



KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VIETGEO 2023
THỪA THIÊN HUẾ, NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VIETGEO 2023

BAN TỔ CHỨC:

PGS.TS Võ Thanh Tùng	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Đồng Trưởng ban
PGS.TS Tạ Đức Thịnh	Hội Địa chất công trình và Môi trường Việt Nam	Đồng Trưởng ban
GS.TS Trần Thanh Hải	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Phó Trưởng ban
PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo	Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam	Phó Trưởng ban
PGS.TS Nguyễn Văn Lâm	Hội Địa chất thủy văn Việt Nam	Phó Trưởng ban
TS Phan Tuấn Anh	Trường Đại học khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
PGS.TS Lê Văn Thăng	Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM	Ủy viên
PGS.TS Lê Hoài Đức	Trường Đại học Giao thông vận tải	Ủy viên
PGS.TS Đỗ Quang Thiên	Trường Đại học khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
PGS.TS Bùi Trường Sơn	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Trường Thọ	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
ThS Nguyễn Thanh Bình	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Nguyễn Thị Thanh Huyền	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên

BAN KHOA HỌC:

PGS.TS Bùi Trường Sơn	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS Trần Thanh Nhân	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Phó Trưởng ban
GS.TS Đỗ Minh Đức	Trường Đại học Khoa học tự nhiên - ĐHQGHN	Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Nụ	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS Đậu Văn Ngộ	Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM	Ủy viên
PGS.TS Phạm Quý Nhân	Hội Địa chất thủy văn Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Đức Mạnh	Trường Đại học Giao thông vận tải	Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Quang Tuấn	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Nguyễn Bách Thảo	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Nguyễn Tiến Hùng	Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam	Ủy viên
TS Lê Quang Duyên	Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam	Ủy viên
TS Nguyễn Văn Phóng	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Nguyễn Thành Dương	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Phạm Đức Thọ	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Bùi Trọng Vinh	Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM	Ủy viên
TS Đào Hồng Hải	Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM	Ủy viên
TS Nguyễn Công Định	Trường Đại học Giao thông vận tải	Ủy viên
TS Nguyễn Thị Thanh Nhân	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Trần Thị Phương An	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Trần Hữu Tuyên	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Nguyễn Thị Thủy	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Hoàng Ngô Tự Do	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Bùi Thị Thu	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Đỗ Thị Việt Hương	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên

BAN THƯ KÝ:

TS Nguyễn Thành Dương	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS Trần Thanh Nhân	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Phó Trưởng ban
TS Nguyễn Thị Thủy	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
ThS Phạm Thị Ngọc Hà	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
ThS Nguyễn Văn Hùng	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Nguyễn Thị Thanh Nhân	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Trần Thị Phương An	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VIETGEO 2023

**THỪA THIÊN HUẾ, VIỆT NAM
NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023**

**ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT
VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN
BỀN VỮNG - VIETGEO 2023**

Ban biên tập:

**TẠ ĐỨC THỊNH
BÙI TRƯỜNG SƠN
NGUYỄN VĂN LÂM
NGUYỄN THÀNH DƯƠNG
TRẦN THANH NHÀN
NGUYỄN VĂN HÙNG**



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

VIETGEO 2023

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG - VIETGEO 2023

**THỪA THIÊN HUẾ, VIỆT NAM
NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023**

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Hội Địa chất công trình và Môi trường Việt Nam
Hội Địa chất thủy văn Việt Nam
Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam
Trường Đại học Mở - Địa chất
Trường Đại học Giao thông Vận tải
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP Hồ Chí Minh

ĐƠN VỊ ĐỒNG HÀNH

Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Mở - Địa chất
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP Hồ Chí Minh
Công ty TNHH XNK Phú Thành Phát
Công ty TNHH Nam Miền Trung
Công ty Cổ phần Khoa học Công nghệ Bách khoa TP Hồ Chí Minh
Trung tâm Nghiên cứu Địa kỹ thuật
Công ty TNHH Premium Silica Huế
Công ty Cổ phần tư vấn địa chất CT Đà Nẵng
Công ty CP Đầu tư phát triển GMC

MỤC LỤC

Chủ đề I. ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

- NGUỒN HÌNH THÀNH TRỮ LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT VÙNG ĐỒNG BẰNG TỈNH HÀ TĨNH
Dương Thị Thanh Thủy, Hoàng Thăng Long.....6
- NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA VỎ TRỐNG HAI ĐƯỜNG HÀM VÀ KẾT CẤU NGÀM
CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG LÂN CẬN TRONG ĐÔ THỊ
Đỗ Ngọc Thái, Nguyễn Thế Mộc Chân.....12
- PHÂN TÍCH CHỌN THÔNG SỐ THÍ NGHIỆM BA TRỤC ĐỘNG PHÙ HỢP CHO CÔNG TRÌNH
ĐIỆN GIÓ Ở VIỆT NAM
Nguyễn Văn Phóng, Đỗ Hồng Thắng.....21
- NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ THẨM NƯỚC NGÀM TRONG CÁC LỚP ĐẤT ĐÁ TỚI SỰ
ỔN ĐỊNH CỦA HỒ MÓNG TẦNG HÀM NHÀ CAO TẦNG TẠI VIỆT NAM
Nguyễn Chí Thành.....31
- NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ, NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC VÀ MỘT SỐ YẾU TỐ
CHÍNH ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ LÀM VIỆC CỦA TƯỜNG CHẮN ĐẤT CỐT LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT
Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn, Phạm Minh Tuấn, Mai Văn Toàn.....41
- PHÂN NHÓM SUY THOẢI NGUỒN NƯỚC MẠCH LỘ KARST VÙNG NÚI CAO, KHAN HIỀM
NƯỚC KHU VỰC MIỀN NÚI BẮC BỘ
*Đào Đức Bằng, Nguyễn Văn Trãi, Nguyễn Minh Việt, Nguyễn Văn Lâm, Trần Vũ Long,
Kiều Thị Vân Anh, Vũ Thu Hiền, Dương Thị Thanh Thủy, Đỗ Anh Đức, Bùi Mạnh Bằng,
Nguyễn Văn Thắng*.....50
- ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ẪN MÒN CỦA NƯỚC NGÀM ĐỐI VỚI CÁC KẾT CẤU BÊ TÔNG MÓNG
CÔNG TRÌNH KHU VỰC ĐỒNG BẰNG VEN BIỂN PHÍA BẮC TỈNH QUẢNG TRỊ
*Hoàng Ngô Tự Do, Trần Thị Ngọc Quỳnh, Nguyễn Thị Thanh Nhân, Hoàng Hoa Thám,
Lê Thanh Phong*.....57
- NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH PHƯƠNG ÁN THOÁT NƯỚC MỎ THAN TRÀNG BẠCH,
ĐÔNG TRIỀU, QUẢNG NINH PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
Trần Quang Tuấn.....67
- MỘT SỐ VẤN ĐỀ LIÊN QUAN ĐẾN VIỆC LỰA CHỌN TUYẾN KHI THIẾT KẾ ĐƯỜNG
Ô TÔ XÂY DỰNG MỚI QUA VÙNG ĐỒI NÚI THEO HƯỚNG TIẾP CẬN MỚI
Nguyễn Đức Đảm, Nguyễn Đức Mạnh, Phạm Thái Bình.....77
- XÁC ĐỊNH TỐC ĐỘ NGÀM TRONG ĐỐI KHÔNG BẢO HÒA CỦA CÁC THÀNH TẠO BỎ RỜI
PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU MỘT SỐ THÔNG SỐ DỊCH CHUYỂN KIM LOẠI NẶNG VÀO TẦNG
CHỨA NƯỚC
*Trần Quang Tuấn, Đào Đức Bằng, Trần Vũ Long, Nguyễn Văn Lâm, Kiều Thị Vân Anh,
Vũ Thu Hiền, Dương Thị Thanh Thủy, Nguyễn Bách Thảo, Nguyễn Thanh Minh*.....86
- VỀ CÔNG TÁC ĐÁNH GIÁ CHỈ TIÊU CHẤT LƯỢNG KHÓI ĐÁ RQD BẰNG MÁY GHI HÌNH LỖ
KHOAN KHẢO SÁT
Đào Việt Đoàn.....96

XÁC ĐỊNH TỐC ĐỘ NGÂM TRONG ĐỐI KHÔNG BẢO HÒA CỦA CÁC THÀNH TẠO BỜ RỜI PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU MỘT SỐ THÔNG SỐ DỊCH CHUYỂN KIM LOẠI NẶNG VÀO TẦNG CHỨA NƯỚC

Trần Quang Tuấn^{1,*}, Đào Đức Bằng¹, Trần Vũ Long¹, Nguyễn Văn Lâm¹, Kiều Thị Vân Anh¹,
Vũ Thu Hiền¹, Dương Thị Thanh Thủy¹, Nguyễn Bách Thảo¹, Nguyễn Thanh Minh².

¹Trường Đại học Mở - Địa chất; ²Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Trung

*Tác giả chịu trách nhiệm: tranquangtuan@humg.edu.vn

Tóm tắt

Để đánh giá sự dịch chuyển một số kim loại nặng từ nguồn ô nhiễm vào các tầng chứa nước trong các thành tạo bờ rời cần phải xác định các thông số dịch chuyển đặc trưng như hệ số trữ, độ ẩm của đất đá, tốc độ ngấm và sự biến đổi nồng độ của các chất gây ô nhiễm trong đối không bảo hòa. Trong nghiên cứu này, tốc độ ngấm của nước trong đối không bảo hòa nước đã được xác định bởi sử dụng kết hợp hai phương pháp đổ nước khác nhau: đổ nước hố đào theo N.X. Netxterôp và áp lực âm Minidisk (MDI). Các phương pháp này đã được áp dụng cho các tỉnh đồng bằng Bắc Bộ và khu vực ven biển miền Trung. Kết quả thí nghiệm đổ nước bằng vòng kẹp cho thấy, các khu vực thí nghiệm ở bãi rác Bình Tú - Tiến Thành, TP. Phan Thiết và bãi rác Phước Tiến, TX. La Gi, Bình Thuận có tốc độ ngấm lớn hơn rất nhiều lần (khoảng 6.10^{-5} - 2.10^{-4} m/s) so với khu vực ở vùng Châu Khê, Bắc Ninh (khoảng 10^{-7} - 10^{-8} m/s). Phương pháp áp lực âm cũng cho kết quả có xu hướng tương tự, với tốc độ ngấm ở vùng Bình Thuận (5 ml/phút) lớn hơn nhiều so với vùng Bắc Ninh (khoảng 1 ml/2-5 phút). Từ các kết quả này, các tác giả sử dụng để phục vụ tính toán các thông số đặc trưng cho quá trình dịch chuyển vật chất trong đối không bảo hòa để dự báo xâm nhập một số kim loại nặng từ các bãi chôn lấp, bãi đổ thải của các khu công nghiệp, các làng nghề vào các tầng chứa nước.

Từ khóa: thí nghiệm đổ nước vòng kẹp; Minidisk; không bảo hòa nước; tốc độ ngấm nước.

1. Đặt vấn đề

Ô nhiễm đất và nước ngầm đã trở thành một vấn đề toàn cầu kể từ khi công nghiệp hóa và nông nghiệp cơ giới hóa ra đời. Một số chất gây ô nhiễm như các kim loại nặng từ các nguồn ô nhiễm khác nhau như các khu công nghiệp, các bãi đổ thải, các bãi chôn lấp ở khu vực nông thôn và thành thị, chất thải sinh hoạt, phân bón, có thể tồn tại trên mặt đất và dưới bề mặt đất trong nhiều thập kỷ, thậm chí là thế kỷ (Nguyễn Văn Lâm và nnk., 2020; Vũ Ngọc Kỳ và nnk., 2001). Hầu hết, các chất gây ô nhiễm xảy ra trong tự nhiên dưới dạng nguồn điểm hoặc nguồn phân tán. Ví dụ về ô nhiễm nguồn điểm là các bãi rác đô thị (bãi chôn lấp), chất thải công nghiệp, rò rỉ và tràn, rò rỉ từ bể chứa ngầm chứa dung môi, tràn đổ hóa chất trong quá trình vận chuyển đường bộ, đường sắt và kho dự trữ xảy ra do nước thải từ nhà vệ sinh và hố ga, rò rỉ cống rãnh và bể tự hoại.

Quá trình phát triển kinh tế và gia tăng dân số ở các nước trên thế giới cũng như tại Việt Nam khiến cho nhiều chất thải xả thải ra môi trường (Nguyễn Văn Lâm và nnk., 2020). Trong số các chất đó thì các loại gây ô nhiễm làm hạn chế khả năng sử dụng tài nguyên nước nói chung và tài nguyên nước dưới đất nói riêng cần đặc biệt chú ý đến các kim loại nặng có trong chất thải. Kim loại nặng là vật chất có khối lượng riêng lớn hơn 5 g/cm^3 , ví dụ như Ag, Cd, Cu, Fe, Mn và Zn, bản thân các nguyên tố kim loại nặng và hợp chất của chúng tương đối ổn định, khó bị phân giải và khó di chuyển. Điều kiện di chuyển của chúng phụ thuộc vào đặc điểm địa hóa của môi trường, phụ thuộc vào hành vi địa hóa của mỗi nguyên tố. Để có thể đánh giá được nguồn nước dưới đất ở một khu vực nào đó có nguy cơ ô nhiễm do kim loại nặng nói riêng và các chất ô nhiễm khác nói chung cũng cần thiết phải xem xét tổng hòa mối liên quan giữa địa tầng địa chất, đặc điểm thạch học và đặc điểm địa hóa của khu vực nghiên cứu.

Trên cơ sở đó, để giải quyết những vấn đề này và định hướng phát triển kinh tế theo hướng công nghiệp hóa gắn liền với bảo vệ môi trường, giúp môi trường được cải thiện và nâng cao hiểu biết của con người về chất lượng môi trường, đặc biệt là môi trường nước dưới đất và nước mặt, nghiên cứu này đã tiến hành nhiều công việc hiện trường. Một trong những công việc đó là, nghiên cứu đã tiến hành điều tra khảo sát hiện trường và đã lựa chọn các khu vực đặc trưng, khảo sát các nguồn thải, các bãi thải, các bãi chôn lấp chất thải, bãi tập kết rác có khả năng gây ô nhiễm lớn từ các làng nghề, từ các khu, cụm công nghiệp, dân sinh và các nguồn khác có nguy cơ ô nhiễm kim loại nặng đến các tầng chứa nước dưới đất tại các vùng Bắc Ninh và ven biển Bình Thuận.

Để giải quyết những vấn đề này, các nghiên cứu về việc ngấm của các chất ô nhiễm từ trên mặt đất xuống các địa tầng và nước dưới đất là cần thiết. Tốc độ ngấm của các chất hòa tan trong môi trường nước lại phụ thuộc lớn vào tốc độ ngấm của nước trong môi trường. Tuy nhiên, tốc độ ngấm của nước và các chất qua đới thông khí phụ thuộc lớn vào độ ẩm của đất đá (William A. et al., 2004; Jacob H. et al., 2002; Lichner et al., 2007; Ankeny M.D. et al., 1991). Từ trên mặt đất xuống thì đới không bão hòa là đới đất đá gặp đầu tiên. Vì vậy, việc xác định tốc độ ngấm của nước từ trên mặt đất xuống là thông số rất cần thiết cho việc tính toán các thông số dịch chuyển. Do nước ngấm trong đới không bão hòa sẽ lan truyền theo điều kiện không bão hòa và khác biệt so với tốc độ ngấm trong điều kiện bão hòa. Chính vì vấn đề này nên cần phải thực hiện các thí nghiệm xác định tốc độ ngấm không bão hòa này.

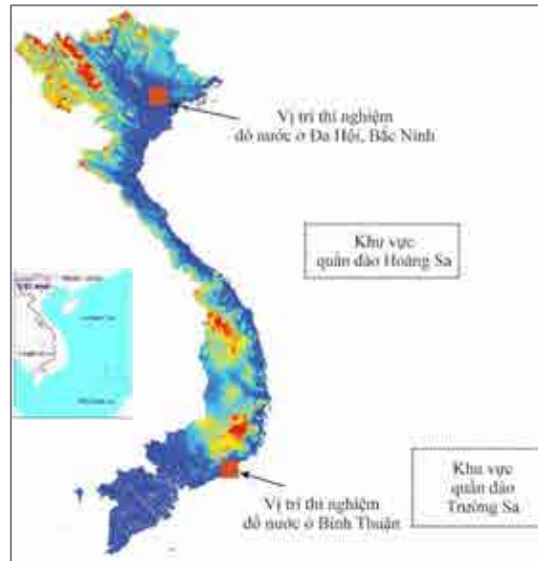
Nghiên cứu này đã được thực hiện với mục đích trình bày thí nghiệm ngoài trời xác định tốc độ ngấm không bão hòa của nước trong đới không bão hòa nước các lớp đất đá gần trên mặt đất phục vụ cho các tính toán về di chuyển của nước và các chất ô nhiễm, nhằm để phục vụ tính toán các thông số dịch chuyển của một số kim loại nặng trong đới không bão hòa và giải bài toán dự báo quá trình di chuyển chất bản từ nguồn gây bản vào tầng chứa nước.

2. Vùng nghiên cứu

Dựa vào kết quả của các quá trình khảo sát thực địa, chúng tôi nhận thấy rằng có nhiều khu vực nguồn nước dưới đất và nước mặt có thể bị ảnh hưởng ô nhiễm từ các nguồn ô nhiễm khác nhau, đặc biệt là tại 2 khu vực đồng bằng Bắc Bộ (ví dụ các làng nghề tỉnh Bắc Ninh) và khu vực ven biển miền Trung (ví dụ các vùng cát ven biển tỉnh Bình Thuận) (Hình 1). Bắc Ninh là một trong những tỉnh thuộc vùng kinh tế trọng điểm vùng Bắc Bộ và là tỉnh phát triển các ngành công nghiệp hàng đầu của cả nước. Trong vùng có rất nhiều làng nghề và nhiều làng nghề có lịch sử tồn tại hàng trăm năm, được phân bố rộng khắp trên địa bàn các huyện trong tỉnh. Tuy nhiên, các làng nghề có quy mô sản xuất nhỏ lẻ, dây chuyền công nghệ mang tính thủ công, lạc hậu, tiêu tốn nhiều nhiên liệu, nguyên liệu, phần chất thải thừa đổ ra môi trường nhiều. Mặt khác, không có hệ thống xử lý chất thải, nước thải, khí thải đồng bộ và đảm bảo vệ sinh môi trường. Trong số 6 làng nghề sản xuất gây ô nhiễm nhất có làng nghề tái chế thép ở Đa Hội. Nó gây ô nhiễm nghiêm trọng cả môi trường không khí, nước và đất, đặc biệt là ô nhiễm các kim loại nặng như Pb, Cu và Zn. Theo đánh giá của chúng tôi, các vùng trọng điểm có nguy cơ gây ô nhiễm kim loại nặng nhất trong tỉnh Bắc Ninh là vùng Mẫn Xá và Đa Hội. Ở khu vực Mẫn Xá, lớp đất sét tương đối dày. Ngược lại, ở Đa Hội (Châu Khê) lớp sét mỏng hơn. Vì vậy, vị trí thí nghiệm đặc trưng nhất cho thí nghiệm đổ nước là vùng Đa Hội.

Vùng cát ven biển Bình Thuận mang đặc điểm chung là khả năng tự bảo vệ kém, các chất ô nhiễm dễ dàng di chuyển vào tầng chứa nước và gây nhiễm bản nước dưới đất. Tại Bình Thuận, có 2 khu vực bãi rác có nguy cơ rất lớn gây ô nhiễm tới nước dưới đất, đó là khu vực bãi rác Bình Tú - Tiên Thành, TP. Phan Thiết, với thành phần rác thải đổ vào bãi rác là tất cả rác thải ra từ TP. Phan Thiết. Theo quy định các rác thải đổ tại Bình Tú là rác thải sinh hoạt. Tuy nhiên, theo khảo sát của chúng tôi, ngoài rác thải sinh hoạt còn một lượng rất lớn rác công nghiệp như các rác thải sắt thép từ hàn tiện, bóng đèn, vật liệu thừa từ tái chế nhựa và mỗi ngày bãi rác tiếp nhận khoảng 75000 tấn rác chưa qua sơ chế. Rác tại bãi rác được đổ trực tiếp lên đất cát của tầng chứa nước Holocen. Với lượng rác lớn nhưng tại bãi rác không có công nghệ xử lý mà chỉ đốt và chôn lấp nên bãi rác gây ô nhiễm môi trường không khí, đất và nước nghiêm trọng. Khu vực bãi

rác Phước Tiên, xã Tân Phước, TX. La Gi, huyện Hàm Tân rộng 5 ha, là nơi chứa toàn bộ lượng rác thải của TX. La Gi. Khi còn hoạt động, bãi rác hàng ngày tiếp nhận hàng nghìn tấn một ngày. Lượng rác thải này bao gồm cả rác thải sinh hoạt và rác thải từ sản xuất nông lâm thủy sản và công nghiệp. Rác thải các loại không qua sơ chế và đổ lộ thiên. Rác đổ trực tiếp lên lớp cát của trầm tích Pleistocen, đáy bãi rác không được gia cố bằng vật liệu chống thấm, rác chỉ được đốt và chôn lấp không có công nghệ xử lý nên gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng về mùi, ruồi muỗi, đặc biệt làm ô nhiễm nguồn nước tầng chứa nước Pleistocene và tầng chứa nước nứt nẻ có nguồn gốc magma.



Hình 1. Vị trí các khu vực thí nghiệm đo nước

Chính vì vậy, vấn đề nghiên cứu quá trình dịch chuyển chất ô nhiễm ở khu vực này rất cần được quan tâm. Cụ thể 2 địa điểm đó là:

- Làng nghề Đa Hội, phường Châu Khê, TP. Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh;
- Bãi rác Bình Tú - Tiên Thành, xã Tiên Thành, TP. Phan Thiết và bãi rác Phước Tiên, xã Tân Phước, TX. La Gi, huyện Hàm Tân, tỉnh Bình Thuận.

3. Phương pháp nghiên cứu và quá trình thí nghiệm

Để tiến hành nghiên cứu này, nhóm tác giả đã sử dụng nhiều phương pháp nghiên cứu. Trước tiên, nhóm tác giả đã tiến hành nhiều đợt khảo sát thực địa tại tất cả các khu vực thuộc đồng bằng Bắc Bộ và các tỉnh ven biển Việt Nam. Sau đó, các đợt thực địa chi tiết để tìm các nguồn có khả năng gây ô nhiễm tới nước dưới đất đã được thực hiện tại 2 khu vực, đó là làng nghề Đa Hội, phường Châu Khê, TP. Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh và khu vực bãi rác Bình Tú - Tiên Thành, xã Tiên Thành, TP. Phan Thiết và khu vực bãi rác Phước Tiên, xã Tân Phước, huyện Hàm Tân, tỉnh Bình Thuận. Tiếp theo, các thí nghiệm đo nước để giải quyết các mục đích đặt ra được tiến hành bằng các phương pháp khác nhau tại các khu vực đã kể trên. Các phương pháp đo nước thí nghiệm vòng kép của N.X. Netxtêrôp (Hình 2) và thí nghiệm áp lực âm (Hình 3) được thực hiện đồng thời ngoài thực địa trong thời gian tháng 3 năm 2023. Do điều kiện thời tiết, các trang thiết bị và các nguyên nhân khác nhau, khu vực Đa Hội, phường Châu Khê, TP. Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh được tiến hành thí nghiệm trước; sau đó, các thí nghiệm đo nước tại các khu vực Bình Thuận được thực hiện sau.

Trong các vùng thí nghiệm, đối với thí nghiệm đo nước vòng kép: Phương pháp này sử dụng hai vòng chắn đặt đồng tâm, với vòng to (vòng ngoài) có đường kính trong 50 cm, vòng nhỏ (vòng trong) có đường kính trong 25 cm; không chế cột nước áp lực không đổi ở vòng trong và vòng ngoài đều bằng 10 cm. Đo lượng nước tiêu tốn do thấm qua đáy vòng nhỏ cho đến khi đạt lưu lượng ổn định thì dừng. Áp dụng định luật Darcy và có xét tới lực mao dẫn để tính hệ số thấm của đất.

Khi đó, hệ số thấm của đất được tính theo công thức sau:

$$K_{th} = \frac{Q_c \times H}{F(H_0 + H_k + H)} \quad (1)$$

Trong đó:

K_{th} : hệ số thấm của đất, cm/s;

Q_c : lưu lượng thấm ổn định, cm³/s;

F : diện tích tiết diện thấm, $F = \frac{3,14 \times D^2}{4}$, cm²; với D là đường kính trong của vòng chắn nhỏ, cm.

H_0 : chiều cao cột nước thí nghiệm ở trong vòng chắn, luôn không đổi và bằng 10 cm;

H : chiều sâu nước thấm vào đất sau khi kết thúc thí nghiệm, cm;

H_k : áp lực mao dẫn, tùy thuộc vào loại đất được xác định hệ số thấm, được lấy gần đúng theo (Đoàn Văn Cảnh và nnk., 2002; Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8731, 2012).

Thêm vào đó, để xác định tốc độ ngấm (u) không bão hòa của nước trong đất không bão hòa nước, nghiên cứu này đã sử dụng thiết bị đo tốc độ ngấm sử dụng đĩa căng (Tension disk infiltrometer). Khi đó, tốc độ ngấm không bão hòa được xác định thông qua lượng nước mất đi đo được bằng dụng cụ ngấm đĩa căng. Tốc độ này được tính toán như sau:

$$u = ((V_{bd} - V_{kt})/t)/S \quad (2)$$

Trong đó:

u : vận tốc ngấm không bão hòa (cm/ngày hoặc cm/s);

V_{bd}, V_{kt} : thể tích nước trong khoang thí nghiệm khi bắt đầu và kết thúc thí nghiệm (cm³);

t : thời gian thực hiện thí nghiệm (phút);

S : diện tích đĩa thấm (cm²).



Hình 2. Thí nghiệm đổ nước hố đào trong vùng nghiên cứu.



Hình 3. Thí nghiệm đo tốc độ ngấm sử dụng đĩa sức căng trong vùng nghiên cứu.

4. Kết quả

4.1. Thí nghiệm thấm vòng kép N.X. Nexterôp

Tại các vị trí thí nghiệm đã lựa chọn khu vực làng nghề Đa Hội, phường Châu Khê, TP. Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh, nghiên cứu này đã tiến hành thí nghiệm đổ nước vòng kép tại 15 điểm nghiên cứu. Các kết quả thí nghiệm được đưa ra trong Bảng 1.

Các kết quả đổ nước thí nghiệm tại khu vực bãi rác Bình Tú - Tiên Thành (11 vị trí) và khu vực bãi rác Phước Tiến (4 vị trí). Các kết quả xác định tốc độ ngấm bão hòa và hệ số thấm K_{th} trong đất không bão hòa được đưa ra trong Bảng 2.

Bảng 1. Tính toán hệ số thấm theo phương pháp đồ nước thí nghiệm của Nerxterop tại Bắc Ninh

STT	Đường kính vòng trong	Tiết diện vòng trong	Chiều cao cột nước vòng trong	Chiều cao dâng mao dẫn (áp lực mao dẫn)	Chiều sâu nước thấm vào đất sau khi kết thúc thí nghiệm	Diện tích đáy ống cấp nước, d = 110 mm	Cột nước tiêu hao	Lưu lượng nước thấm ổn định	Hệ số thấm	Hệ số thấm	Loại đất (xác định sơ bộ ngoài thực địa)
	D (cm)	$F = (3,14 \times D^2) / 4$ (cm ²)	H ₀ (cm)	H _k (cm)	H (cm)	$F_{\text{đáy}} = (3,14 \times d^2) / 4$ (cm ²)	h (cm/s)	$Q_c = F_{\text{đáy}} \times h$ (cm ³ /s)	K _{th} (cm/s)	K _{th} (m/ngày)	
1	25	490,63	10	100	1,5	94,985	0,001	0,094985	2,60448E-06	0,002250274	Sét bột
2	25	490,63	10	100	0,5	94,985	4,38596E-05	0,004166009	3,84218E-08	3,31965E-05	Sét
3	25	490,63	10	100	0,5	94,985	8,33333E-05	0,007915417	0,000000073	0,000063073	Sét
4	25	490,63	10	80	7,0	94,985	0,02	1,8997	0,000279423	0,241421196	Bột
5	25	490,63	10	80	15,0	94,985	5,55556E-05	0,005276944	0,000001537	0,001327543	Bột
6	25	490,63	10	100	1,0	94,985	9,80392E-05	0,009312255	0,000000171	0,000147739	Sét
7	25	490,63	10	100	1,0	94,985	0,000183333	0,017413917	0,000000320	0,000376272	Bột sét
8	25	490,63	10	80	2,0	94,985	0,000155556	0,014775444	0,000000655	0,000165649	Sét
9	25	490,63	10	80	1,0	94,985	8,88889E-05	0,008443111	0,000000189	0,000363390	Sét bột
10	25	490,63	10	100	1,5	94,985	0,000105263	0,009998421	0,000000274	0,000136871	Sét
11	25	490,63	10	100	2,0	94,985	6,66667E-05	0,006332333	0,000000230	0,00399131	Sét bột
12	25	490,63	10	100	0,5	94,985	9,25926E-05	0,008794907	0,000000081	0,000070081	Sét
13	25	490,63	10	100	2,0	94,985	0,000233333	0,022163167	0,000000807	0,000696960	Sét bột
14	25	490,63	10	100	4,5	94,985	0,000166667	0,015830833	0,000001268	0,001095658	Bột
15	25	490,63	10	100	1,0	94,985	0,000176471	0,016762059	0,000000308	0,000265931	Bột sét

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm xác định tốc độ ngấm bão hòa và hệ số thấm các khu vực tỉnh Bình Thuận

STT	Số hiệu điểm	Vị trí	Tọa độ X m	Tọa độ Y m	Q _e cm ³ /s	H cm	F cm ²	H ₀ cm	H _k cm cột nước	Hệ số thấm cm/s	Hệ số thấm m/ngày	Tốc độ ngấm bão hòa cm/s
2	TT-02	Tiến Thành	1207131	833409	6,14	250	490,625	10	20	0,0112	9,65	0,01251
3	TT-03	Tiến Thành	1207229	833369	13,64	250	490,625	10	20	0,0248	21,45	0,02780
4	TT-04	Tiến Thành	1206082	833728	4,18	250	490,625	10	20	0,0076	6,57	0,00852
5	TT-05	Tiến Thành	1206704	833754	4,45	250	490,625	10	20	0,0081	7,00	0,00907
6	TT-06	Tiến Thành	1206839	834012	4,50	250	490,625	10	20	0,0082	7,08	0,00917
7	TT-07	Tiến Thành	1206942	833667	3,86	250	490,625	10	20	0,0070	6,07	0,00787
8	TT-08	Tiến Thành	1207036	833743	3,91	250	490,625	10	20	0,0071	6,15	0,00797
9	TT-09	Tiến Thành	1207327	833337	6,48	250	490,625	10	20	0,0118	10,19	0,01321
10	TT-10	Tiến Thành	1206996	833071	4,11	250	490,625	10	20	0,0075	6,46	0,00838
11	TT-11	Tiến Thành	1206513	833148	4,30	250	490,625	10	20	0,0078	6,76	0,00876
12	PT-01	Phước Tiến	1181506	797824	1,26	80	490,625	10	30	0,0017	1,48	0,00257
13	PT-02	Phước Tiến	1181382	797962	2,41	100	490,625	10	30	0,0035	3,03	0,00491
14	PT-03	Phước Tiến	1181500	797965	1,57	100	490,625	10	30	0,0023	1,97	0,00320
15	PT-04	Phước Tiến	1181760	798014	0,90	80	490,625	10	30	0,0012	1,06	0,00183

4.2. Thí nghiệm thấm áp lực âm Minidisk

Thí nghiệm ngoài trời xác định tốc độ ngấm (u) không bão hòa của nước trong đới không bão hòa nước được tiến hành tại Bắc Ninh và Bình Thuận với khối lượng như sau:

- Làng nghề Đa Hội, phường Châu Khê, TP. Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh: 40 điểm thí nghiệm.
- Bãi rác Bình Tú - Tiên Thành, TP. Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận: 40 điểm thí nghiệm.
- Bãi rác Phước Tiến, TX. La Gi, huyện Hàm Tân, tỉnh Bình Thuận: 20 điểm thí nghiệm.

Tổng số điểm thực hiện thí nghiệm ngoài trời xác định tốc độ ngấm không bão hòa của nước trong đới không bão hòa nước tại các vùng là 100 điểm.

Từ các kết quả thí nghiệm hiện trường, các tác giả đã tính toán để xác định tốc độ ngấm (u) trong đới không bão hòa cho các vùng nghiên cứu. Kết quả được tổng hợp trong các Bảng 3 và Bảng 4.

Bảng 3. Kết quả xác định tốc độ ngấm không bão hòa tại khu vực Bắc Ninh

Số lượng vị trí thí nghiệm	Tốc độ ngấm, u (cm/ngày)				Hệ số biến thiên (CV), %	Áp lực âm (chiều cao hút), cm
	Max	Min	Trung bình	Độ lệch chuẩn (SD)		
40	14,87	1,88	8,59	4,12	0,48	0,5

Bảng 4. Kết quả xác định tốc độ ngấm không bão hòa tại khu vực Bình Thuận

Số lượng vị trí thí nghiệm	Tốc độ ngấm, u (cm/ngày)				Hệ số biến thiên (CV), %	Áp lực âm (chiều cao hút), cm
	Max	Min	Trung bình	Độ lệch chuẩn (SD)		
60	14,65	1,71	8,52	3,99	0,47	5,0

5. Thảo luận

5.1. Tại khu vực tỉnh Bắc Ninh

Qua các kết quả nhiều lần khảo sát thực địa, chúng tôi thấy rằng khu vực có nguy cơ ô nhiễm cao từ các nguồn gây ô nhiễm trong toàn tỉnh Bắc Ninh là tại khu vực chế biến thép Đa Hội, phường Châu Khê, TP. Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh. Tại khu vực này, hệ số thấm (K_{th}) của lớp đất gần bề mặt có giá trị tương đối nhỏ (Bảng 1). Trong tổng số 15 vị trí khảo sát và tiến hành đổ nước thí nghiệm bằng vòng kép, chỉ có 1 điểm duy nhất có chiều sâu ngấm của nước theo chiều thẳng đứng lên đến 15 cm. Ngược lại, hầu hết các điểm khác đều có chiều sâu ngấm nhỏ. Các kết quả thí nghiệm này phản ánh và phù hợp với các đặc điểm địa chất trong khu vực nghiên cứu. Trong đó, một đặc điểm địa chất đáng lưu ý là tại khu vực này, các lớp đất đá gần bề mặt có thành phần thạch học hầu hết là sét, sét bột có màu nâu vàng, vàng đỏ (Hình 4) và bao phủ một diện tích rất rộng; chiều sâu của các lớp sét tương đối lớn (có thể đạt tới 10 m tùy từng vị trí nghiên cứu). Các nghiên cứu trước đã đưa ra các kết quả là: đối với đất sét thì hệ số thấm (K_{th}) nằm trong khoảng từ 10^{-6} đến 10^{-8} cm/s. Các phân tích mẫu đất cho biết hệ số lỗ rỗng tự nhiên của lớp đất gần bề mặt là 72,4%. Như vậy, các kết quả đổ nước thí nghiệm được tiến hành bằng vòng kép là phù hợp với các nghiên cứu về hệ số thấm đối với đất loại sét nói chung và đất sét nói riêng. Mặt khác, qua các kết quả khảo sát thực địa và các kết quả thí nghiệm đổ nước có thể nhận định rằng nước trên mặt nếu chứa các kim loại nặng từ nguồn ô nhiễm từ các bãi đổ thải, sẽ bị hạn chế xâm nhập vào các tầng chứa nước có thành tạo bờ rời trong vùng nghiên cứu. Như vậy, thông qua các kết quả đổ nước thí nghiệm tại các điểm nghiên cứu, các kết quả thu được cho thấy các giá trị hệ số thấm của các lớp đất đá gần bề mặt thấp và kết quả này là phù hợp với các đặc điểm địa chất trong vùng.

Đối với thí nghiệm thấm áp lực âm cho thấy vùng gần UBND xã Châu Khê trong khu vực bãi thải xỉ quặng có tốc độ ngấm không bão hòa khá thấp. Trung bình chỉ khoảng 0,5-1 ml/3-5 phút với chiều cao hút 0,5 cm. Đây là nơi đất bề mặt chủ yếu là sét với hàm lượng hạt mịn lớn và

được đầm chặt. Ở khu vực đồng ruộng về phía Tây UBND nơi vẫn có đất trồng cây cho thấy tốc độ ngấm không bão hòa có cao hơn song không lớn hơn. Trung bình tốc độ ngấm khoảng 0,5-1 ml/1-2 phút với chiều cao hút là 0,5 cm. Đây là khu vực đất canh tác được cày xới và còn xốp. Do đó, tốc độ ngấm không bão hòa có giá trị cao hơn so với khu vực bãi xỉ. Ở khu vực ruộng lúa gần đường vào khu làng nghề cho thấy tốc độ ngấm không bão hòa có cao hơn. Trung bình tốc độ ngấm vào khoảng 1 ml/phút với chiều cao hút là 0,5 cm. Đây vẫn là khu vực ruộng lúa nên được cày xới quanh năm, tuy hàm lượng sét cao nhưng đất tơi xốp nên tốc độ ngấm cũng nhanh hơn. Việc so sánh kết quả thí nghiệm thấm giữa 2 phương pháp sẽ được thực hiện trong các giai đoạn tiếp theo của đề tài nghiên cứu này.



Hình 4. Quan sát đặc điểm địa chất và cột địa tầng địa chất tại khu vực đổ nước thí nghiệm ở Bắc Ninh.

5.2. Tại vùng cát ven biển Bình Thuận

Các kết quả đổ nước thí nghiệm tại 2 địa điểm có nguồn gây ô nhiễm là các bãi chôn lấp chất thải lớn của tỉnh Bình Thuận như đã nêu ở trên cho thấy: Đối với thí nghiệm đổ nước bằng vòng kép, khu vực bãi rác Bình Tú - Tiến Thành có hệ số thấm tương đối cao, biến đổi từ 6,46 đến 21,45 m/ngày và khu vực bãi rác Phước Tiến có hệ số thấm nhỏ hơn, dao động từ 1,06 đến 3,03 m/ngày.

Đối với thí nghiệm áp lực âm, 2 khu vực bãi rác thực hiện thí nghiệm đều nằm trên đồi cát với thành phần cỡ hạt khá thô, chủ yếu là cát trung thô nên tốc độ ngấm không bão hòa khá lớn. Cả 2 khu vực có tốc độ ngấm (u) trung bình khoảng 5 ml/phút với chiều cao hút tới 5,0 cm. Đối với thí nghiệm này, sau khi có các số liệu tốc độ ngấm sẽ tính toán các giá trị hệ số thấm. Cuối cùng, các kết quả của nghiên cứu này để phục vụ nghiên cứu một số thông số dịch chuyển kim loại nặng vào tầng chứa nước. Khi đó, sẽ tiến hành so sánh kết quả thí nghiệm của 2 phương pháp trong vùng nghiên cứu này.

6. Kết luận

Nghiên cứu này đã thực hiện thí nghiệm ngoài trời xác định tốc độ ngấm không bão hòa của nước trong đới không bão hòa nước đã được thực hiện tại 2 khu vực nghiên cứu chính là Bắc Ninh và Bình Thuận. Nghiên cứu đã sử dụng các phương pháp thí nghiệm đổ nước khác nhau tại cụ thể 2 vùng có nguy cơ ô nhiễm cao tới nước dưới đất là khu vực Châu Khê ở Bắc Ninh và các bãi rác Bình Tú - Tiến Thành và Phước Tiến ở Bình Thuận. Tại khu vực Châu Khê, Từ Sơn, Bắc Ninh, tốc độ ngấm nhỏ hơn nhiều lần so với khu vực thí nghiệm ở bãi rác Bình Tú - Tiến Thành, Phan Thiết và bãi rác Phước Tiến, TX. La Gi, Bình Thuận.

Trong quá trình thí nghiệm đổ nước trong các thành tạo ở 2 khu vực khác nhau là Bắc Ninh (sét, sét pha và cát pha) và Bình Thuận (cát ven biển) cho thấy: khi đổ nước thí nghiệm ở khu vực với thành phần là sét, sét pha, cát pha, mức độ thấm ít thì có thể sử dụng các bình nước có thể tích nhỏ (ống đường kính 110 mm), đối với những khu vực cát, mức độ thấm mạnh hơn, cần sử dụng các bình đựng nước có thể tích lớn (ống có đường kính từ 130 mm) và chuẩn bị các bình nước dự phòng với tổng thể tích cho mỗi điểm đổ nước khoảng 1 m³.

Do sự biến đổi về điều kiện địa chất, địa hình, điều kiện dân cư và thảm thực vật nên khả năng thấm nước tại các vị trí trong đới không bão hòa sẽ khác nhau. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, số lượng điểm thí nghiệm còn chưa phủ khắp được ở nhiều địa điểm khác nhau. Chính vì vậy, khi nghiên cứu tại các địa điểm khác, có thể tham khảo các kết quả của các thí nghiệm này với điều kiện tương tự và nếu có điều kiện cần thí nghiệm bổ sung để đạt độ tin cậy cao nhất và các phương pháp thí nghiệm khác cũng nên được xem xét áp dụng. Các kết quả của nghiên cứu này sẽ làm cơ sở để phục vụ nghiên cứu xác định một số thông số đặc trưng cho quá trình dịch chuyển vật chất trong đới không bão hòa nước để dự báo xâm nhập của một số kim loại nặng từ nguồn ô nhiễm và các tầng chứa nước trong thời gian tới.

Lời cảm ơn

Bài báo này được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ cấp Quốc gia: *Nghiên cứu xác định một số thông số đặc trưng cho quá trình dịch chuyển vật chất trong đới bão hòa và không bão hòa nước để dự báo xâm nhập của một số kim loại nặng từ nguồn ô nhiễm vào các tầng chứa nước có thành tạo bờ rời*, mã số: ĐTĐLCN.86/21. Các tác giả gửi lời cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất, ban chủ nhiệm đề tài, chính quyền và người dân địa phương trong vùng nghiên cứu đã hỗ trợ và tạo các điều kiện thuận lợi cho các tác giả hoàn thành nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- Ankeny, M.D., M. Ahmed, T.C. Kaspar, and R. Horton., 1991. Simple field method determining unsaturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:467-470.
- Dane, Jacob H. and G. Clarke Topp, editors., 2002. *Methods of Soil Analysis Part 4-Physical Methods*. Madison (WI): *Soil Science Society of America*.
- Đoàn Văn Cảnh, Bùi Học, Hoàng Văn Hưng, Nguyễn Kim Ngọc, 2002. *Các phương pháp điều tra Địa chất thủy văn*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội 2002.
- Jury, William A., and Robert Horton, 2004. *Soil physics*. John Wiley & Sons, 2004.
- Lichner, Lubomir, et al., 2007. "Field measurement of soil water repellency and its impact on water flow under different vegetation." *Biologia* 62, no. 5:537-541.
- Nguyễn Văn Lâm, Nguyễn Thị Thanh Thủy, Đặng Hữu Ôn, Trần Vũ Long, 2020. *Địa chất thủy văn nhiễm bẩn*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội 2020.
- Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8731:2012. Đất xây dựng công trình thủy lợi - phương pháp xác định độ thấm nước của đất bằng thí nghiệm đổ nước trong hố đào và trong hố khoan tại hiện trường.
- Vũ Ngọc Kỳ, Nguyễn Thượng Hùng, Tôn Sĩ Kinh, Nguyễn Kim Ngọc, 2001. *Giáo trình Địa chất thủy văn đại cương*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 2001.

Determination of infiltration rate in the unsaturated zone of loose formations to study some heavy metals displacement parameters into aquifers

Tran Quang Tuan^{1,*}, Dao Duc Bang¹, Tran Vu Long¹, Nguyen Van Lam¹, Kieu Thi Van Anh¹,
Vu Thu Hien¹, Duong Thi Thanh Thuy¹, Nguyen Bach Thao¹, Nguyen Thanh Minh²

¹University of Mining and Geology;

²Central Vietnam Division of Water Resources Planning and Investigation.

*Corresponding author: tranquangtuan@humg.edu.vn

Abstract

To evaluate the displacement of some heavy metals from polluted sources into quaternary aquifers, it is necessary to determine the characteristic displacement parameters, such as hysteresis coefficient, soil moisture, infiltrating speed, and concentration changes of pollutants in the unsaturated zone. In this study, the water infiltration rate in the unsaturated zone was determined using a combination of two different experimental infiltration methods: the double ring infiltrometer experiment (N.X. Netsterov) and the Mini disk infiltrometer (MDI) testing technique. These methods have been applied to the northern delta provinces and the central coastal areas. The results of the double-ring infiltration experiment show that the infiltration rates (approx. 6.10^{-5} to 2.10^{-4} m/s) obtained at Binh Tu-Tien Thanh landfill, Phan Thiet city, and at Phuoc Tien landfill, La Gi town, Binh Thuan province, are much higher compared to the Chau Khe, Bac Ninh area, with infiltration rates of 10^{-7} to 10^{-8} m/s. The negative pressure method also gave similar results, with the infiltration rate of 5 ml/min in Binh Thuan being much higher than that in Bac Ninh (about 1 ml per 2-5 min). Afterward, the authors use these results to calculate the specific parameters for the material movement process in the unsaturated zone to predict the infiltration of some heavy metals from landfills, dumping yards from industrial parks, and craft villages into aquifers.

Keywords: double-ring infiltration experiment, Minidisk, water unsaturation, infiltration rate.