione al fondo. Per bassi valori di concentrazione i parametri reologici sono meno significativi per la determinazione dell'output ed è quindi possibile utilizzare le relazioni proposte da Carravetta et al. (2001) per stimarli, mano a mano che la concentrazione al fondo aumenta tali parametri risultano più "sensitive" e quindi l'applicazione del modello richiederà la taratura dei parametri attraverso prove reologiche su

campioni di sedimenti. Si può inoltre osservare come piccole variazioni della temperatura T e della densità relativa ridotta Δ non comportano apprezzabili scarti sulla soluzione del modello nelle specifiche condizioni qui considerate.

	r_3	c_a	a
T	0	0	0
h	0,641447	8,588631	0
i	0,881974	9,569889	0,087506
Δ	0	0	0,085517
d	1,133724	11,33613	0
r_1	1,595566	6,100936	0,633267
r_2	0,153947	0,727509	0,214689

	q_{ss}
k_s	10,33015
r_3	27,39593
β	1,606533

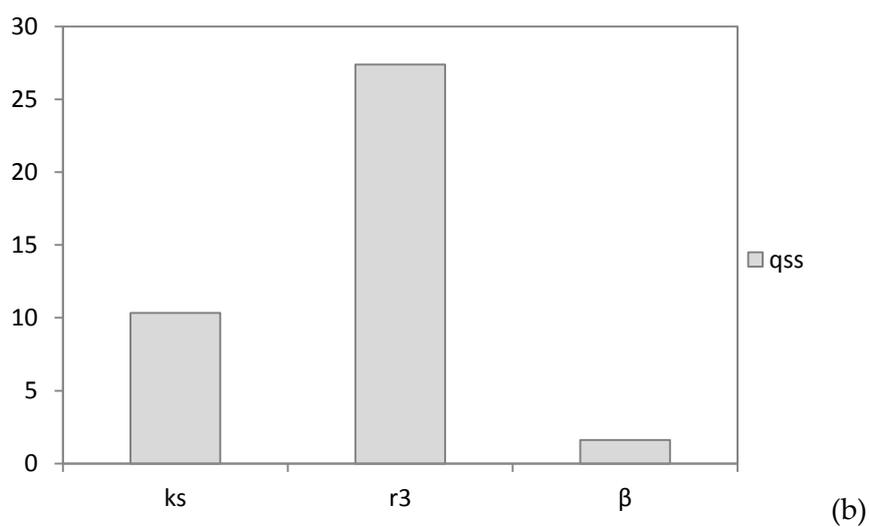
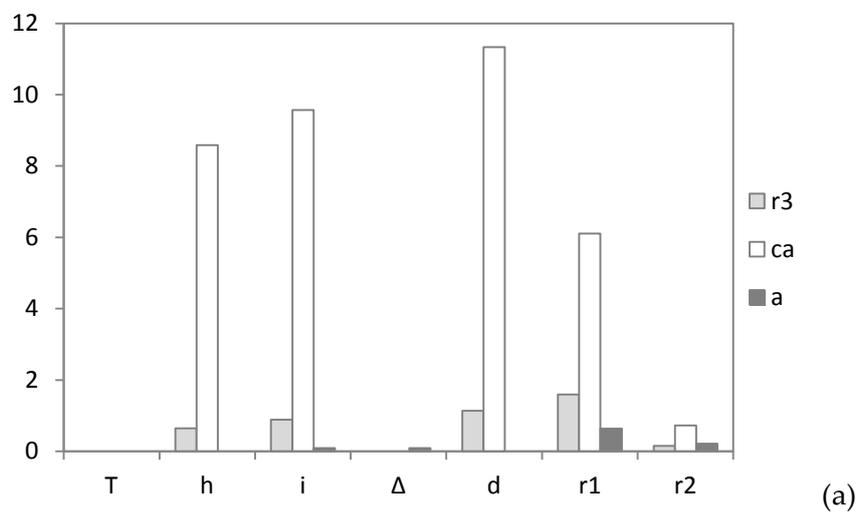


Figura 3 Classificazione dei parametri di input – Vanoni 19