



*Ministero dell'Istruzione,
dell'Università e della Ricerca*



UNIVERSITY OF SALERNO

Department of Civil Engineering

*PhD Course in
Risk and Sustainability in Civil Engineering, Architecture,
Environmental Engineering Systems*

Cycle XXXII (2016-2019)

**TRANSPORT MODELLING AND
CONTAMINANT FATE IN UNSATURATED
SOILS: ANALYSIS AND PERSPECTIVES**

Maria Grazia Stoppiello

Supervisor

*Prof. Leonardo Cascini
Prof. Giacomo Viccione*

Coordinator

Prof. Fernando Fraternali

Co-supervisor

*Prof. Giusy Lofrano
Dr. Giuseppe Maria Grimaldi*

Sommario

Negli ultimi anni, la contaminazione delle acque sotterranee è diventata una problematica ambientale di estrema rilevanza a scala mondiale. Il rilascio improprio di sostanze chimiche da diverse sorgenti di contaminazione (discariche, serbatoi di stoccaggio, etc.) ha fortemente compromesso la qualità delle risorse idriche sotterranee. Molti dei processi di destino e diffusione dei contaminanti avvengono nella zona parzialmente satura, destando grande preoccupazione riguardo la protezione della falda acquifera. Per questo motivo, numerosi studi scientifici sui modelli per la simulazione del trasporto di contaminanti nella zona parzialmente satura sono stati sviluppati. L'applicazione di questi modelli a scala di sito presenta, però, diverse criticità relative ai processi coinvolti e alla caratterizzazione idrogeologica del sito contaminato.

La presente tesi vuole fornire un contributo su questo tema, identificando le caratteristiche e i limiti degli strumenti di modellazione esistenti e sviluppando una metodologia di modellazione finalizzata ad applicazioni ingegneristiche in siti contaminati.

Nello specifico, è stato svolto un confronto quantitativo di alcuni modelli analitici, al fine di identificarne caratteristiche e limiti ed evidenziare le differenze nei risultati di ciascuno di essi. Dal confronto è emersa una significativa variabilità dei risultati rispetto alla variazione dei parametri considerati. Inoltre, l'analisi dei modelli ha consentito di identificare tre gruppi, in base alle ipotesi sulla sorgente di contaminazione e sui meccanismi chimico-fisici che si verificano durante il trasporto. Ciascun gruppo è risultato applicabile ad uno specifico scenario di contaminazione.

Successivamente, è stata proposta una procedura di modellazione basata su una previsione a posteriori, che combina un modello di flusso in condizioni stazionarie con un modello di trasporto di massa. In particolare, gli obiettivi della procedura sono stati la riproduzione delle concentrazioni di contaminante misurate nella falda acquifera all'interno del sito e la costruzione di scenari di contaminazione capaci di fornire informazioni sulle possibili sorgenti di contaminazione primarie. La procedura è stata applicata ad un caso studio molto significativo: il sito contaminato di Taranto. La modellazione sviluppata ha permesso di riprodurre in maniera soddisfacente le concentrazioni di contaminanti misurate in sito e gli scenari di contaminazione ottenuti sono stati ritenuti plausibili e coerenti con la solubilità del contaminante analizzato.

Abstract

In recent years, the contamination of groundwater has become a growing threat at global scale. The improper release of chemicals from numerous and different sources (landfills, leaking storage tanks, etc.) in the subsurface has largely affected the quality of the groundwater resources. Many of the fate and transport processes take place into the unsaturated zone posing a great concern in terms of groundwater protection. Because of that, many scientific studies on models for simulating contaminant transport in the unsaturated zone have been carried out. Application of these models to field scale is a challenging task because of several findings related to the involved processes and the hydrogeological characterization of the site.

The present thesis seeks to contribute to this topic, identifying features and limitations of the existing tools and, thus, developing a modelling approach useful for engineering applications to contaminated sites.

In particular, a quantitative comparison of selected analytical models has been developed, in order to identify features and limitations and highlight the differences in the outcomes of the different models. The comparison highlights a significant variability of the results with respect to the variation of the considered parameters. The analysis of the models makes it possible to identify three groups, according to the assumptions on contaminant source and chemical-physical mechanisms occurring during the transport. Each group appears suitable for a different contamination scenario.

A modelling procedure based on a hindcasting simulation combining a steady-state flow model and a mass transport model has been proposed. Specifically, the objectives of the procedure are to reproduce the contaminant concentration measured in the aquifer within the site, to assess the contaminant concentration of the source and, based on that, to give some insights helping to the identification of the primary sources. The procedure has been applied to a significant case study: the Taranto site. The developed modelling has been able to reproduce the measured contaminant concentrations in site and the obtained contamination scenarios have been found plausible and consistent with the solubility of the analysed contaminant.