DARFLIS: Analisi quantitativa e distribuita del rischio associato a frane a flusso rapido, indotte da eventi piovosi intensi

Prof. Claudio di Prisco

Milano, 22 Maggio 2019

What and why

Frane a flusso rapido innescate da piogge intense

- Scarsi segni premonitory
- Accoppiamento idro-meccanico
- Enormi volume mobilitati
- Elevate velocità

Fenomeni naturali altamente catastrofici

− disastri ambientali
− conseguenze socio-economiche
− danni alle strutture
− perdite di vite umane

What and why

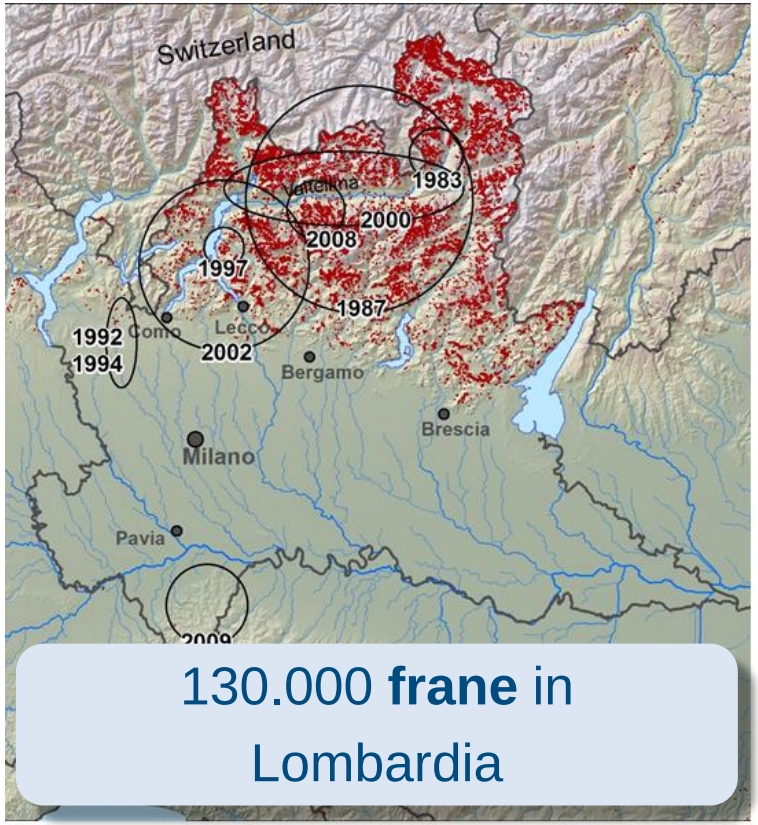
Sono tra le frane più diffuse in regione Lombardia

Regione caratterizzata da una topografia sucettibile a eventi franosi (territorio montuoso-collinare + piovosità intense)

- Aprile 2009, settore nordest dell'Oltrepo Pavese
- Luglio 2008, porzione centrale della Valtellina
- Novembre 2002, Valle del lago di Como
- November 2000, Valtellina valley
- 1997, Valassina
- 1992 & 1993, Valle Olona
- Luglio 1987, Valtellina, Val Brembana,Val Seriana
- 1983, Tresenda in Valtellina

Valsassina 2002

What and why



130.000 **frane** in Lombardia

Figure 1. Rapid flow-like landslides (red points) in Lombardy (from IFFI database). Black circles and ellipses illustrate the approximate area affected by the most important landslide events in the last 35 years (note: landslides from 2009 event are not included in the database). On the right, few examples of rapid flow-like landslides in Lombardy.

Tresenda (SO) - 1983

Tartano (SO) - 1987

Dubino (SO) - 2000

Perledo (LC) - 1997

Albaredo (SO) - 2002

Obiettivi del progetto

DARFLIS: Distributed quantitative risk Analysis for Rapid Flow-like Landslides induced by High Intensity Storm

Obiettivo: sviluppare una strategia per la definizione quantitative del rischio associato a colate rapide indotte da eventi piovosi

Definizione di:

1. Potenziale volume instabile (innesco)
2. Propagazione
3. Deposito
4. Interazione con strutture/infrastrutture/opera di protezione

Actions

DARFLIS: Distributed quantitative risk Analysis for Rapid Flow-like Landslides induced by High Intensity Storm

Work packages:

WP1: Inventario delle frane e creazione di un Geotatabase (Ambiente GIS)

WP2: Analisi dell'innesco

WP3: Analisi della propagazione

WP4: Interazione con le strutture e opera di protezione

WP5: Management, disseminazione e formazione

Partners

DARFLIS: Distributed quantitative risk Analysis for Rapid Flow-like Landslides induced by High Intensity Storm

Approccio multidisciplinare

Geology, climate change, soil mechanics, mathematics, physics, fluid dynamics and computational mechanics

Politecnico di Milano
POLIMI (DICA)

- Modellazione costitutiva
- Simulazioni numeriche
- Analisi del rischio
- Progettazione opere di protezione

Università di Milano Bicocca
UNIMIB (DISAT)

- **Mappatura** frane
- Monitoraggio
- Analisi di stabilità
- Modelli meteo

Collaborazione con Northwestern University (USA) (analisi dell'innesco)

Team

Politecnico di Milano
POLIMI (DICA)

Prof. Claudio di Prisco

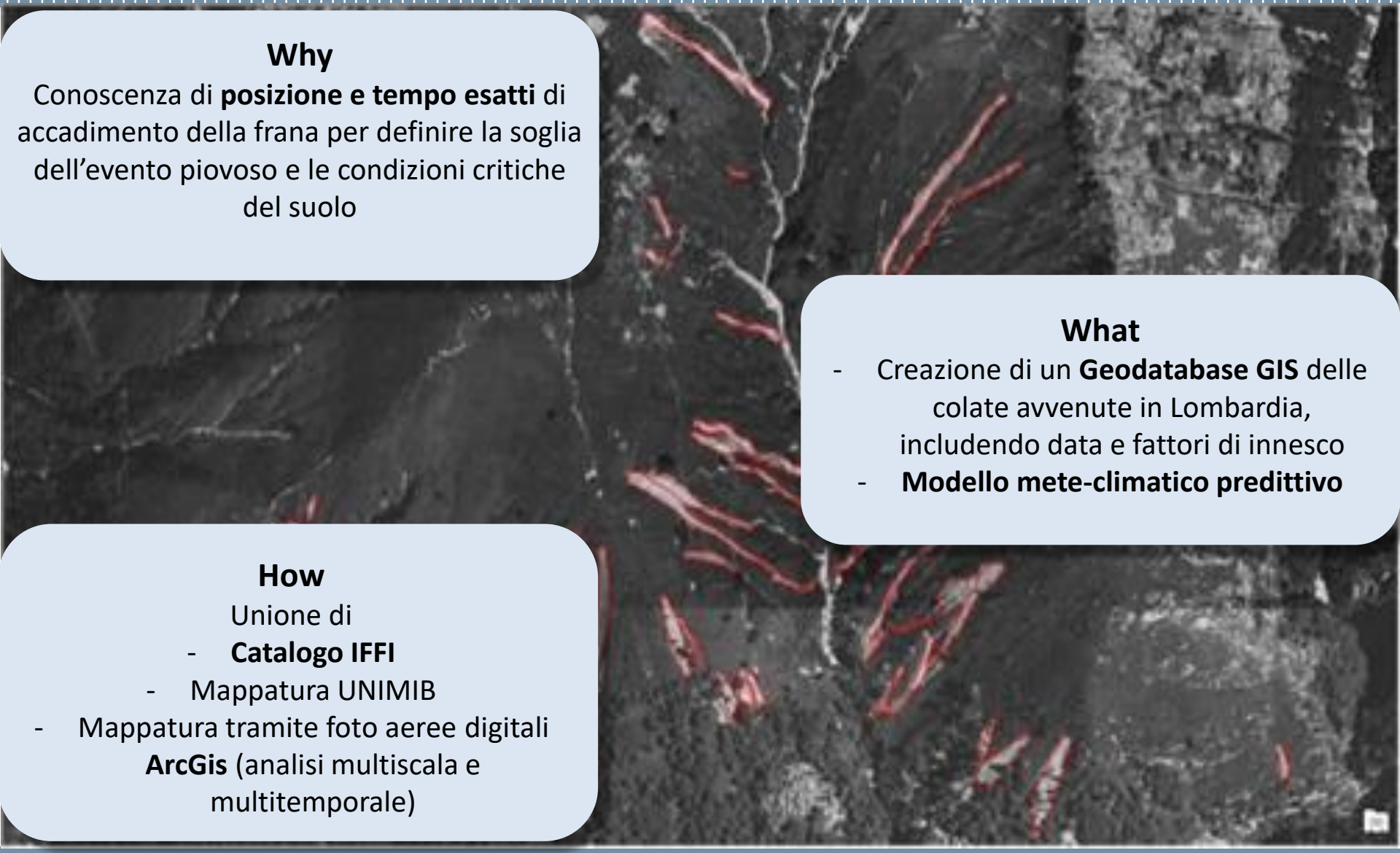
Università di Milano Bicocca
UNIMIB (DISAT)

Prof. Paolo Frattini

Collaborazione con Northwestern University (USA)

WP1: RACCOLTA DATI E GEODATABASE FRANE

(UNIMIB - G.Crosta, P. Frattini, G. Rusconi, F. De Blasio, C. Pasquero, A. Meroni, L. Piciullo)



Why

Conoscenza di **posizione e tempo esatti** di accadimento della frana per definire la soglia dell'evento piovoso e le condizioni critiche del suolo

What

- Creazione di un **Geodatabase GIS** delle colate avvenute in Lombardia, includendo data e fattori di innesco
- **Modello mete-climatico predittivo**

How

Unione di

- **Catalogo IFFI**
- Mappatura UNIMIB
- Mappatura tramite foto aeree digitali

ArcGis (analisi multiscala e multitemporale)

WP1: RACCOLTA DATI E GEODATABASE FRANE

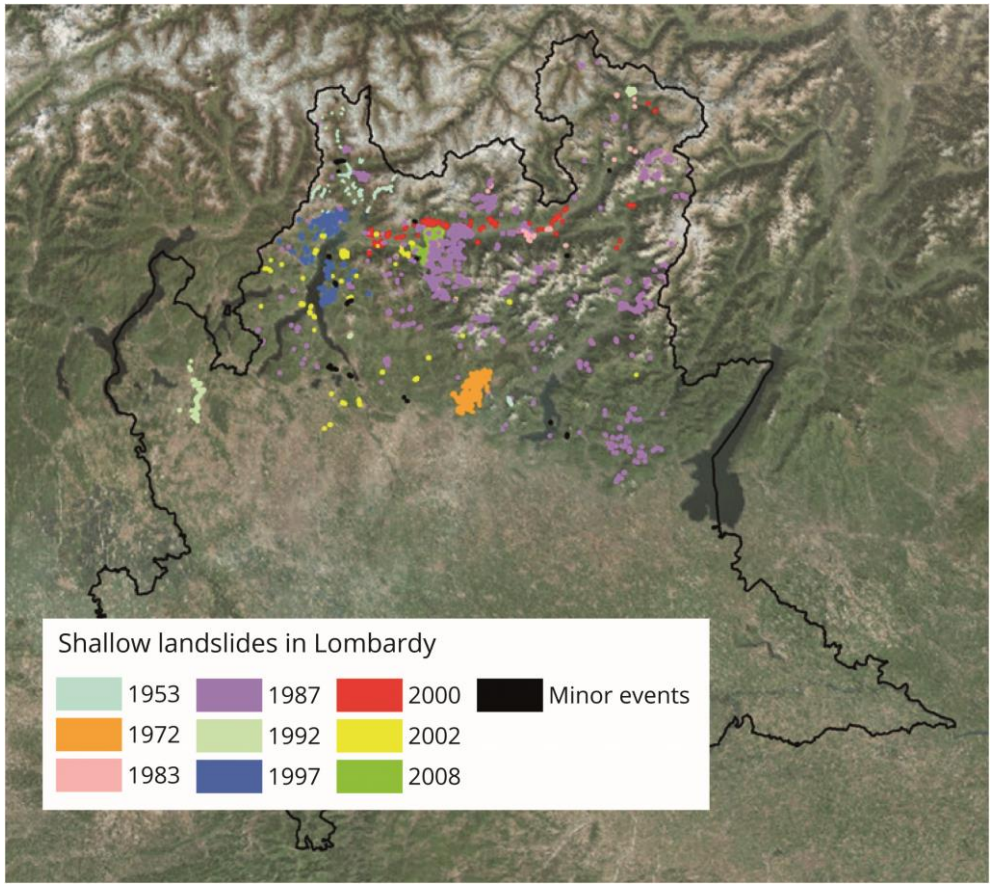
(UNIMIB - G.Crosta, P. Frattini, G. Rusconi, F. De Blasio, C. Pasquero, A. Meroni, L. Piciullo)

Results

- **GIS Geodatabase** composto da 2425 eventi franosi
- **Correlazione** eventi con altitudine, pendenza, litologia, uso del territorio, curvatura, indice topografico, piogge

Ongoing

- Analisi del **tempo di ritorno** degli eventi piovosi
- Analisi del **runout**
- Database **eventi meteo-climatici**



WP2: ANALISI DELL'INNESCO

(UNIMIB/NORTHWESTERN: G.Crosta, G. Buscarnera, P. Frattini, X. Li, J. Lizàrraga, G. Volpi)

Why

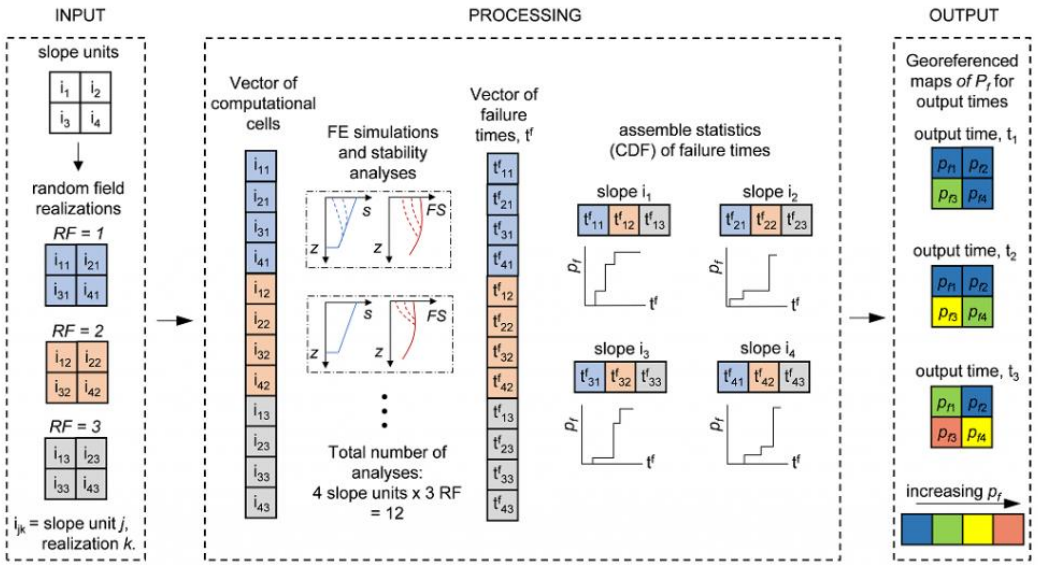
- Innesco scatenato da **processi idromeccanici**
- La **variabilità** spaziale delle condizioni geologiche e delle piogge richiede l'utilizzo di **approcci probabilistici**

What

- **Leggi costitutive** capaci di cogliere la suscettibilità a liquefazione.
- Modelli che accoppiano **infiltrazione-deformazione** in associazione con analisi Monte Carlo per definire la **probabilità di innesco**

How

- **Discretizzazione** del sito in singole unità.
- Per ciascuna unità analisi di innesco a **elementi finiti** che accoppiano **stabilità del versante** con analisi multi-fase



WP2: ANALISI DELL'INNESCO

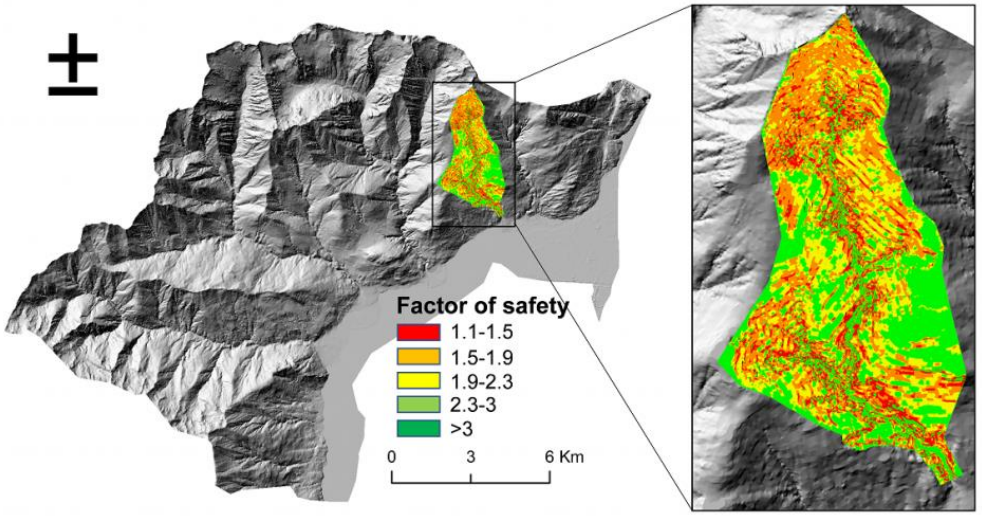
(UNIMIB/NORTHWESTERN: G.Crosta, G. Buscarnera, P. Frattini, X. Li, J. Lizàrraga, G. Volpi)

Results

- **Back-analysis della risposta idrologica** di alcuni siti in Lombardia, sulla base di misure di ritenzione
- **Correlazione** eventi con altitudine, pendenza, litologia, uso del territorio, curvatura, indice topografico, piogge

Ongoing

- Stima dei parametri del materiale mediante **analisi inversa**
- **Validazione del modello** costitutivo mediante prove di laboratorio
- Introduzione di **topografia 3D** nel modello
- Modelli di infiltrazione in **pendii ripidi**



WP3: ANALISI DELLA PROPAGAZIONE

(POLIMI: C. di Prisco, I. Redaelli, D. Vescovi, P. Marveggio)

Why

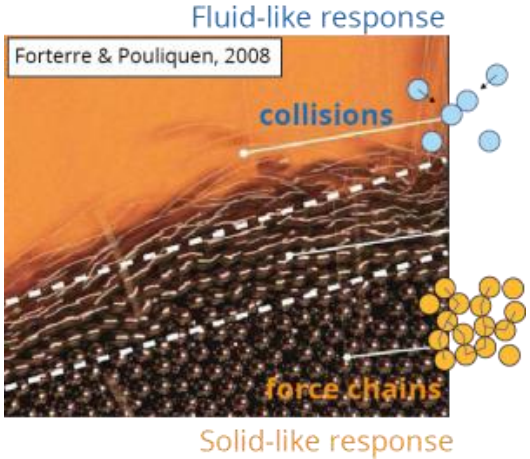
- Dall'innesco alla propagazione e al deposito i materiali subiscono una **transizione di fase (solido-fluido-solido)**
- Il metodo numerico deve essere in grado di simulare **grandi spostamenti e deformazioni**

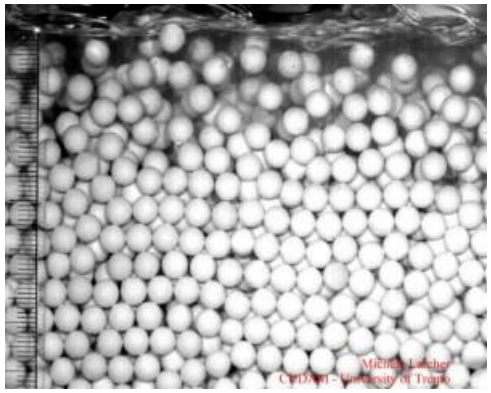
What

- **Modello costitutivo** capace di simulare la risposta del materiale in condizioni quasi-statiche e dinamiche (transizione solido-fluido)
- **Metodo numerico** per simulare innesco e propagazione delle frane

How

- Modelli **elasto plastici + teorie cinetiche**
- **Teorie delle miscele**
- Smoothed particle-Hydrodynamics (**SPH**), Particle Finite Element Method (**PFEM**), Material Point Method (**MPM**)



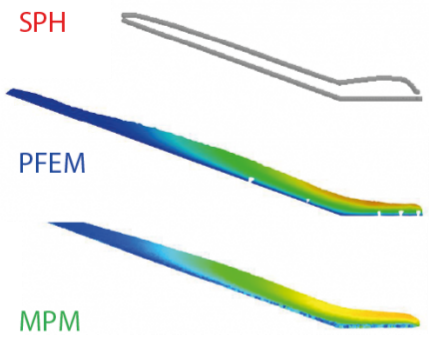


WP3: ANALISI DELLA PROPAGAZIONE

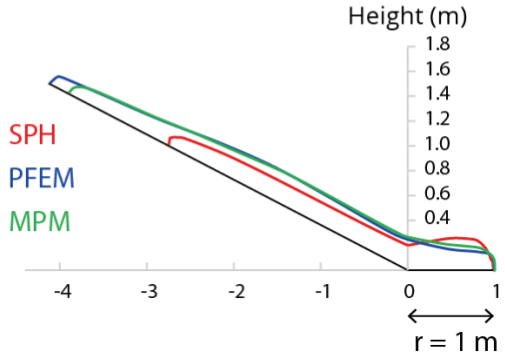
(POLIMI: C. di Prisco, I. Redaelli, D. Vescovi, P. Marveggio)

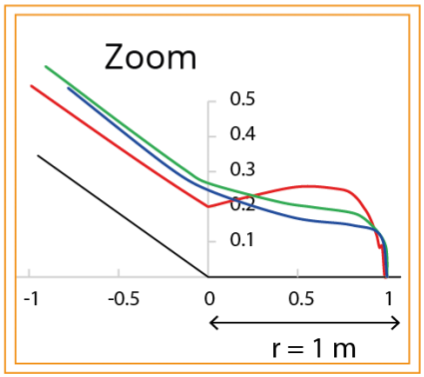
Risultati

- **Modello costitutivo** steady e unsteady per materiali secchi
- Modello steady per materiali saturi
- **Confronto tra SPH-MPM-PFEM** in termini di accuratezza ed efficienza e modello alla **Bingham**



r = 1 m	SPH	PFEM	MPM
t [s]	0.73	0.79	0.94
h_{max} [m]	0.258	0.273	0.271
h_{media} [m]	0.185	0.157	0.168
v_{max} [m/s]	1.46	2.78	2.637
# nodes	700	2000	10000
computational time to compute 1 s [min]	1	16	45





Ongoing

-**Implementazione del modello** costitutivo nel codice MPM (Anura3D community)

Validazione dei modelli

- Simulazione di **scenari futuri**
- **Back analysis** di eventi passati

WP4: INTERAZIONE CON LE STRUTTURE

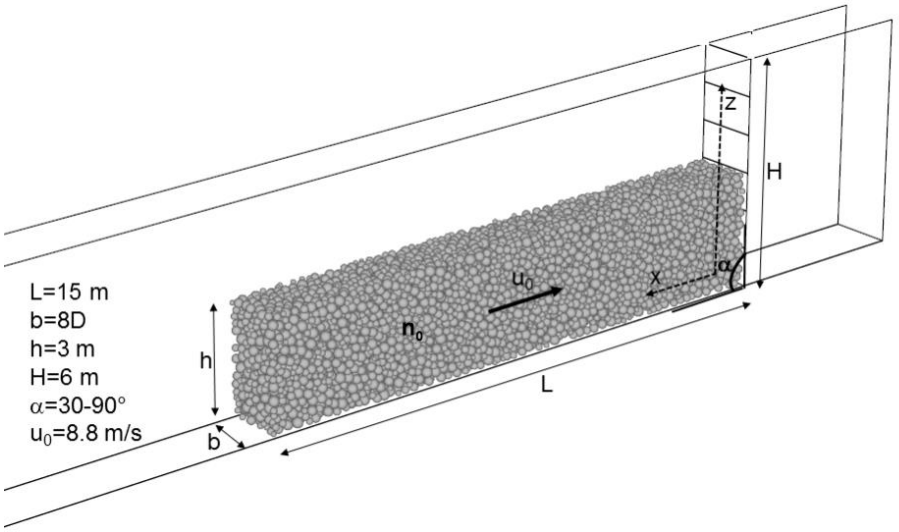
(POLIMI: C. di Prisco, I. Redaelli, F. Calvetti)

Why

- L'impatto di frane contro strutture è un **fenomeno dinamico**
- Nella progettazione delle opere di protezione bisogna considerare l'**impulso** (ovvero evoluzione della forza nel tempo)
- Negli **approcci standard** si considera solo la forza massima (approcci pseudostatici)

What

- **Approccio progettuale** per barriere di protezione contro le colate
- Definizione di **input sintetico** per il progetto delle barriere



How

- Simulazione dell'impatto mediante Metodo degli elementi distinti (**DEM**) e valutazione della forza nel tempo

WP4: INTERAZIONE CON LE STRUTTURE

(POLIMI: C. di Prisco, I. Redaelli, F. Calvetti)

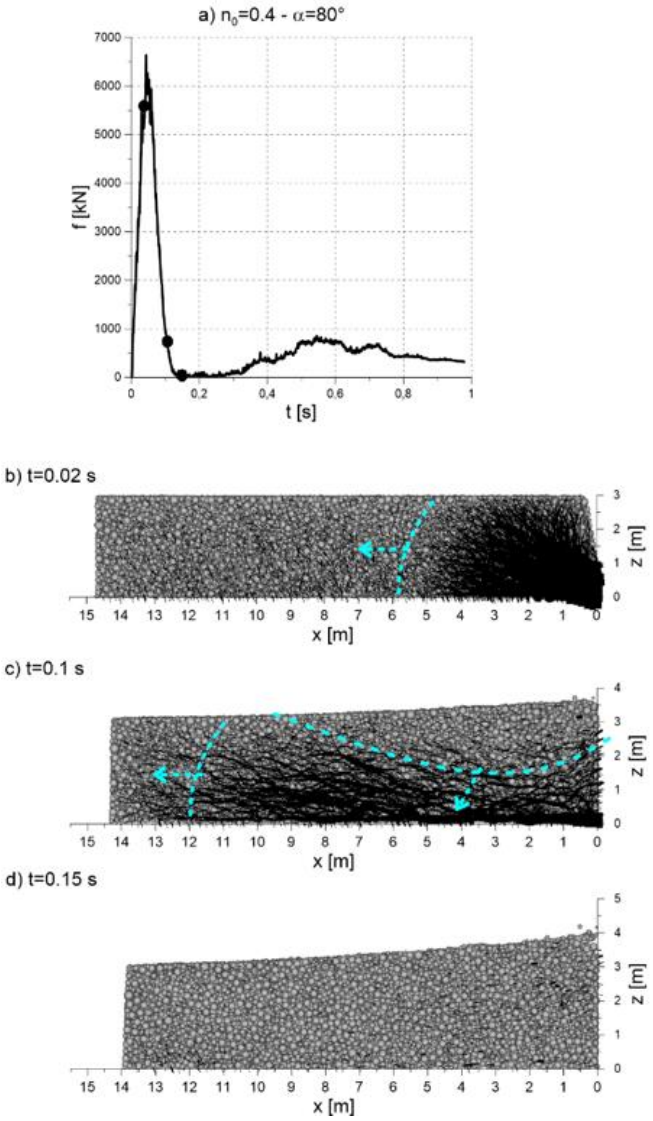
Risultati

- - Formula avanzata per la massima forza di impatto
- Formula per evoluzione temporale della forza di impatto
- **Interpretazione micromeccanica del fenomeno**

Ongoing

-studio dell'effetto di porosità, velocità, inclinazione del fronte e altezza sull'evoluzione temporale della forza

- Simulazione impatti con MPM e il nuovo modello costitutivo



WP5: DISSEMINAZIONE
(Leader: I. Redaelli)

Sito web: www.darflis.polimi.it

Research gate Project

Articoli su riviste internazionali

D. Vescovi, P. Marveggio, C. di Prisco. Saturated granular flows: constitutive modelling under steady simple shear conditions. Submitted to *Géotechnique*.

F. Calvetti, C. di Prisco, I. Redaelli, A. Sganzerla, E. Vairaktaris. Mechanical interpretation of dry granular masses impacting on rigid obstacles. Submitted to *Acta Geotechnica*.

I. Redaelli, C. di Prisco. Three dimensional steady-state locus for dry granular materials: DEM numerical results and theoretical modelling. Submitted to *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanic*.

Presentazioni a conferenze internazionali

D. Vescovi, D. Berzi, C. di Prisco. Fluid-solid transition in unsteady shearing flows. V International Conference on Particle-Based Methods. Hannover (Germany), 26-28 September 2017.

D. Vescovi, D. Berzi, C. di Prisco. Fluid-solid transition in unsteady shearing flows. IV Symposium on Computational Geomechanics. Assisi (Italy), 2-4 May 2018.

I. Redaelli, C. di Prisco. Influence of the inertial number on the steady state locus shape. Micro to Macro – Mathematical modelling in soil mechanics. Reggio Calabria (Italy), 29 May-1 June 2018.

D. Vescovi, D. Berzi, C. di Prisco. Evolving conditions in granular matters: from numerical DEM results to constitutive modelling. Micro to Macro – Mathematical modelling in soil mechanics. Reggio Calabria (Italy), 29 May-1 June 2018.

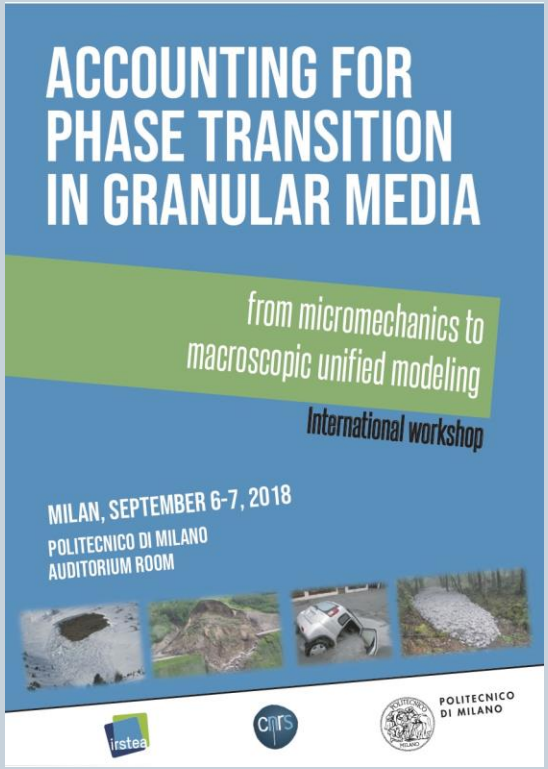
I. Redaelli, C. di Prisco. Steady state under 3D conditions for dry granular materials: from solid to fluid-like regimes. Workshop Accounting for phase transition in granular media. Milano (Italy), 6-7 September 2018.

D. Vescovi, C. di Prisco, D. Berzi. Fluid-solid transition in un steady shearing flows. Workshop Accounting for phase transition in granular media. Milano (Italy), 6-7 September 2018.

P. Marveggio, D. Vescovi, C. di Prisco. Saturated granular flows: modelling under steady simple shear conditions. Workshop Accounting for phase transition in granular media. Milano (Italy), 6-7 September 2018.

I. Redaelli, P. Marveggio, C. di Prisco. Constitutive modelling of phase transition in granular materials. 2nd International Conference on the Material Point Method for Modelling Soil-Water-Structure Interaction. Cambridge (UK), 8-10 January 2019.

Eventi organizzati



In programma

Corso di formazione permanente:
"Progettazione di opere di difesa da crolli e colate rapide"
Lecco 2 Luglio 2019

Grazie per l’attenzione