

Rapporti tecnici

INGV

**Interfaccia grafica GUI per modelli
matematici integrati di formazione,
diffusione e distribuzione del percolato
(progetto SIGLOD)**

326



Direttore Responsabile

Stefano GRESTA

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (INGV - RM1)

Raffaele AZZARO (INGV-CT)

Mario CASTELLANO (INGV-NA)

Viviana CASTELLI (INGV-BO)

Rosa Anna CORSARO (INGV-CT)

Mauro DI VITO (INGV-NA)

Antonio GUARNIERI (INGV-BO)

Marcello LIOTTA (INGV-PA)

Mario MATTIA (INGV-CT)

Milena MORETTI (INGV-CNT)

Nicola PAGLIUCA (INGV-RM1)

Umberto SCIACCA (INGV-RM2)

Alessandro SETTIMI (INGV-RM2)

Salvatore STRAMONDO (INGV-CNT)

Andrea TERTULLIANI (INGV-RM1)

Aldo WINKLER (INGV-RM2)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860068

redazionecen@ingv.it

in collaborazione con:

Barbara Angioni (RM1)



Rapporti tecnici INGV

INTERFACCIA GRAFICA GUI PER MODELLI MATEMATICI INTEGRATI DI FORMAZIONE, DIFFUSIONE E DISTRIBUZIONE DEL PERCOLATO (PROGETTO SIGLOD)

Fabio Bianchi¹, Massimo Chiappini², Raffaele Giordano¹

¹CRATI (Consorzio per la Ricerca e le Applicazioni di Tecnologie Innovative, Rende (CS) - Italy)

²INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Geomagnetismo, Aeronomia e Geofisica Ambientale)

326

Indice

Sommario	7
1. Generalità sulla programmazione e utilizzo della GUI	7
2. Sviluppo della GUI per i modelli matematici di formazione del percolato	8
3. Sviluppo della GUI per i modelli matematici di diffusione e distribuzione del percolato	9
4. Conclusioni	11
Bibliografia	11
Appendice	13

Sommario

Questo rapporto tecnico riguarda lo sviluppo di un'interfaccia grafica, la cosiddetta *Graphic User Interface* (GUI), effettuata nell'ambito del progetto PON SIGLOD per facilitare il compito degli operatori addetti alla gestione delle grandi discariche, nell'utilizzo del modello matematico o *software* per simulazione di percolazione. Lo sviluppo di questa GUI si riallaccia al lavoro di formulazione ed implementazione di modelli matematici di formazione, diffusione e distribuzione del percolato, presentato nei Quaderni di Geofisica n.128[Bianchi et al. 2015]. La GUI si adatta bene all'utilizzo di tecniche di simulazione attraverso modelli matematici dei processi concernenti sia la formazione che la diffusione dei materiali inquinanti. Così, si viene incontro ad un'esigenza pratica per gli operatori di questo settore, fornendo loro il modo di rappresentare gli scenari e dare essenziali informazioni ai cosiddetti *Decisional Support System* (DDS) o sistemi esperti che sovrintendono al controllo e alla gestione di queste strutture. I modelli matematici di simulazione implementati con il programma MATLAB sono stati successivamente incorporati all'interno di un'unica interfaccia, che permette di utilizzarli in combinazione, al fine di ottenere risultati più immediati e chiari.

1. Generalità sulla programmazione e utilizzo della GUI

Tutti i *software* odierni si avvalgono delle cosiddette interfacce grafiche. Da diversi anni, infatti, a partire dai sistemi operativi fino ai programmi di scrittura per documenti, l'interfaccia che l'utente utilizza è solo una "finestra" sul codice sorgente del programma che si sta utilizzando. Tali interfacce hanno sia vantaggi che svantaggi. I vantaggi principali sono la loro estrema semplicità e la loro semplice comprensione da parte dell'utente, caratteristiche essenziali per un programma che sia davvero *user friendly*. D'altra parte, tali specifiche limitano il pieno utilizzo delle funzionalità di un codice, in quanto le funzioni da richiamare ed utilizzare sono solo quelle che il programmatore permette all'utente di vedere sulla schermata del video. Comunque, è ormai pratica comune gestire, programmare e distribuire in questa maniera il *software*. Nel presente rapporto tecnico, sono state implementate due semplici GUI per utente. Queste permettono all'utente sia un inserimento dei dati facilitato, senza intervenire direttamente sul codice che potrebbe risultare più macchinoso e complicato, sia un esposizione dei risultati più intuitiva in quanto permette di richiamare diverse funzioni del programma attraverso dei pulsanti, i quali generano i grafici che si desiderano analizzare. Inoltre, l'utilizzo della GUI impedisce che utenti poco esperti possano alterare il codice sorgente. In prima istanza, MATLAB stesso facilita il compito, permettendo al programmatore di "disegnare" la GUI come se si stesse utilizzando un semplice programma di grafica. Una volta definito lo scheletro della GUI, il *software* genera automaticamente il codice che gestisce i vari componenti grafici dell'interfaccia. I componenti utilizzati sono molteplici:

- pannelli,
- tabelle,
- menù cosiddetti a tendina,
- testi statici,
- testi modificabili,
- grafici,
- radio,
- pulsanti.

Ognuno di questi componenti va personalizzato e quindi dedicato allo scopo prefissato. In particolare, l'attenzione va posta sugli elementi modificabili ed utilizzabili dall'utente. I testi modificabili permettono di inserire i valori per le variabili principali del *software*, associandoli attraverso opportune funzioni di scrittura e lettura del dato inserito: i menù sono arrangiati e compilati secondo le voci che si vogliono rendere utilizzabili. La maggior cura però va presa per i pulsanti che sono i veri interruttori del *software*, infatti ad essi vanno associate le funzioni di calcolo e disegno del *software*. Come accennato in precedenza, il codice del programma è stato scritto in maniera modulare per facilitarne il *debug* e la comprensione, il che aiuta anche a trasportarlo nella forma grafica. Infatti, ad ogni pulsante si associa una funzione specifica la quale viene richiamata quando il mouse preme il pulsante stesso. A questo punto, il *software* legge i valori

precedentemente inseriti nell'interfaccia, li associa alle variabili delle funzioni e ne calcola i risultati, graficandoli all'occorrenza. Nel progetto SIGLOD, tali tecniche si sono rivelate particolarmente efficaci, soprattutto per l'interconnessione dei vari moduli.

2. Sviluppo della GUI per i modelli matematici di formazione del percolato

Per ciò che concerne il processo di formazione, la GUI è quanto di più semplice possa esistere, poiché anche il codice è di estrema semplicità. L'interfaccia si compone di un grafico bidimensionale vuoto, alcuni parametri da stabilire, un pulsante che contemporaneamente legge i valori, associandoli alle rispettive variabili, e calcola i risultati, graficandoli sulla coppia di assi (Figura 1).

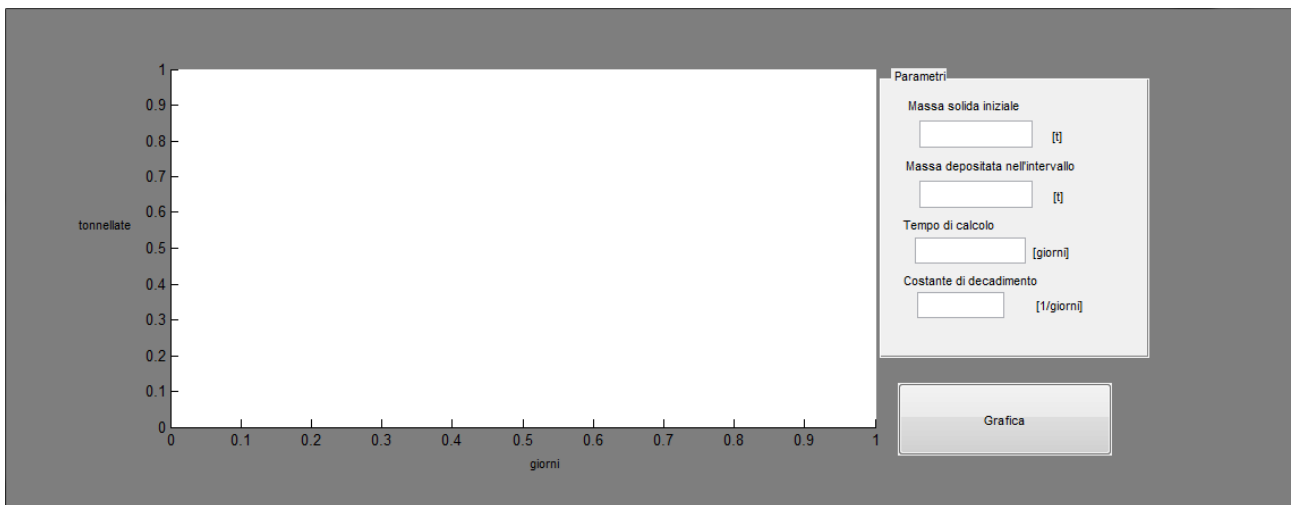


Figura 1. Interfaccia GUI per la formazione dei quantitativi di percolato.

Racchiusi in un pannello denominato “Parametri”, che raccoglie gli oggetti in un unico insieme e permette una loro gestione comune al suo interno, si trovano appositi campi di testo modificabili, i quali vengono gestiti come degli oggetti di classe particolare e possono essere utilizzati attraverso le funzioni classiche di *get* e *set*, rispettivamente per leggere e scrivere. Prima di tutto, la pressione tramite mouse del pulsante “Grafica” va a leggere i valori opportunamente compilati, trascrivendoli in variabili che verranno computate per ottenere il risultato. A seguito della elaborazione, l'*output* viene graficato sulla coppia di assi del *plot* presente nella GUI, anche questo gestito semplicemente come un oggetto, di classe particolare, dal *software* MATLAB. L'algoritmo di base deriva dal modello descritto da Bianchi et al. [2015] e si riassume in termini compatti con la formula seguente:

$$P_n(t > n\tau) = \sum_{i=0}^n D_i (1 - e^{-k_p(t-i\tau)}). \quad (1)$$

Il modello semplificato descritto dall'Eq. (1) fornisce la quantità di percolato P (la frazione liquida del materiale degradato), risultante da una sommatoria di soluzioni integrali per equazioni differenziali calcolate in differenti ritardi di tempo $n\tau$ con $n=1, 2, \dots$, e risolte per una particolare sostanza s a partire dall'istante $t > n\tau$. Le quantità iniziali D_i di materiale degradabile sono espresse in tonnellate [t]. La costante di decadimento k_p , cosiddetta efficace, poiché ingloba tutti i processi di decadimento per le sostanze componenti s , è centrata intorno a un *range* di valori $0.0001-0.09 \text{ s}^{-1}$.

3. Sviluppo della GUI per imodelli matematici di diffusione e distribuzione del percolato

Per quanto riguarda la diffusione e la distribuzione, a causa del codice estremamente più complesso, la programmazione della GUI risulta meno semplice. Infatti, la modularità del *software*, poiché composto da diversi file, anche se da una parte facilita la comprensione, dall'altra implica una serie di accorgimenti in fase progettuale che non sono di semplice intuizione. Infatti, prima di tutto, i diversi moduli vanno richiamati in un ordine opportuno affinché il programma restituisca i risultati giusti e soprattutto i risultati che si stava cercando di ottenere, ed, in secondo luogo, si deve provvedere a che le diverse componenti, moduli e GUI scambino tra di loro diverse informazioni che vanno condivise con alcuni espedienti di programmazione. Infatti, nella maggior parte dei linguaggi di programmazione, anche per semplicità, risparmio di RAM e logica, le variabili utilizzate in una funzione rimangono ad uso esclusivo della funzione stessa, cosicché, qualora si assegnassero valori diversi ad una stessa variabile, non si compromettano il funzionamento e la restituzione del risultato relativo alla funzione. Ci sono diversi modi per risolvere tale problema. Senza entrare nel dettaglio, si può rendere globale una variabile in modo tale che, quando viene richiamata, il *software* le assegna l'ultimo valore assunto all'interno di qualsiasi modulo o funzione. Anche se il metodo non è il più elegante, comunque riesce a rendere accessibile un dato valore in ogni modulo della GUI, composta da molteplici funzioni che scambiano informazioni tra di loro. Se non si accedesse a tali variabili globali, non si potrebbero combinare i diversi risultati di più funzioni, con il fine di gestirli in un'unica variabile i cui valori devono essere graficati nella figura volumetrica (3D), output principale del *software* in oggetto (per esempio, nel caso specifico, i risultati della percolazione verticale e quelli di interpolazione orizzontale).

Al fine di utilizzare correttamente l'interfaccia e le funzionalità integrate in essa, devono essere eseguiti degli *step* in un ordine opportuno. Non si può calcolare il contenuto di acqua in un terreno se non si specifica che tipo di terreno si tratta, né tanto meno se non si danno informazioni precise sia sulla misura che sulla loro posizione relativa o assoluta.

L'interfaccia permette, attraverso l'*upload* di un file *txt* appositamente compilato o l'immissione diretta in una tabella di tipo Excel, di specificare le misure complete di coordinate (latitudine, longitudine). Questi oggetti sono rispettivamente letti e scritti sempre attraverso le funzioni di *get* e *set*. Racchiusi in un pannello denominato "Parametri Tessitura", vi sono diversi campi di testo editabili, descritti dai relativi testi statici, tutti parametri di cui il *software* ha bisogno affinché possa identificare e caratterizzare un tipo di terreno. Oltre a questi campi, che sono totalmente liberi, all'interno del medesimo pannello si trova un menù cosiddetto a tendina. Le voci all'interno di tale menù sono le diverse tessiture riconosciute come standard nella letteratura scientifica. Esse sono, infatti, le quattro classi (Tabella 1) che Van Genuchten [1980] ha parametrizzato per i suoi studi, più tutte le altre classi (Tabella 2) che si trovano nel caratteristico triangolo dei suoli (Figura 2). In questo modo, si dovrebbe includere ogni tipo di suolo che in teoria potrebbe esistere.

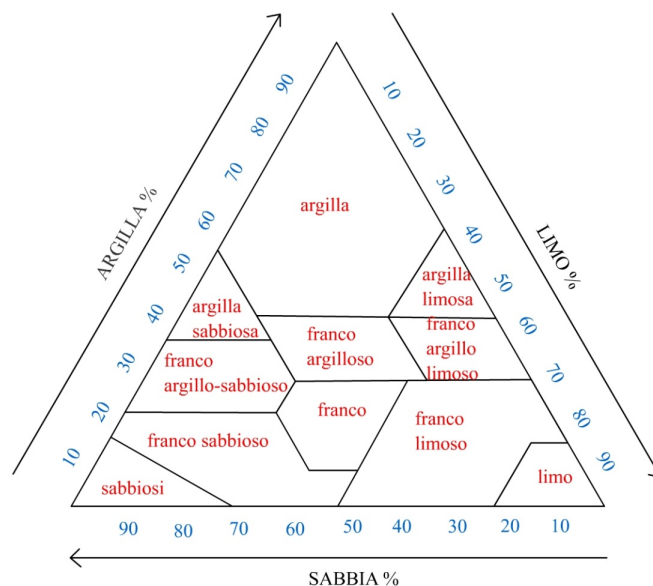


Figura 2. Triangolo rappresentativo delle tessiture del suolo.

SoilName	θ_s cm ³ /cm ³	θ_r cm ³ /cm ³	K_s cm/d	α cm ⁻¹	n
HygieneSandstone	0.25	0.153	108	0.0079	10.4
TouchetSiltLoam	0.469	0.19	303	0.005	7.09
SiltLoam	0.396	0.131	4.96	0.00423	2.06
GuelphLoam	0.52	0.218	31.6	0.0115	2.03

Tabella 1. Parametri del suolo di Van Genuchten [1980].

Textural Class	θ_r [cm ³ /cm ³]	θ_s [cm ³ /cm ³]	α [1/cm]	n
Sand	0.058	0.37	0.035	3.19
Loamy Sand	0.074	0.39	0.035	2.39
Sandy Loam	0.067	0.37	0.021	1.61
Loam	0.083	0.46	0.025	1.31
Silt	0.123	0.48	0.006	1.53
Silt Loam	0.061	0.43	0.012	1.39
Sandy Clay Loam	0.086	0.40	0.033	1.49
Clay Loam	0.129	0.47	0.030	1.37
Silty Clay Loam	0.098	0.55	0.027	1.41
Silty Clay	0.163	0.47	0.023	1.39
Clay	0.102	0.51	0.021	1.20

Tabella 2. Parametri del suolo di Leij et al. [1996].

Selezionando una voce all'interno del menù (Figura 3), il *software*, attraverso la funzione di *set*, imposta i parametri per le caratteristiche del suolo nei campi di testo editabili all'interno del pannello. Così, si fornisce all'utilizzatore una vasta gamma di tessiture, velocizzando il processo di simulazione e, allo stesso tempo, gli si impedisce di commettere errori. Comunque, rimane la possibilità d'inserimento manuale, se si dispone di parametri specifici o direttamente misurati, in modo da rendere la simulazione più vicina possibile alla realtà.

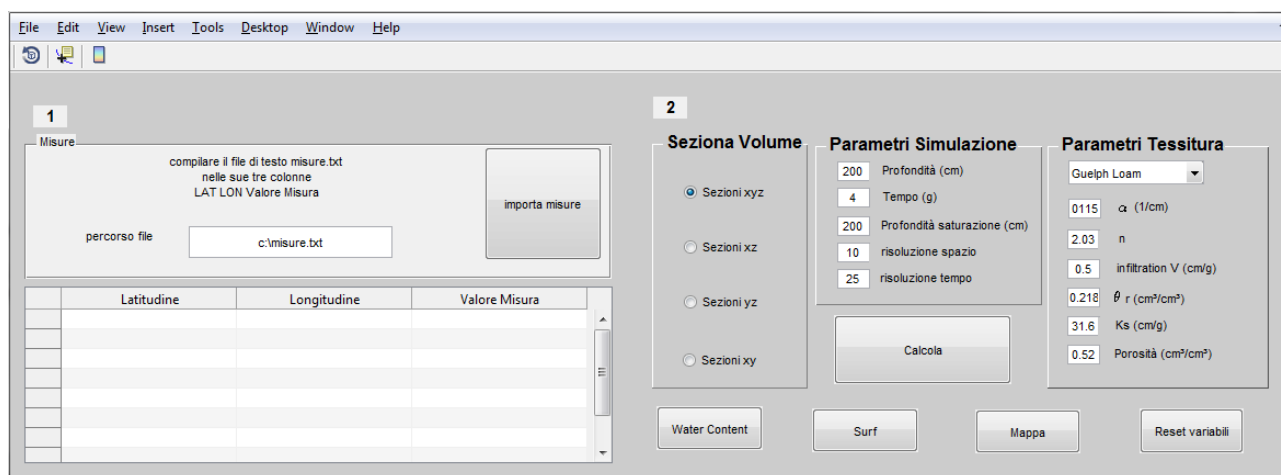


Figura 3. Interfaccia GUI per la diffusione e distribuzione del percolato.

Il modello di diffusione unidimensionale per la forma mista dell'equazione di Richards [1931] valuta il contenuto del fluido (acqua) θ , in $[m^3/m^3]$, in funzione del potenziale di gravità (proporzionale alla profondità) z , in [cm], e del tempo t , in [giorni]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K \frac{\partial}{\partial z} (\Psi + z) \right] = \frac{\partial}{\partial z} \left[K \left(\frac{\partial \Psi}{\partial z} + 1 \right) \right], \quad (2)$$

con ψ gradiente idraulico (o di matrice) e K conduttività idraulica in [m/s]. Nell'Eq. (2), K non è una costante, infatti dipendendo da θ . Per tale ragione, si deve adottare un modello che esprima K come $K(\theta)$ oppure $K(\psi)$. In un mezzo non saturato e poroso, l'Eq. (2) descrive il movimento del fluido, cioè $\theta = \theta(t, z)$ [Van Genuchten, 1980]. L'equazione è differenziale alle derivate parziali e non-lineare, per cui non ha una soluzione analitica in forma chiusa e va integrata numericamente [Leij et al., 1997]. Per passare ad un modello 3D, il programma utilizza un modello statistico alla Krige [Bianchi et al., 2015].

4. Conclusioni

In questo rapporto tecnico è stata sviluppata la *Graphic User Interface* (GUI) per i modelli matematici atti a rappresentare i principali scenari che si sono presentati nell'ambito del progetto PON-SIGLOD. Lo scopo principale del lavoro è stato quello di rendere fruibili i modelli sviluppati per il progetto SIGLOD, senza distribuire e/o intervenire direttamente sul codice sorgente. Inoltre, l'interfaccia consente di dare un aspetto più elegante e allo stesso tempo di proteggere il *software*, rendendo impossibile qualsiasi modifica da parte dell'utente le cui possibilità sono limitate a far variare dei parametri resi editabili dalla GUI, scegliere il tipo di *output* ed, infine, svolgere le varie simulazioni. L'interfaccia, sviluppata in questo contesto, si adatta bene all'utilizzo di tecniche di simulazione attraverso i modelli matematici dei processi concernenti la formazione, la diffusione e la distribuzione del percolato. Tale GUI risponde ad un'esigenza pratica per gli operatori di questo settore, in quanto può essere di supporto al cosiddetto *Decisional Support System* (DDS) o ai sistemi esperti che sovrintendono al controllo e alla gestione di queste strutture.

L'interfaccia è stata implementata con il programma MATLAB, così come i modelli matematici di simulazione. Gli algoritmi derivanti dai modelli sono stati successivamente incorporati all'interno di questa unica GUI che permette di combinarli e integrarli, per una più immediata e semplice presentazione dei risultati.

Bibliografia

- Bianchi F., Chiappini M., Giordano R., (2015). *Formazione, diffusione e distribuzione del percolato: modelli matematici integrati del progetto SIGLOD*. Quaderni di Geofisica, 128, 23 pp.
- Leij F.J., Alves W.J., van Genuchten M.T. and Williams J.R., (1996). *UNSODA: The UNSODA Unsaturated Soil Hydraulic Database - User's Manual Version 1.0*. EPA/600/R-96/095, National Risk Management Research Lab., Ada, OK. Subsurface Protection and Remediation Div., Agricultural Research Service, Riverside, CA. Salinity Lab., 113 pp.
- Leij F.J., Russell W.B. and Lesch S.M., (1997). *Closed-Form Expression For Water Retention And Conductivity Data*. Ground Water, 35 (5), 848-858, doi: 10.1111/j.1745-6584.1997.tb00153.x.
- Richards L.A., (1931). *Capillary conduction of liquids through porous mediums*. J. Appl. Phys., 1 (5), 318-333, doi: 10.1063/1.1745010.
- Van Genuchten M.T., (1980). *A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils*. Soil Sci. Soc. Am. J., 44 (5), 892-898, doi: 10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x.

Appendice

Simulazioni eseguite sul contenuto d'acqua, calcolato come volume occupato da acqua su volume totale, in funzione dello spazio e del tempo

Tramite la GUI vengono impostati i parametri del terreno per le tre tessiture più estreme (argilla, sabbia e limo). Si impostano parametri di simulazione come tempo (4 giorni), profondità di saturazione (200 cm) e profondità di calcolo (200 cm). Inoltre, l'interfaccia permette di impostare la risoluzione dell'*output* che si otterrà sia nel tempo che nello spazio. All'aumentare del dettaglio, ovviamente aumentano i tempi di computazione. Infine, si può scegliere come tagliare il volume per visualizzare i risultati più comodamente: tramite piani orizzontali verticali o combinazioni di questi.

In questo caso, uno *script* automatico genera automaticamente un campo *random* dove vengono estratte delle misure campione. Una volta impostati tutti i parametri, si preme il pulsante denominato "Calcola" ed il *software* esegue una serie di operazioni in quest'ordine:

1. Si generano misure *random* a profondità 0 cm;
2. Viene calcolata la percentuale di acqua nel terreno, in funzione della profondità, attraverso la nota equazione di Richards;
3. Le colonne calcolate sono interpolate con dei piani orizzontali tramite un algoritmo di Krige;
4. Viene generato lo spazio 3D con la percentuale d'acqua in ogni punto;
5. Si calcola l'andamento nel tempo.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti dalle simulazioni, come si evince dalle figure A.1, A.2 e A.3, riportate di seguito, che riguardano rispettivamente le tessiture per il terreno di tipo argilloso, sabbioso e limoso, si può notare come l'argilla sia il terreno con la maggior impermeabilità. Difatti, anche dopo 4 giorni, il contenuto d'acqua in superficie, e nei primi centimetri di terreno, varia molto poco a causa dell'alto grado di ritenzione idrica che caratterizza l'argilla, così contrastando l'effetto della gravità. Al contrario, si nota come la sabbia, invece, fa "percolare" tutto il liquido verso il basso fino ad incontrare la linea di saturazione, che potrebbe rappresentare una falda acquifera sotterranea, mentre la superficie si asciuga con l'andare del tempo. Infine, i terreni di tipo limosi occupano una posizione intermedia tra i due estremi prima descritti.

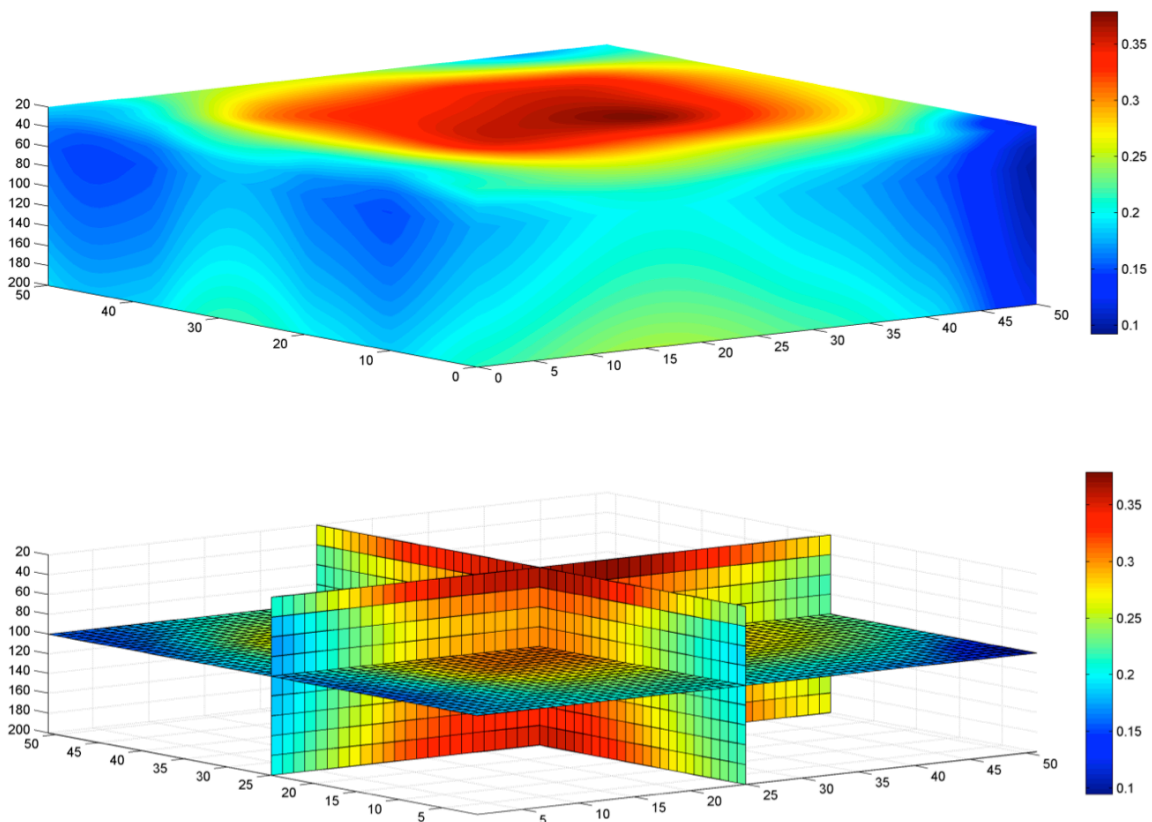


Figura A.1. Simulazione concentrazione acqua (%) per tessitura di tipo: Argilla (tempo =4 giorni).

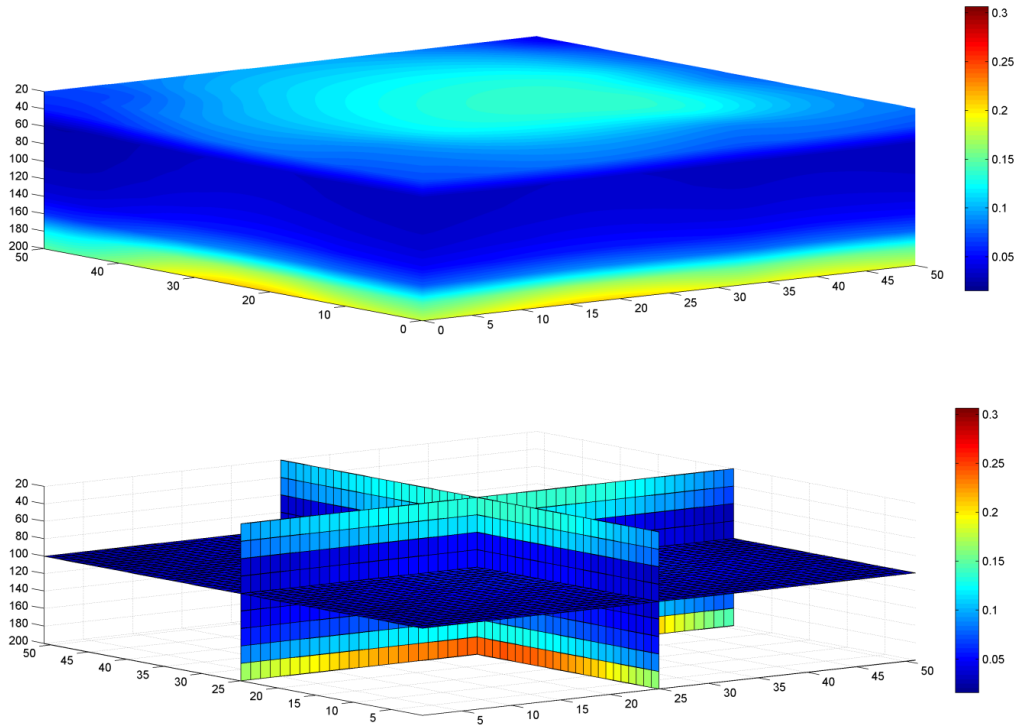


Figura A.2. Simulazione concentrazione acqua (%) per tessitura di tipo: Sabbia (tempo =4 giorni).

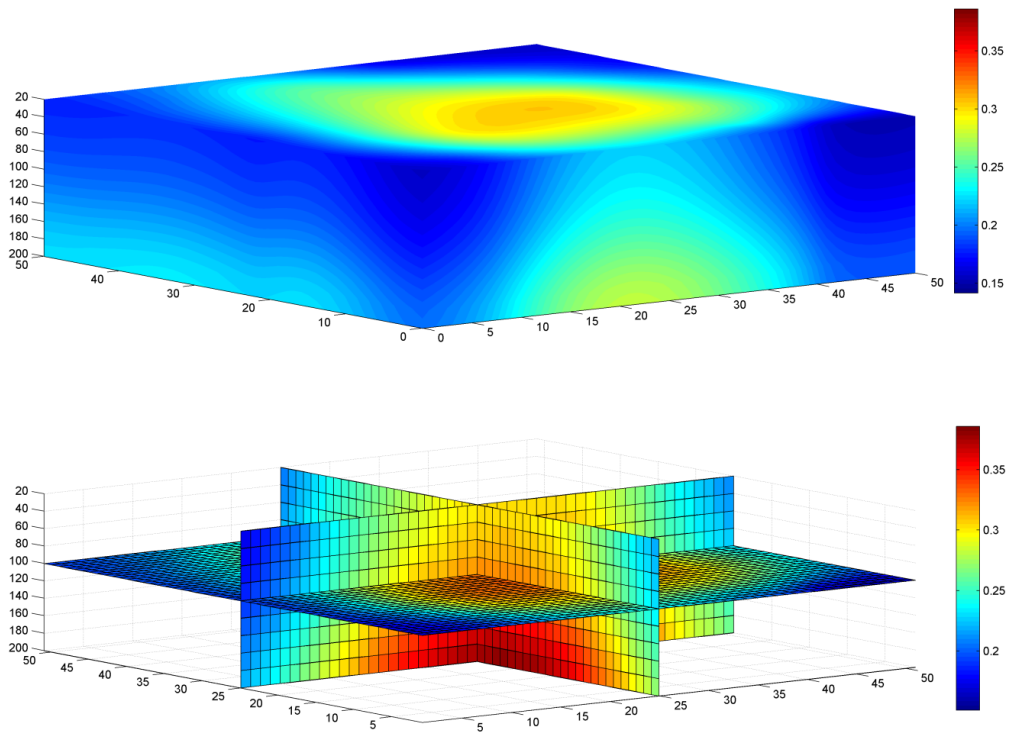


Figura A.3. Simulazione concentrazione acqua (%) per tessitura di tipo: Limo (tempo =4 giorni).

Di seguito, sono riportati due esempi di simulazione per la formazione di percolato.
Il modello calcola la formazione di massa liquida, in funzione del tempo, a partire da massa solida degradabile.

La simulazione in figura A.4 è stata eseguita inserendo i seguenti parametri nell'interfaccia:

- Tonnellate di materiale solido degradabile: 2000.
- Tonnellate di materiale solido degradabile che viene depositato ad intervalli regolari: 50.
- Tempo di simulazione in giorni: 365.
- Costante di decadimento k_p specifica per ogni tipo di solido e con unità di misura [giorni⁻¹]: 0.03.

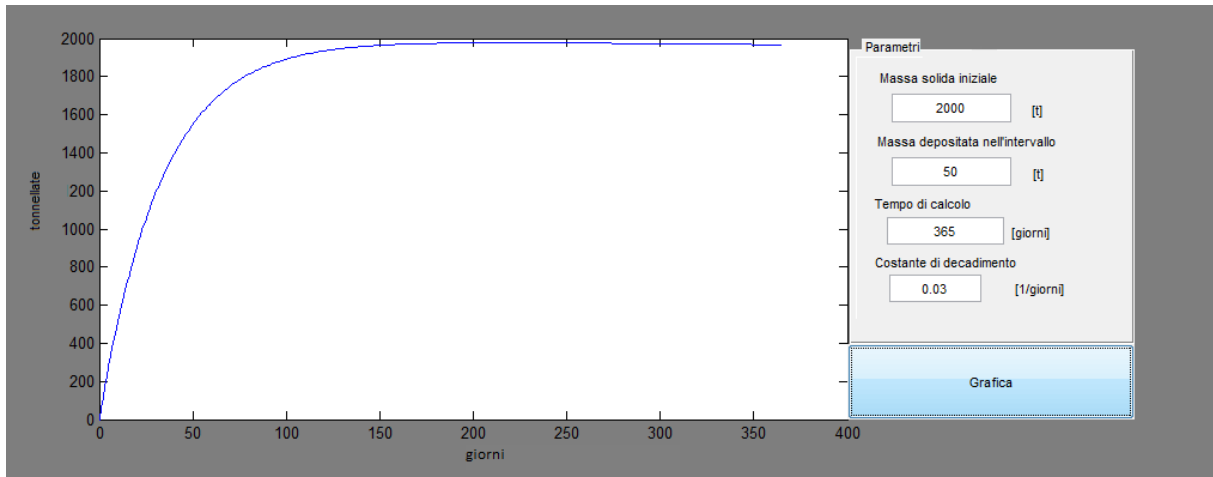


Figura A.4. Simulazione per la formazione di percolato ($k_p = 0.03$ giorni⁻¹), in tonnellate [t].

La simulazione in figura A.5 è stata eseguita inserendo i seguenti parametri nell'interfaccia:

- Tonnellate di materiale solido degradabile: 2000.
- Tonnellate di materiale solido degradabile che viene depositato ad intervalli regolari: 50.
- Tempo di simulazione in giorni: 3650.
- Costante di decadimento k_p specifica per ogni tipo di solido e con unità di misura [giorni⁻¹]: 0.009.

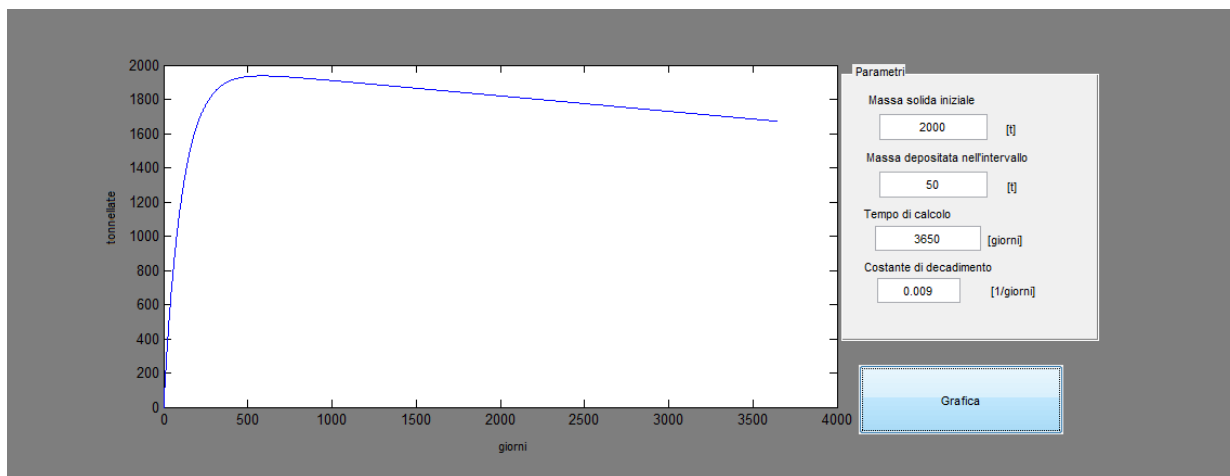


Figura A.5. Simulazione per la formazione di percolato ($k_p = 0.009$ giorni⁻¹), in tonnellate [t].

I risultati evidenziano come la massa liquida raggiunge velocemente un picco, per poi stabilizzarsi e cominciare un lento decadimento.

Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Rapporti tecnici INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2015 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia