

Centro Regionale di Competenza
Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale

Dipartimento di Scienze della Terra – Dipartimento di Ingegneria Chimica
Università degli Studi di Napoli Federico II

FLUIDSim

Simulazione di flussi granulari



Manuale tecnico a cura di:

Lucio Lirer
Piero Salatino
Antonio Marzocchella
Piero Bareschino
Teresita Gravina



Centro Regionale di Competenza
Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale

Dipartimento di Scienze della Terra – Dipartimento di Ingegneria Chimica
Università degli Studi di Napoli Federico II

FLUIDSim

Simulazione di flussi granulari

Manuale tecnico a cura di:

Lucio Lirer
Piero Salatino
Antonio Marzocchella
Piero Bareschino
Teresita Gravina

Centro Regionale di Competenza
Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale
Polo delle Scienze e delle Tecnologie
Dipartimento di Scienze Fisiche
C/o Facoltà di Ingegneria - Via Nuova Agnano, 11 - III Piano
80125 - Napoli - Italy
www.amra.unina.it
ambiente@na.infn.it
Telefono +39 081 76-85125/124/115
Fax. +39 081 76-85144

Autori

Lucio Lirer, Piero Salatino, Antonio Marzocchella,
Piero Bareschino, Teresita Gravina
Dipartimento di Scienze della Terra – Dipartimento di Ingegneria Chimica

Coordinamento editoriale

doppiavoce
www.doppiavoce.it

Copyright © 2005 Università degli Studi di Napoli Federico II – CRdC-AMRA

Tutti i diritti riservati
È vietata ogni riproduzione

Indice

Introduzione	5
Caratteristiche generali delle apparecchiature sperimentali	8
Prospettive e applicazioni future degli impianti sperimentali	14
Bibliografia	15

Introduzione

Lo studio del *moto di flussi granulari veloci su pendio* riveste un grande interesse sia nel campo dei fenomeni naturali, con particolare riferimento ai flussi piroclastici, sia nel campo ingegneristico.

Un flusso piroclastico (Figura 1) può essere definito come una corrente bifasica, costituita da particelle solide disperse in una fase gassosa (Cas e Wright, 1987). Particolarmente importante nello studio dei flussi piroclastici è la determinazione delle condizioni di fluidizzazione, in quanto questo processo è in grado di alterare il comportamento reologico delle miscele granulari incrementandone considerevolmente la mobilità. I sistemi granulari si comportano, di norma, come fluidi non-Newtoniani alla Bingham e come tali cominciano a scorrere solo quando lo sforzo di taglio applicato ad essi supera lo "*yield strength*". La fluidizzazione annulla questo limite di soglia, per cui un materiale fluidizzato può scorrere per qualsiasi valore dello sforzo di taglio.

La letteratura più recente riguardante i flussi piroclastici offre una notevole quantità di informazioni sui tipi di depositi e i relativi processi deposizionali, ma appare piuttosto carente per quel che riguarda la conoscenza dei fenomeni che controllano il moto delle correnti piroclastiche.

Il progetto, che nasce da una lunga cooperazione scientifica tra i Dipartimenti di Ingegneria Chimica e di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Napoli Federico II e che prevede la realizzazione e l'esercizio di impianti sperimentali per l'esecuzione di prove di flusso di solidi granulari aerati e non, mira essenzialmente a studiare il ruolo della fluidizzazione nell'ambito dei flussi granulari veloci.

Allo scopo saranno utilizzate apparecchiature sperimentali (di seguito descritte) e saranno effettuate prove finalizzate alla:

- individuazione di parametri e di modelli di comportamento di flussi granulari veloci, con particolare riferimento alla dinamica del sistema frontale (saranno oggetto di indagine sia le caratteristiche di flusso in senso stretto che gli aspetti colle-

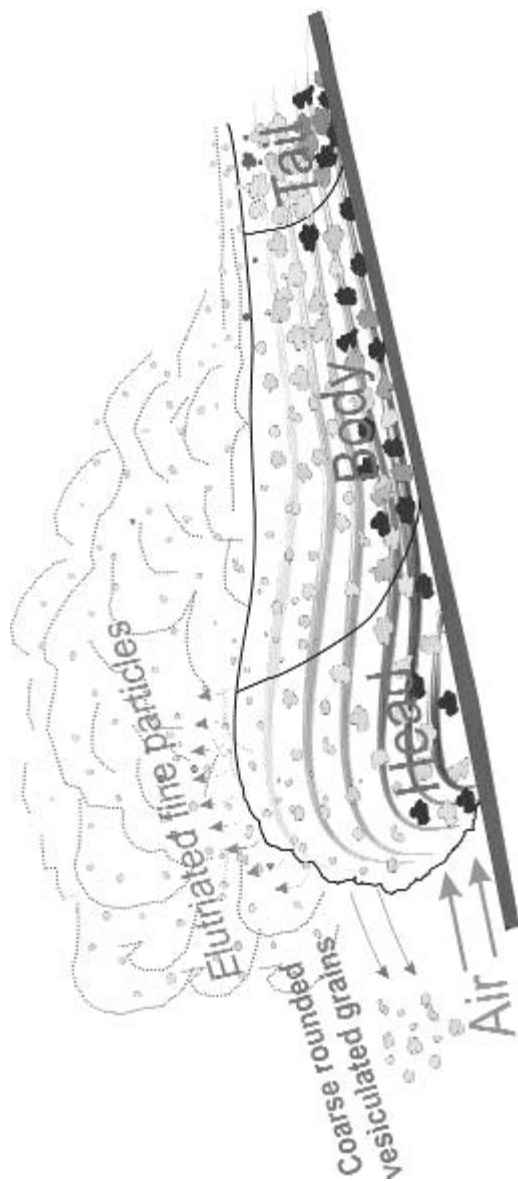


Fig. 1. Schema di un flusso piroclastico.

- gati all'interazione dei flussi granulari con strutture o comunque con oggetti che da questi siano investiti);
- formulazione di modelli previsionali del comportamento di flussi granulari naturali, con prevalente riferimento ai flussi piroclastici densi.

Caratteristiche generali delle apparecchiature sperimentali

I dispositivi proposti per lo studio della dinamica del sistema frontale di flussi granulari su pendio sono due: lo scivolo a pendenza variabile e il rotore.

SCIVOLO A PENDENZA VARIABILE

Serve a generare un *flusso granulare veloce non stazionario su un pendio* mediante scarico rapido di una massa nota di solido granulare da una tramoggia su uno scivolo a pendenza variabile.

Il dispositivo risulterà costituito da:

- tramoggia di carico del materiale granulare, realizzata su specifiche progettuali in Plexiglas e dotata di opportuni sistemi di rinforzo e sostegno in alluminio anodizzato, di capacità massima pari a 50 l (equivalenti a circa 80 kg di solido granulare);
- valvola a baionetta di regolazione dell'efflusso di solido dalla tramoggia;
- valvola a farfalla di controllo dell'efflusso di solido dalla tramoggia;
- sistema elettronico di attuazione, costituito da: 2 attuatori pneumatici rapidi in acciaio SMC, con velocità di attuazione fino a 3000 mm/s dotati di ammortizzo pneumatico; elettrovalvola a cinque vie SMC, con velocità di risposta di 10 ms; regolatore di flusso SMC;
- scivolo a inclinazione variabile, realizzato in Plexiglas e dotato di sistemi di rinforzo e sostegno in alluminio anodizzato, di lunghezza pari a 10 m e larghezza pari a 0,2 m;
- una vasca di raccolta del materiale, realizzata in Plexiglas, della stessa capacità della tramoggia di carico;
- strumentazione di misura e controllo per la diagnosi dell'esperimento, descritta di seguito in quanto comune alle due differenti apparecchiature sperimentali proposte.

Una sezione schematica dell'impianto fin qui descritto, privo della strumentazione di misura e controllo, è riportata a titolo esemplificativo in Figura 2.

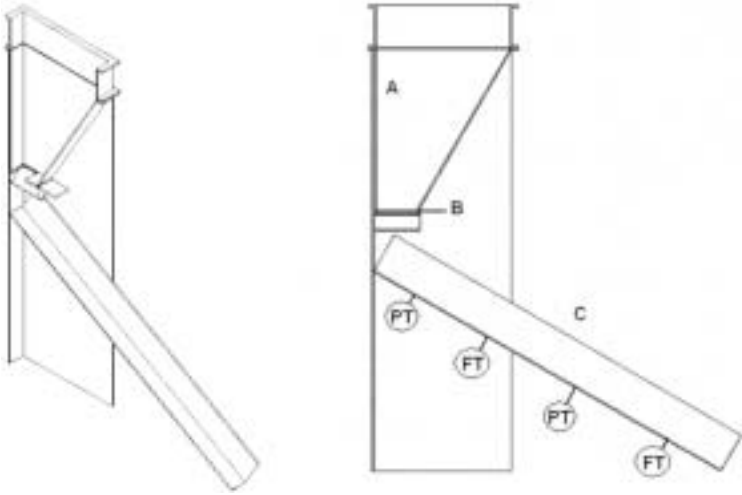


Fig. 2. Sezione schematica dello scivolo a pendenza variabile. **A.** Tramoggia. **B.** Valvola di efflusso. **C.** Scivolo a pendenza variabile. **PT.** Trasduttori di pressione. **FT.** Sensori di forza.

ROTORE

Serve a generare un *flusso granulare veloce stazionario* mediante la messa in rotazione di una massa nota di solido posta all'interno di un tamburo rotante cavo; la rotazione a velocità relativamente basse (tali da poter ritenere trascurabile il contributo al campo di moto legato alla forza centrifuga rispetto a quello dovuto alla forza di gravità) comporta infatti il continuo rinnovamento del fronte del letto. Tale dispositivo consentirà di verificare se e in quali condizioni si determinino fenomeni di "ingestione" di aria da parte del fronte di solidi con conseguente auto-fluidizzazione.

Il dispositivo risulterà costituito da:

- rotore cavo, realizzato su specifiche progettuali in Plexiglas e legno e dotato di opportuni sistemi di sospensione, di 1,93 m di diametro esterno e 1,8 m di diametro utile, per uno spessore di 0,2 m;
- sistema elettronico di regolazione e controllo della velocità del rotore, costituito da 1 motoriduttore elettrico sincrono alimentato in corrente continua, con regolazione di velocità, riduttore epicicloidale interamente in metallo e cuscinetto a sfere sull'asse di uscita. La gamma di velocità di rotazione deve essere variabile tra 1,1 e 486 rpm, con una coppia erogata all'albero variabile tra 8 e 50 Nm.
- strumentazione di misura e controllo per la diagnosi dell'esperimento.

Una rappresentazione schematica dell'impianto descritto, che non include la strumentazione di misura e controllo, è riportata nelle Figure 3 e 4.



Fig. 3. Particolare del rotore.

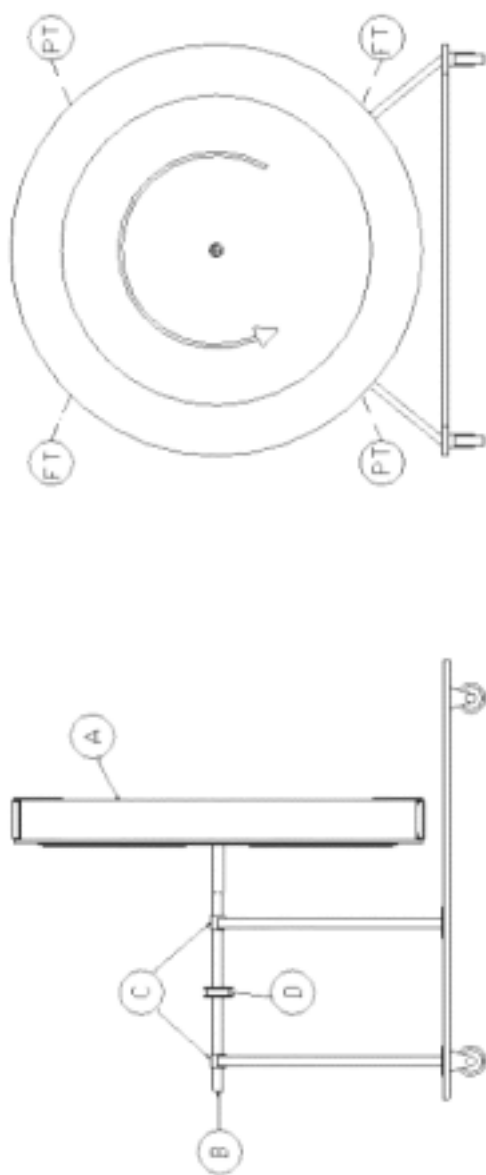


Fig. 4. Rappresentazione schematica del rotore a velocità variabile. **A.** Rotore. **B.** Albero. **C.** Cuscinetti. **D.** Puleggia. **PT.** Trasduttori di pressione. **FT.** Sensori di forza.

Entrambi gli impianti sperimentali sono dotati di strumenti per la misura e diagnostica dei parametri caratteristici della dinamica del flusso granulare, costituiti da:

- **Trasduttori di pressione.** Trasduttori piezoelettrici al quarzo Kistler serie 7261 per basse pressioni, ideali per misure veloci di pressioni dinamiche o quasi statiche. La sensibilità è di 2 pC/mbar con una risoluzione massima di 0,01 mbar nell'intervallo da -1 a 1 bar. La frequenza di aggiornamento è non inferiore a 10 KHz. Il segnale in uscita è amplificato mediante condizionatore di segnale Kistler serie 5011B10. Questi, opportunamente localizzati alla base dello scivolo e lungo la circonferenza esterna del rotore, consentiranno la determinazione delle pressioni dinamiche e statiche associate alla propagazione del flusso.
- **Celle di carico.** Sensori Kistler serie 9203 ad altissima sensibilità per la misura di carichi dinamici o quasi statici di com-



A



B

Fig. 5. A. Trasduttore di pressione al quarzo Kistler serie 7261. **B.** Cella di carico Kistler serie 9203.

pressione e/o trazione. La sensibilità è pari a -45 pC/N con una risoluzione non superiore ad 1 mN nell'intervallo da -500 a 500 N . La massima frequenza di acquisizione è non inferiore a 20 KHz . Il segnale in uscita è amplificato mediante condizionatore di segnale Kistler serie 5011B10. Queste, opportunamente localizzate alla base dello scivolo e lungo la circonferenza esterna del rotore, consentiranno di determinare i carichi dinamici associati alla propagazione del flusso. In particolare, l'impiego coordinato delle celle di carico e dei trasduttori di pressione consentirà di discriminare, nel sistema bifase, tra gli sforzi normali associati alla fase solida granulare e quelli associati alla fase gassosa interstiziale.

- **Unità di acquisizione dati.** Personal computer equipaggiato con:
 - scheda di acquisizione National Instruments PCI 4472, dotata di adattatori SMB-BNC, in grado di sostenere la trasformazione analogico-digitale simultanea di 8 canali in ingresso con una risoluzione di 24 bit e frequenza di campionamento di 100 KHz per canale. La scheda è dotata di filtro antialiasing automatico dei segnali analogici in ingresso. Le uscite analogiche sono dotate di dispositivo di controllo/alimentazione di sensori del tipo Piezotron®;
 - interfaccia Firewire IEEE1394 per il controllo/acquisizione del segnale in uscita da sistemi di videoripresa digitali;
 - masterizzatore LG Super Multi DVD +/- R per il salvataggio su supporto ottico dei dati acquisiti.

Prospettive e applicazioni future degli impianti sperimentali

La presente sperimentazione riveste particolare importanza nell'ambito degli studi sui flussi granulari rapidi. Questi ultimi comprendono una vasta gamma di fenomeni; in particolare, in questa attività di ricerca, vengono studiate le dinamiche interne a una corrente piroclastica.

Entrambi gli impianti sperimentali presentano caratteristiche di estrema versatilità che consentono di ipotizzare in prospettiva, con interventi modesti, un impiego anche in relazione a problemi diversi dalla dinamica dei flussi piroclastici. Si può richiamare a questo riguardo, variando opportunamente le condizioni iniziali del flusso, l'inclinazione del pendio, la velocità di rotazione del tamburo, la granulometria del solido, la possibilità di simulare condizioni di "*debris flow*" in senso più generale, quali quelle associate a movimenti franosi del terreno o a *snow avalanches*.

Il progetto riveste, come è facilmente comprensibile, un particolare interesse nell'ambito della prevenzione dei rischi naturali, attività di pertinenza della Protezione Civile.

Bibliografia

- Bareschino P, Gravina T, Lirer L, Marzocchella A, Petrosino P, Salatino P. Motion-induced fluidization of dense pyroclastic gravity currents. Fluidization XI – Present and Future for Fluidization Engineering, Ischia, 9-14 maggio 2004.
- Gravina T, Lirer L, Marzocchella A, Petrosino P, Salatino P. Fluidization and attrition of pyroclastic granular solids. 32nd International Geological Congress, Firenze, 20-28 agosto 2004.
- Nunziante L, Fraldi M, Lirer L, Petrosino P, Scotellaro S, Cicirelli C. Risk assessment of pyroclastic current impact on towns located around Vesuvio: a non-linear structural inverse analysis. Bulletin Volcanology 2003;65:154-76.
- Salatino P. Assessment of motion-induced fluidization of dense pyroclastic gravity currents. Annals of Geoph. in press.
- Sovilla B, Bartelt P. Observations and modelling of snow avalanche entrainment. Natural Hazard Earth Science 2002;2:169-79.

Finito di stampare nel mese di giugno 2005
presso Officine Grafiche Francesco Giannini & Figli S.p.A. – Napoli

