



Le Giornate dell'Idrologia
Cosenza, 26-28 Novembre 2014

Piani di gestione e sistemi di early warning per la mitigazione del rischio idrologico, idraulico ed idrogeologico



Un approccio concettuale per la stima della vulnerabilità di persone travolte da una corrente



Luca Milanese, Marco Pilotti e Roberto Ranzi

Università degli Studi di Brescia, Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica – Via Branze, 43 – 25123, Brescia

e-mail: luca.milanese@unibs.it

1. Introduzione

La mappatura del rischio idraulico prevede l'identificazione di appropriati criteri per la definizione delle soglie associate su cui basare i diversi gradi di pericolosità e vulnerabilità. Da questo punto di vista, le normative dei Paesi europei ed extraeuropei prevedono criteri che tuttavia raramente scaturiscono da una analisi fisica dei potenziali effetti indotti dalla corrente su obiettivi sensibili. Ciò viceversa permetterebbe di avere, da un lato, mappe comprensibili da parte degli utenti e, dall'altro, una solida base su cui fondare la pianificazione delle emergenze ed i vincoli alla gestione del territorio.

Con particolare riferimento ad eventi con dinamiche molto rapide (e.g. flash floods, processi torrentizi) che colpiscono aree intensamente urbanizzate, può essere utile prendere a riferimento la persona quale obbiettivo rispetto a cui valutare i livelli di rischio. Prendendo spunto da numerosi studi sperimentali volti a valutare la stabilità di una persona investita da una corrente d'acqua (e.g. Xia et al., 2014), si propone, nel seguito, un modello concettuale per la stima della vulnerabilità di una persona investita da una corrente.

2. Modello concettuale di stabilità

La persona è schematizzata tramite una successione di cilindri posti verticalmente su un piano inclinato ed investiti frontalmente da una corrente monofase di densità media ρ [kg/m³], velocità media U [m/s] e profondità h [m]. I potenziali meccanismi di instabilità sono essenzialmente riconducibili allo scivolamento, al ribaltamento e all'affogamento. Queste condizioni, chiaramente identificate in letteratura da numerosi studi sperimentali ed approcci concettuali (e.g., Engineers Australia, 2010), sono rispettivamente modellate tramite un equilibrio alla traslazione in direzione parallela al piano, un equilibrio al ribaltamento e l'identificazione di una massima altezza d'acqua ammissibile.

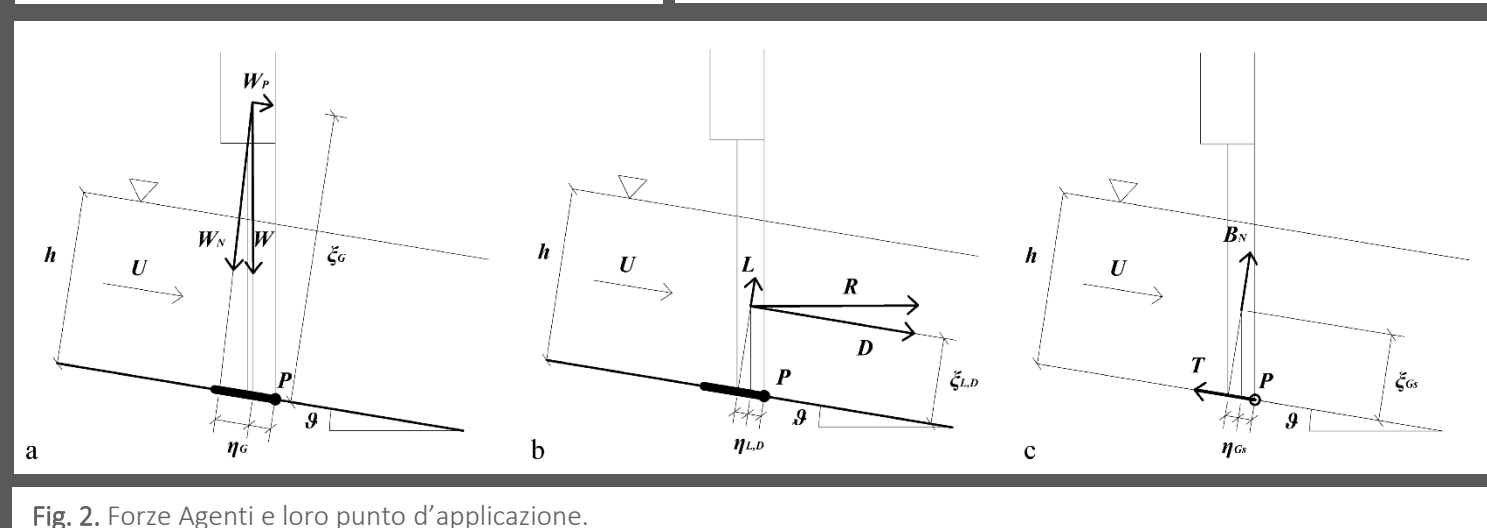
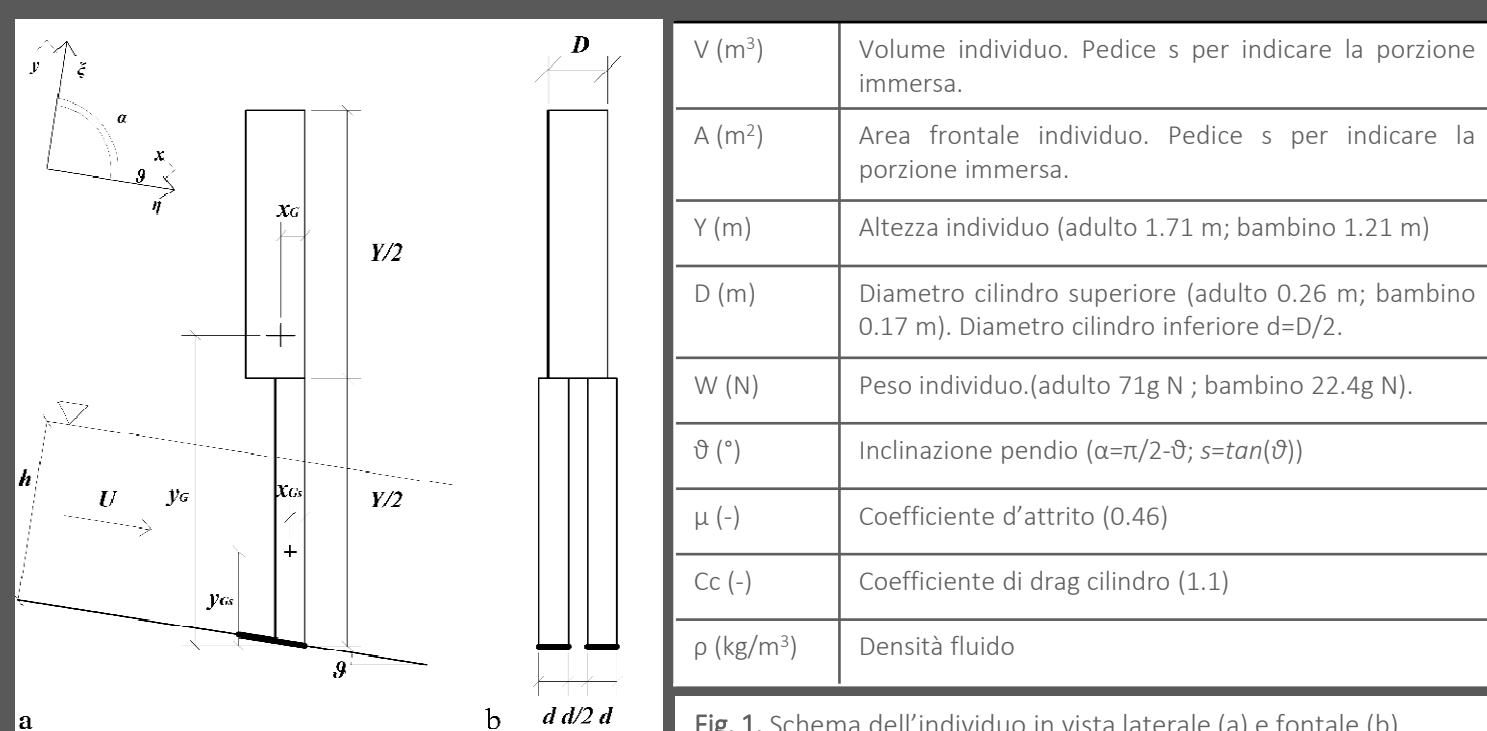


Fig. 2. Forze Agenti e loro punto d'applicazione.

3. Confronto con i dati sperimentali e conclusioni

Al fine di valutare la performance del modello, si è calcolato l'indice rRMSE tra le velocità osservate nelle indagini sperimentali di letteratura e quelle stimate dal modello in corrispondenza delle medesime altezze d'acqua testate sperimentalmente. I risultati ottenuti mostrano che questo schema interpreta meglio i punti sperimentali rispetto ai modelli disponibili in letteratura.

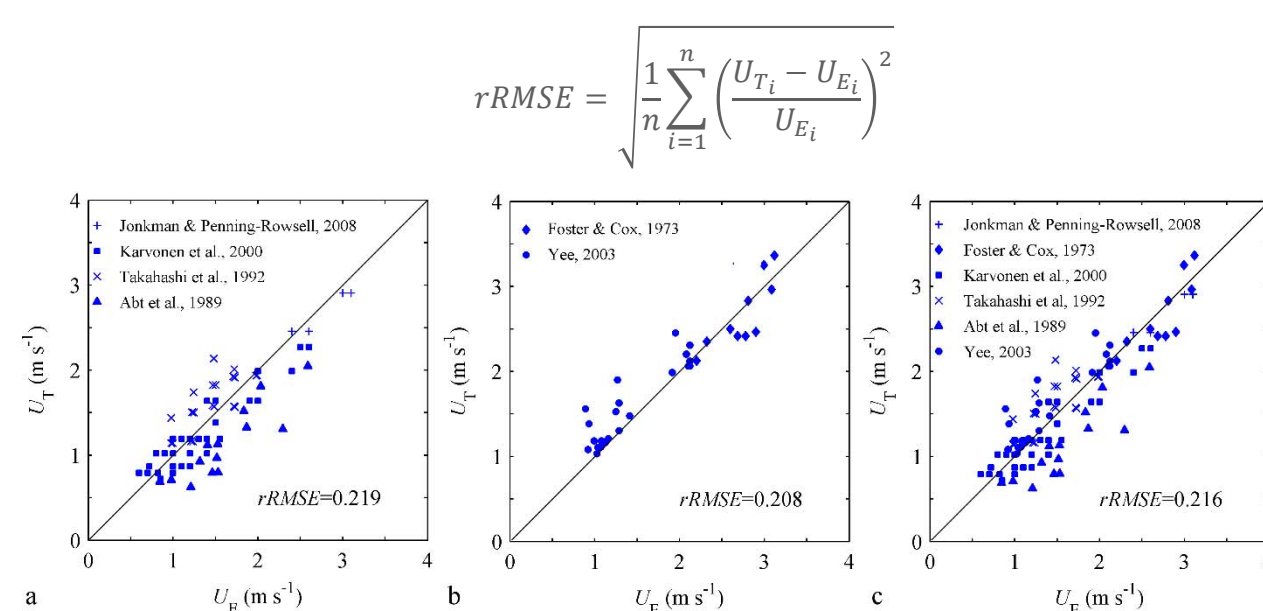


Fig. 4. Correlazione tra i dati sperimentali di letteratura e i risultati del modello. (a) Adulti, (b) bambini e (c) dataset complessivo.

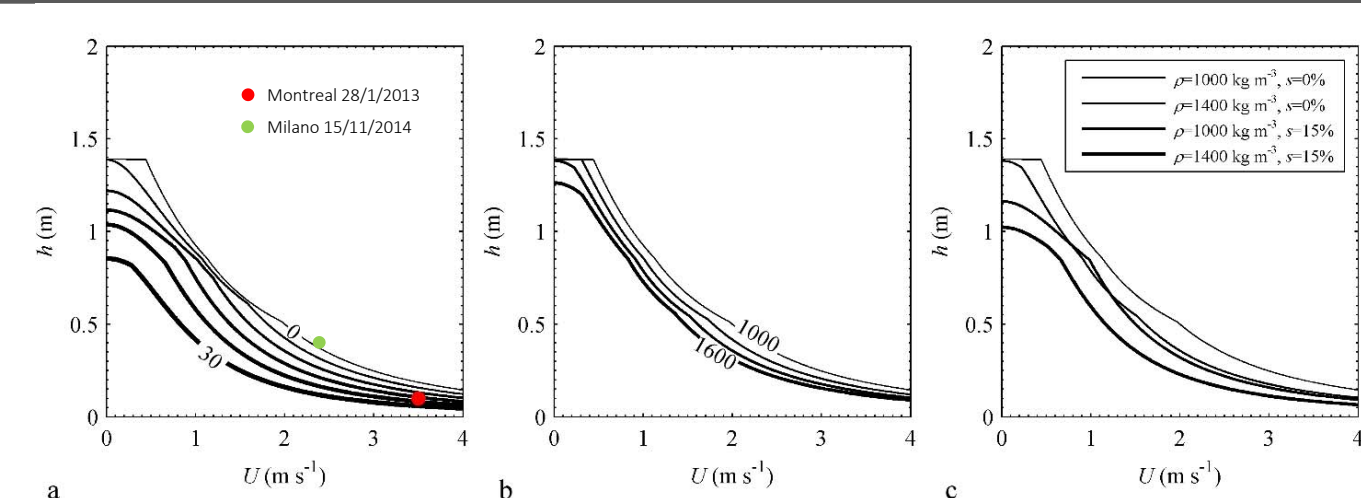


Fig. 5. Effetto di pendenza e densità sulla stabilità di un adulto. L'effetto della pendenza (a) è studiato per il caso di una corrente d'acqua ($\rho=1000$ kg m⁻³) mentre il ruolo della densità (b) è valutato per il caso di terreno orizzontale. Le etichette indicano i valori di pendenza θ (%) e densità ρ (kg m⁻³) associate alle curve. Le soglie intermedie sono ottenute per valori spazati di 6% per la pendenza e 200 kg m⁻³ per la densità. I punti in figura 6a sono relativi alle situazioni in Fig. 5. L'effetto sinergico di densità e pendenza con valori caratteristici di correnti iperconcentrate è mostrato in Fig. 5c.

A differenza dei modelli presenti in letteratura, questo schema considera esplicitamente il ruolo della pendenza locale e della densità media del fluido nei confronti della stabilità di un individuo. Questa concettualizzazione permette di estendere l'applicabilità del metodo anche a processi torrentizi.

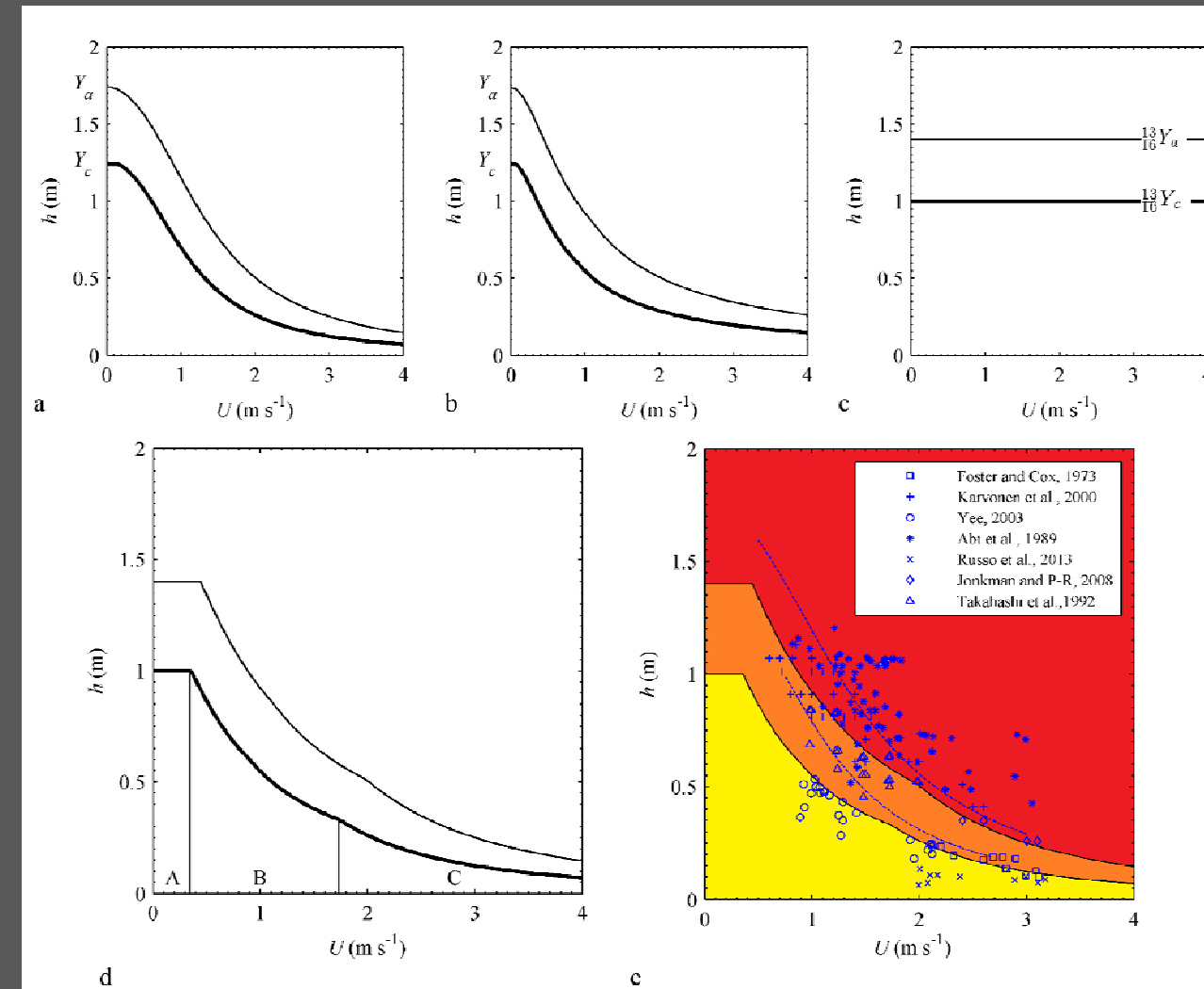


Fig. 3. Curve di stabilità per adulti (linea sottile) e bambini (linea larga): (a) scivolamento, (b) ribaltamento e (c) affogamento. Fig. (d) rappresenta la loro combinazione. Fig. (e) mostra i dati sperimentali di letteratura e le curve di Xia et al. (2014) in tratteggio. Alta, media e bassa vulnerabilità sono rappresentate rispettivamente dai colori rosso, arancione e giallo. Curve calcolate per $\rho = 1000$ kg m⁻³ e $\theta = 0^\circ$.

Il modello interpreta adeguatamente casi di incipiente instabilità registrati durante eventi reali di allagamento, senza quindi che le condizioni fossero influenzate da elementi esterni che, al contrario, sono spesso fonte di errore nei test di laboratorio.

Caso 1 – Montreal (evento del 28/1/2013) – Punto rosso Fig. 5
 $h = 0.1$ m; $U = 3.5$ m/s, pendenza = 15%

Caso 2 – Milano (evento del 15/11/2014) – Punto verde Fig. 5
 $h = 0.4$ m; $U = 2.4$ m/s, pendenza = 0%.

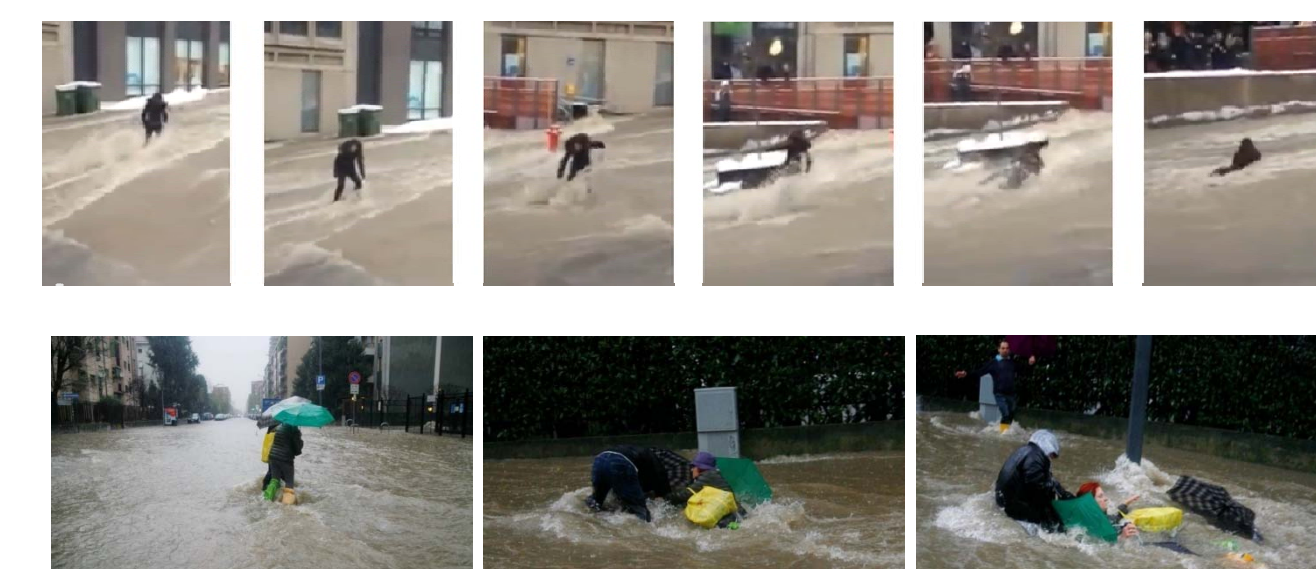


Fig. 6. Casi di instabilità registrati durante eventi di allagamento reali. Caso 1 (alto) Montreal. fonte: http://www.youtube.com/watch?v=YAv_yUsAvGc. Caso 2 (basso) Milano. fonte: Corriere della Sera.

Bibliografia

Engineers Australia (2010). *Appropriate safety criteria for people*. Project 10. Australian Rainfall & Runoff Revision Projects
Milanesi, L., Pilotti, M., Ranzi, R. (2014). A conceptual model of people's vulnerability to floods. Accepted for publication in *Water Resources Research*.
Xia, J., Falconer, R. A., Wang, Y., Xiao, X. (2014). New criterion for the stability of a human body in floodwaters, *Journal of Hydraulic Research*, 52(1), 93-104, doi: 10.1080/00221686.2013.875073.

Il lavoro è stato sviluppato nell'ambito del Progetto Europeo KUL TURisk – EU FP7 finanziato con Grant Agreement n° 265280