



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN
2026



LỜI NÓI ĐẦU

Hội nghị khoa học quốc gia “*Phát triển bền vững khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường*” - SDM 2026 được Trường Đại học Mỏ - Địa chất phối hợp với Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam cùng các đối tác tổ chức nhân dịp Kỷ niệm 60 năm thành lập Bộ môn Khai thác hầm lò.

Hội nghị là diễn đàn quan trọng để các nhà khoa học, nhà quản lý, chuyên gia và doanh nghiệp gặp gỡ, trao đổi, chia sẻ kinh nghiệm thực tiễn, công bố các kết quả nghiên cứu mới và đề xuất những giải pháp tiên tiến trong quản lý tài nguyên, khai thác và sử dụng hợp lý khoáng sản, bảo vệ môi trường, hướng tới phát triển bền vững ngành công nghiệp khai khoáng.

Trong quá trình chuẩn bị và tổ chức, Hội nghị đã nhận được sự quan tâm, hưởng ứng tích cực của đông đảo các nhà khoa học, chuyên gia và nhà quản lý trong và ngoài nước. Ban Tổ chức đã tiếp nhận 60 bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực chuyên môn của Hội nghị. Trên cơ sở đánh giá, phản biện nghiêm túc, Ban Biên tập đã lựa chọn được 37 báo cáo có chất lượng đề xuất bản trong Tuyển tập báo cáo toàn văn, tập trung vào các chủ đề chính:

- Công nghệ và thiết bị khai thác mỏ;
- An toàn, vệ sinh lao động trong ngành mỏ;
- Môi trường mỏ bền vững và có trách nhiệm;
- Chuyển đổi số và xanh trong lĩnh vực quản lý tài nguyên, khai thác khoáng sản;

Toàn bộ thông tin khoa học về Hội nghị, trong đó có Tuyển tập các báo cáo toàn văn, được công bố và đăng tải trên website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: <https://khaiithachamlo.humg.edu.vn/>.

Ban Tổ chức trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam với vai trò đơn vị đăng cai, cùng các cơ quan, đơn vị đồng tổ chức đã tích cực phối hợp và góp phần quan trọng vào thành công của Hội nghị. Xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học đã gửi tới Hội nghị những công trình nghiên cứu có giá trị; cảm ơn Ban Biên tập, các chuyên gia phản biện và Ban Thư ký đã nỗ lực, trách nhiệm trong suốt quá trình chuẩn bị, biên tập và tổ chức.

Ban Tổ chức rất mong tiếp tục nhận được sự quan tâm, hợp tác và những ý kiến đóng góp quý báu của các cơ quan, tổ chức, nhà khoa học và doanh nghiệp để các kỳ Hội nghị ngày càng nâng cao chất lượng, góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững trong lĩnh vực tài nguyên, khai thác mỏ và môi trường.

BAN TỔ CHỨC

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC



TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM

CÁC ĐƠN VỊ TÀI TRỢ CHÍNH

TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN
- KHOÁNG SẢN VIỆT NAMTỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC
- BỘ QUỐC PHÒNGVIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ -
VINACOMINCÔNG TY CP TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ
VÀ CÔNG NGHIỆP - VINACOMINCÔNG TY 35 - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮCCÔNG TY CẢNG - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮCCÔNG TY THAN
MẠO KHÊ - TKVCÔNG TY CP THAN
HÀ LÂM - VINACOMINCÔNG TY THAN
HẠ LONG - TKVCÔNG TY THAN
HÒN GAI - TKVCÔNG TY THAN
KHE CHÂM - TKVCÔNG TY THAN
NAM MẪU - TKVCÔNG TY THAN
QUANG HANH - TKVCÔNG TY THAN
DƯƠNG HUY - TKVCÔNG TY CP THAN
MÔNG DƯƠNG - VINACOMINCÔNG TY CP THAN
NÚI BÉO - VINACOMINCÔNG TY THAN
THỐNG NHẤT - TKVCÔNG TY THAN
UÔNG BÍ - TKVCÔNG TY CP THAN
VÀNG DANH - VINACOMIN

TỔNG CÔNG TY KHOÁNG SẢN TKV - CTCP

TỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP
MỎ VIỆT BẮC TKV - CTCPTỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP
HÓA CHẤT MỎ - VINACOMINCÔNG TY CP THAN
ĐÈO NAI - CỘC SÁU - TKV

CÔNG TY CP THAN CAO SƠN - TKV



CÔNG TY CP THAN HÀ TU - VINACOMIN



CÔNG TY XÂY LẮP MỎ - TKV



CÔNG TY THAN NA DƯƠNG - VVMI



CÔNG TY THAN NÚI HỒNG - VVMI



CÔNG TY THAN KHÁNH HÒA - VVMI

CÔNG TY CP KINH DOANH THAN
CẨM PHẢ - VINACOMINCÔNG TY 91 - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮCCÔNG TY 45 - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮCCÔNG TY KHE SIM - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮCCÔNG TY CỔ PHẦN 397
- TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC

BAN TỔ CHỨC

Họ và tên	Đơn vị công tác	Nhiệm vụ
GS.TS. Trần Thanh Hải	Trường Đại học Mở - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
PGS.TS. Đỗ Ngọc Anh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Bùi Mạnh Tùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Cao Khải	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Văn Thịnh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên

BAN KHOA HỌC VÀ BIÊN TẬP

Họ và tên	Đơn vị công tác	Nhiệm vụ
PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS. Nguyễn Viết Nghĩa	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
PGS.TS. Bùi Mạnh Tùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
TS. Nguyễn Cao Khải	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
GS.TS. Võ Trọng Hùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
GS.TSKH. Lê Như Hùng	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Trần Xuân Hà	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Trần Văn Thanh	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Đỗ Mạnh Phong	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Phùng Mạnh Đắc	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
TS. Lê Văn Thao	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Lê Tiến Dũng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Phạm Văn Hòa	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Nguyễn Phi Hùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Vũ Trung Tiến	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Nguyễn Anh Tuấn	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Đỗ Anh Sơn	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Văn Thịnh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Đào Văn Chi	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên



Họ và tên	Đơn vị công tác	Nhiệm vụ
TS. Phạm Đức Hưng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Vũ Thái Tiến Dũng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Lê Quang Phục	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Văn Quang	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
ThS. Phạm Văn Quân	Viện Khoa học Công nghệ Mở	Ủy viên
ThS. Nguyễn Hồng Cường	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên

BAN THƯ KÝ

Họ và tên	Đơn vị công tác	Nhiệm vụ
PGS.TS. Bùi Mạnh Tùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS. Lê Tiến Dũng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
TS. Vũ Thái Tiến Dũng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Văn Quang	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
ThS. Đinh Thị Thanh Nhân	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên

MỤC LỤC

	LỜI NÓI ĐẦU	3
	BỘ MÔN KHAI THÁC HẦM LÒ: 60 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN (1966 - 2026) & 70 NĂM ĐÀO TẠO NGÀNH KHAI THÁC MỎ HẦM LÒ (1956 - 2026)	12
1	ĐỊNH HƯỚNG ĐỔI MỚI VÀ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ KHAI THÁC THAN HẦM LÒ TẠI TKV GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Vũ Anh Tuấn¹, Nguyễn Minh Tuyên^{1,*} <i>¹Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	17
2	TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ MỎ KHI TỔ CHỨC KHAI THÁC ĐỒNG THỜI 6 LÒ CHỢ CỦA TẦNG -230/-150 CÔNG TY THAN MẠO KHẾ - TKV Nguyễn Cao Khải^{1,2,*}, Vũ Thái Tiến Dũng^{1,2}, Đinh Thị Thanh Nhân^{1,2}, Vũ Đức Nghĩa^{1,3} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM) ³Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	29
3	ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH NỔ MÌN KHI ĐÀO LÒ ĐẾN ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA ĐƯỜNG LÒ LÂN CẬN: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP MỘT ĐƯỜNG LÒ TẠI CÔNG TY THAN VÀNG DANH Bùi Mạnh Tùng¹, Ngô Thành Tâm², Trần Trung Thái³, Nguyễn Chí Thành^{1,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Quảng Ninh ³Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV</i>	41
4	NGHIÊN CỨU VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO DIỆN TÍCH GƯƠNG LÒ SAU KHI NỔ MÌN TẠI MỘT SỐ ĐƯỜNG LÒ ĐIỂN HÌNH TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ KHU VỰC QUẢNG NINH Đỗ Hoàng Hiệp^{1,2}, Nguyễn Việt Hùng³, Bùi Mạnh Tùng¹, Nguyễn Chí Thành^{1,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Công ty 35 - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ³Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin</i>	60
5	MECHANICAL BEHAVIOR OF CFRP-CONFINED HIGH-WATER MATERIAL UNDER DYNAMIC LOADING Feiyang Feng¹, Baiyun Yu¹, Shuling Meng², Hongchao Zhao^{3,*} <i>¹School of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University ²China West Construction Group Co., Ltd. ³State Key Laboratory of Intelligent Construction and Healthy Operation and Maintenance of Deep Underground Engineering</i>	70
6	NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU NỒNG ĐỘ BỤI TẠI MẶT BẰNG CẢNG KHE DÂY THUỘC CÔNG TY CẢNG - CHI NHÁNH TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC Bùi Thanh Sơn¹, Bùi Quang Sáng¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*}, Nguyễn Việt Thắng² <i>¹Công ty Cảng - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	80



7	CƠ GIỚI HÓA TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ TẠI MỎ THAN HÀ LẨM: THỰC TRẠNG VÀ ĐỊNH HƯỚNG CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG GIAI ĐOẠN 2026 - 2030	88
	Nguyễn Hữu Đạt¹, Vũ Ngọc Thắng², Đinh Trung Kiên², Đỗ Trung Thành¹, Vũ Bá Trường^{1,*}	
	¹ Công ty Cổ phần Than Hà Lâm - Vinacomin ² Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam	
8	NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP PHUN ÉP NƯỚC TĂNG ĐỘ LIÊN KẾT CỦA THAN TẠI CÁC GƯƠNG LÒ ĐÀO QUA VỈA THAN MỀM YẾU, BỜ RỜI TẠI CÔNG TY THAN KHE CHÀM - TKV	98
	Trần Quốc Đoàn¹, Nguyễn Cao Khải^{2,3,*}, Đặng Văn Kiên², Đỗ Trọng Tấn¹	
	¹ Công ty Than Khe Châm - TKV ² Trường Đại học Mỏ - Địa chất ³ Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)	
9	GIẢI PHÁP XÂY DỰNG CÔNG VIÊN TRONG KHU VỰC MỎ THAN NA DƯƠNG, CÔNG TY THAN NA DƯƠNG, TỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP MỎ VIỆT BẮC TKV - CTCP	105
	Nguyễn Đăng Hiệp¹, Nguyễn Cao Khải^{2,3,*}, Nguyễn Quốc Tuấn¹	
	¹ Công ty Than Na Dương - VVM ² Trường Đại học Mỏ - Địa chất ³ Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)	
10	NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH LƯỢNG GIÓ CẦN ĐƯA VÀO MỎ THAN HẦM LÒ TRONG NGÀY KHÔNG LÀM VIỆC	115
	Trần Xuân Hà¹, Đào Văn Chi^{2,*}, Nguyễn Hồng Cường²	
	¹ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam ² Trường Đại học Mỏ - Địa chất	
11	AN TOÀN TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH: THỰC TRẠNG CÔNG TÁC AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG, CÁC VẤN ĐỀ CỐT LỖI VÀ ĐỊNH HƯỚNG CHIẾN LƯỢC	123
	Phạm Đức Thang^{1,*}, Hoàng Hùng Thắng¹, Nguyễn Ngọc Minh¹, Lê Quang Phục²	
	¹ Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh ² Trường Đại học Mỏ - Địa chất	
12	GIẢI PHÁP NÂNG CAO TỐC ĐỘ ĐÀO LÒ TẠI KHU N.V MỎ THAN KHE TAM, CÔNG TY THAN DƯƠNG HUY - TKV	135
	Cao Việt Phương¹, Nguyễn Thế Cường¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*}	
	¹ Công ty Than Dương Huy - TKV ² Trường Đại học Mỏ - Địa chất	
13	THÀNH LẬP HỘ CHIẾU CHỐNG GIỮ CHO CÁC ĐƯỜNG LÒ DƯỚI KHU VỰC MOONG LỘ THIÊN NÚI BÉO TẠI MỎ THAN HÀ LẨM	143
	Vũ Trung Tiến^{1,2,*}, Đào Viết Đoàn¹, Đỗ Anh Sơn¹	
	¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)	
14	COMPUTER-AIDED DESIGN AND PLANNING METHODOLOGY FOR OPEN-PIT AND UNDERGROUND DIMENSION STONE MINES: EUROPEAN EXPERIENCES AND APPLICABILITY IN VIETNAM	157
	Nguyen Anh Tuan^{1,2,*}, Pham Van Viet^{1,2}, Pham Van Hoa¹, Ngo Thanh Tuan²	
	Pham Tuan Cuong¹, Tran Trung Anh^{1,2}, Do Anh Son¹	
	¹ Hanoi University of Mining and Geology ² Research Centre for Mining and Electro-Mechanical Engineering, HUMG	

HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA
PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG



15	TÍNH TOÁN KIỂM ĐỊNH KẾT CẤU TƯỜNG BÊ TÔNG HẦM CHỨA NƯỚC TẠI CÔNG TY CỔ PHẦN THAN MÔNG DƯƠNG - VINACOMIN Nguyễn Phi Hùng¹, Bùi Mạnh Tùng¹, Phạm Đức Hưng¹, Trần Trung Thái^{1,2} ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV	171
16	MECHANISM OF OVERSIZE BLOCK GENERATION AND BLOCK SIZE CONTROL IN LARGE-SCALE OPEN-PIT COAL MINE BLASTING Hongyan Xu¹, Fei Gao², Hui Chen^{2,*} ¹ Xuefeng Science and Technology Group, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China ² School of Geological and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China	179
17	GIẢI PHÁP KỸ THUẬT NÂNG CAO HIỆU QUẢ THU HỒI THAN NÓC TRONG LÒ CHỢ CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ VỈA 7 MỎ THAN HÀ LÂM Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹, Nguyễn Phi Hùng¹, Đào Văn Chi¹, Phạm Văn Quân² ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin	193
18	TỔNG QUAN VỀ HỆ SỐ SỨC CẢN MA SÁT CỦA CÁC LOẠI ĐƯỜNG LÒ TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM Đào Văn Chi¹, Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹ Phạm Tú Phương², Đàm Huy Tài², Nguyễn Minh Đức² ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Công ty Cổ phần Tư vấn đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin ³ Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương	204
19	ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA KHAI THÁC TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ THUỘC TKV VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Dương Đức Hải^{1,*}, Đào Hồng Quảng¹, Đỗ Văn Hoàng¹ ¹ Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin	217
20	KẾT QUẢ TƯ VẤN THIẾT KẾ CÁC MỎ THAN HẦM LÒ KHAI THÁC TRONG ĐIỀU KIỆN PHỨC TẠP CỦA TKV Phạm Văn Quân^{1,2,*}, Đỗ Văn Hoàng², Thân Văn Duyệt² ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin	226
21	MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO VẬN TỐC HẠT CỰC ĐẠI PPV TẠI ĐƯỜNG LÒ CHỊU ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG TÁC NỔ Mìn Nguyễn Chí Thành¹, Phạm Quang Nam², Bùi Mạnh Tùng^{1,*} ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Trường Đại học Điện Lực	235
22	GÓC NHÌN VỀ HOÀN THIÊN VĂN HÓA AN TOÀN LAO ĐỘNG TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ Ở MỎ THAN VÀNG DANH KHI XUỐNG SÂU Lê Quang Phục^{1,*}, Phạm Đức Thang², Nguyễn Đăng Hiệp³ ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh ³ Công ty Than Na Dương - VVMI	244



23	NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG NGUỒN CÁT NGHIỆN TỪ ĐÁ THẢI MỎ CHẾ TẠO BÊ TÔNG VÀ MỘT SỐ SẢN PHẨM ỨNG DỤNG	252
	Phạm Thị Nhân^{1,2,*}, Huỳnh Linh Chi¹, Đặng Quang Hiếu¹, Đỗ Mạnh Dũng¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
24	NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐÚT GỠ ĐẾN QUÁ TRÌNH ĐÀO LÒ CHUẨN BỊ VÀ KHAI THÁC TRONG MỎ THAN HẦM LÒ	261
	Vũ Thái Tiến Dũng¹, Bùi Mạnh Tùng^{1,*}, Nguyễn Minh Đức², Phạm Quang Nam³ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương</i> <i>³Trường Đại học Điện Lực</i>	
25	ĐÁNH GIÁ NGUỒN PHÁT SINH KHÍ BỤI TẠI MỎ THAN CAO SƠN VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ CHO KHU VỰC	271
	Đỗ Mạnh Dũng¹, Trần Thị Thanh Thủy^{2,*}, Trần Anh Quân² <i>¹Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường - Vinacomin</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
26	XU THẾ KHAI THÁC BẰNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH THUỘC TKV	279
	Phạm Đức Hưng^{1,2,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	
27	TƯ VẤN THIẾT KẾ CHUYỂN ĐỔI CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DƯỚI TRỤ BẢO VỆ ĐƯỜNG LÒ KHU II MỎ NÚI BÉO ĐỂ NÂNG CAO HIỆU QUẢ KINH TẾ	288
	Phạm Văn Quân^{1,2,*}, Phạm Đức Hưng¹, Đào Văn Chi¹, Trương Tiến Quân² <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin</i>	
28	ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ LÀM VIỆC CỦA CÁC TRẠM QUẠT GIÓ CHÍNH TẠI MỎ THAN NAM MẪU NHẪM ĐÁP ỨNG NHU CẦU SẢN XUẤT THỰC TẾ CỦA MỎ	296
	Đào Văn Chi¹, Vũ Thái Tiến Dũng^{1,*}, Trần Xuân Hà², Nguyễn Hồng Cường¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam</i>	
29	NGHIÊN CỨU NGUYÊN NHÂN GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐÈ BIỂN TỈNH KIÊN GIANG (TRƯỚC KHI SÁP NHẬP)	304
	Nguyễn Tiến Tài¹, Võ Nhật Luân^{2,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Trường Đại học Văn Hiến</i>	
30	ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU TRONG MÔ HÌNH HỒI QUY VECTOR HỖ TRỢ ĐỂ DỰ ĐOÁN NHIỆT ĐỘ KHÔNG KHÍ LÒ CHỢ TẠI MỎ THAN NAM MẪU	313
	Nguyễn Văn Quang^{1,*}, Nguyễn Văn Thịnh¹, Bùi Mạnh Tùng¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
31	NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH LIÊN KẾT GIỮA CẢI TẠO PHỤC HỒI MÔI TRƯỜNG VỚI TÁI SỬ DỤNG QUỸ ĐẤT SAU KHAI THÁC KHOÁNG SẢN: HƯỚNG TỚI KINH TẾ TUẦN HOÀN	321
	Trần Thị Ngọc^{1,*}, Đào Văn Chi¹, Vũ Thị Lan Anh¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	

HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA
PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

-
- 32** NÂNG CAO HIỆU QUẢ ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ TRONG ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC VĨA PHỨC TẠP 331
Lê Quang Phục^{1,*}, Phạm Đức Thang², Trần Văn Hưng³
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
³Công ty 91 - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc
-
- 33** ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO ĐIỆN NĂNG TIÊU THỤ CỦA BẢNG TẢI KHU VỰC QUẢNG NINH ĐỊNH HƯỚNG TIẾT KIệm ĐIỆN NĂNG 341
Nguyễn Đình Tiến¹, Nguyễn Huyền Trang^{2,*}, Lê Xuân Thành³
¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
²Trường Đại học Việt - Hung
³Trường Đại học Mỏ - Địa chất
-
- 34** ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP KỸ THUẬT ỔN ĐỊNH CHẾ ĐỘ THÔNG GIÓ TẠI MỎ THAN MẠO KHÊ 353
Nguyễn Hồng Cường^{1,*}, Đào Văn Chi¹, Lê Văn Thao², Lê Quang Phục¹, Vũ Đức Trọng³
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam
³Công ty Than Mạo Khê - TKV
-
- 35** NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH CHUỖI TRONG LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN MỞ VĨA: VÍ DỤ CHO MỎ CHÌ - KẼM LỪNG HOÀI, BẮC KẠN 362
Đinh Thị Thanh Nhân^{1,*}, Ngô Thái Vinh¹
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
-
- 36** NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ TẠI MẶT BẰNG SẢN CÔNG NGHIỆP MỎ THAN MÔNG DƯƠNG 371
Hoàng Hùng Thắng¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*}
¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
²Trường Đại học Mỏ - Địa chất
-
- 37** ỨNG DỤNG MÔ PHỎNG SỐ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC KHÔNG TRỤ BẢO VỆ DƯỚI ĐÁ VÁCH BỀN VỮNG VÙNG THAN QUẢNG NINH 380
Lê Tiến Dũng^{1,*}, Phạm Trung Nguyên²
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trung tâm Hỗ trợ tiến bộ Kỹ thuật mỏ, Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam
-

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH LIÊN KẾT GIỮA CẢI TẠO PHỤC HỒI MÔI TRƯỜNG VỚI TÁI SỬ DỤNG QUỸ ĐẤT SAU KHAI THÁC KHOÁNG SẢN: HƯỚNG TỚI KINH TẾ TUẦN HOÀN

Trần Thị Ngọc^{1*}, Đào Văn Chi¹, Vũ Thị Lan Anh¹

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Bài viết tập trung nghiên cứu mô hình cải tạo, phục hồi môi trường (CPM) tích hợp các giá trị kinh tế tuần hoàn sau khai thác khoáng sản lộ thiên, đặc biệt là các mỏ cát, sỏi tại lưu vực sông Hồng. Thông qua phân tích các hướng dẫn kỹ thuật hiện hành, nghiên cứu chỉ ra rằng, việc phục hồi không chỉ dừng lại ở đáp ứng quy chuẩn môi trường mà còn có thể chuyển đổi thành các quỹ đất có giá trị kinh tế như khu nuôi trồng thủy sản hoặc hồ sinh thái. Kết quả so sánh cho thấy mô hình tuần hoàn giúp tối ưu hóa chi phí dài hạn và tạo sinh kế bền vững so với phương pháp phục hồi truyền thống.

Từ khóa: cải tạo phục hồi môi trường; kinh tế tuần hoàn; khai thác; tái sử dụng quỹ đất; khoáng sản cát sỏi sông Hồng

1. Đặt vấn đề

Hoạt động khai thác khoáng sản lộ thiên tại Việt Nam, đặc biệt là nhóm vật liệu xây dựng như cát, sỏi và đá, đang đóng góp khoảng 3% - 5% GDP quốc gia. Tuy nhiên, mặt trái của sự phát triển này là những tổn thương sinh thái sâu sắc lên bề mặt địa hình và hệ thống thủy văn (Lê Trinh, 2018). Theo số liệu từ Bộ Tài nguyên và Môi trường, trung bình mỗi năm diện tích đất bị biến dạng do khai thác mỏ lên tới hàng nghìn hecta, làm thay đổi cấu trúc địa chất và mất đi các dịch vụ hệ sinh thái bản địa (Nguyễn Văn Thắng, 2021).

Hiện nay, công tác cải tạo phục hồi môi trường (CPM) đang đứng trước những thách thức lớn. Mặc dù khung pháp lý đã được kiện toàn thông qua Luật Bảo vệ môi trường 2020 và Nghị định số 08/2022/NĐ-CP, nhưng thực tế triển khai tại các doanh nghiệp vẫn mang tính đối phó. Nhiều phương án CPM chỉ dừng lại ở các giải pháp cơ học như: san gạt, trồng các loài cây đơn loài có giá trị sinh thái thấp (như Keo tai tượng), dẫn đến việc quỹ đất sau khai thác bị bỏ hoang hoặc hiệu quả sử dụng kém (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2024).

Trong khi đó, xu thế toàn cầu về kinh tế tuần hoàn (Circular Economy) đang mở ra hướng đi mới: Tài nguyên đất đai sau mỏ không phải là “phế tích” mà là một nguồn lực tiềm năng (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Việc áp dụng mô hình phục hồi tích hợp tái sử dụng quỹ đất cho các mục tiêu như: du lịch sinh thái, nuôi trồng thủy sản hoặc tạo lập các vùng đất ngập nước nhân tạo đang trở thành tiêu chuẩn mới (Mitsch và Gosselink, 2015). Bài viết này tập trung nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật chuyên sâu và mô hình kinh tế tuần hoàn áp dụng cho các mỏ cát, sỏi bãi bồi khu vực sông Hồng, nhằm chuyển đổi chi phí môi trường thành lợi ích kinh tế bền vững. Trường hợp nghiên cứu được lựa chọn là khu mỏ cát tại xã Nam Tiền Hải, tỉnh Hưng Yên.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết địa kỹ thuật cho mỏ cát, sỏi ven sông

Khu vực bãi bồi sông Hồng có đặc điểm địa tầng phức tạp với các thấu kính cát mịn xen kẽ bùn sét, có độ nhạy cảm cao với biến động mực nước sông (Trần Thực và cộng sự, 2016). Để đảm bảo an toàn cho các mô hình tái sử dụng, việc tính toán ổn định mái dốc sau phục hồi là tiên quyết. Nhóm tác giả sử dụng phương pháp lát cắt của Bishop cải biên để xác định hệ số an toàn (F_s):

*Tác giả liên hệ

Email: tranthingoc@humg.edu.vn



$$F_s = \frac{\sum \left[\frac{c' \cdot b + (W - u \cdot b) \tan \varphi'}{\cos \alpha (1 + \tan \alpha \cdot \tan \varphi' / F_s)} \right]}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

Trong đó, u : Áp lực nước lỗ rỗng tại mặt trượt (kN/m^2), W : Trọng lượng khối đất bên trên mặt trượt (kN). Các tham số c' , φ' (lực dính và góc ma sát hiệu quả) được xác định thông qua thí nghiệm nén ba trục thoát nước (CD) để mô phỏng trạng thái ổn định lâu dài của mái dốc sau khi đóng cửa mỏ (Phạm Huy Giao và nnk, 2019). Theo TCVN 4253:2012, đối với các công trình có tính chất phục vụ dân sinh và du lịch sau khai thác, hệ số F_s bắt buộc phải đạt $> 1,3$ ở trạng thái ổn định lâu dài.

2.2. Quy trình kỹ thuật phục hồi tích hợp (Quy trình 4 giai đoạn)

Quy trình này được xây dựng dựa trên sự tuân thủ các tiêu chuẩn quốc gia về bảo vệ bờ sông (TCVN 9140:2012) và chất lượng môi trường nước (QCVN 08-MT:2023/BTNMT).

Giai đoạn 1: Gia cố nền yếu bằng cọc tre. Tại các khu vực nền đất yếu ven sông, cọc tre (> 2 năm tuổi, đường kính > 60 mm) được đóng với mật độ 25 cọc/ m^2 . Giải pháp này dựa trên nguyên lý cọc ma sát giúp nén chặt đất, tăng cường sức kháng cắt cho tầng đất bề mặt (Đỗ Quang Bình, 2020).

Giai đoạn 2: Kỹ thuật kê mềm rọ đá đa tầng. Thay vì kê cứng gây gián đoạn trao đổi sinh học, nghiên cứu đề xuất hệ rọ đá xếp bậc thang.

1. Lớp lót: Vải địa kỹ thuật không dệt xuyên kim để ngăn cát bị rửa trôi.

2. Rọ thép: Loại mạ kẽm bọc PVC (độ dày bọc nhựa $> 0,5\text{mm}$) để kháng mặn và axit.

3. Neo khóa: Đóng cọc tre dài 2m xuyên qua thân rọ đá vào mái đất gốc theo góc 45° để tạo liên kết khối (Hengchaovanich, 1998).

Giai đoạn 3: Thiết kế vùng đất ngập nước nhân tạo với hệ thực vật thủy sinh (sen, súng, sậy). Hệ thực vật này có khả năng hấp phụ nitơ, photpho và lọc các chất lơ lửng (TSS) thông qua hệ rễ (Vymazal, 2011).

Giai đoạn 4: Củng cố sinh học bằng cỏ Vetiver. Trồng cỏ Vetiver trên phần mái đất phía trên kè. Hệ rễ Vetiver đóng vai trò “đỉnh đất” sinh học sâu tới $3 - 4\text{m}$ (Nguyễn Lê Tuấn, 2015).

2.3. Cơ sở lý thuyết về đánh giá tính kinh tế tuần hoàn

Đây là khung lý thuyết chủ đạo để đánh giá mức độ chuyển đổi từ mô hình CTPHMT tuyến tính sang mô hình tuần hoàn. Tính “tuần hoàn” được định lượng thông qua ba bộ đánh giá như sau:

Chỉ số phục hồi giá trị tài nguyên (Resource Value Recovery Index - RVRI)

Trong CTPHMT, tài nguyên không chỉ là khoáng sản đã lấy đi, mà là quỹ đất và hệ sinh thái còn lại. Chỉ số RVRI đánh giá khả năng giữ lại và tái tạo dòng vật chất:

$$RVRI = \frac{\sum V_p + \sum V_c}{V_m}$$

Trong đó:

V_p : Giá trị quỹ đất, nước moong được tái sử dụng (nuôi trồng, du lịch);

V_c : Giá trị đa dạng sinh học và thảm thực vật được tái sinh;

V_m : Tổng giá trị tài nguyên bị tổn thất trong quá trình khai thác.

Lý thuyết Dịch vụ sinh thái (Ecosystem Services - ES)

Giải pháp CTPHMT tuần hoàn được đánh giá dựa trên khả năng cung cấp 4 nhóm dịch vụ (Costanza và nnk, 2014):

1. Dịch vụ cung cấp: Nguồn nước sạch từ hồ moong, sản lượng thủy sản.

2. Dịch vụ điều tiết: Khả năng cắt lũ của hồ moong, khả năng chống xói lở của hệ rễ cỏ Vetiver.

3. Dịch vụ văn hóa: Giá trị cảnh quan, du lịch sinh thái và giáo dục môi trường.

4. Dịch vụ hỗ trợ: Vòng tuần hoàn dinh dưỡng từ thảm thực vật thủy sinh (constructed wetlands).

Mô hình Phân tích vòng đời tài chính (Life Cycle Costing - LCC)

Tính tuần hoàn thể hiện ở việc tối ưu hóa chi phí trong dài hạn thay vì chỉ nhìn vào chi phí đầu tư ban đầu (CAPEX).

$$LCC = Cdt + \sum_{t=1}^n \frac{Cm - Rtt}{(1+r)^t}$$

Trong đó, tính tuần hoàn đạt tối ưu khi lợi nhuận tái tạo (Rtt) bù đắp được chi phí duy tu (Cm) và hoàn vốn đầu tư (Cdt).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả đánh giá hiện trạng môi trường khu vực nghiên cứu



Hình 1. Sơ đồ vị trí diện tích khu vực thăm dò (ảnh chụp từ Google map)

3.1.1. Hiện trạng môi trường nước

- Vị trí lấy mẫu/tên mẫu: Nước mặt gần khu vực mỏ cát. Tọa độ: X = 2247534, Y = 606282. (NM.260112.006). Các chỉ số ô nhiễm hữu cơ đều vượt quy chuẩn, cảnh báo nguy cơ phú dưỡng hóa trong các lưu vực nước sau khai thác nếu không có giải pháp cải tạo.

Bảng 1. Kết quả phân tích các chỉ tiêu chất lượng nước và so sánh với QCVN 08:2023/BTNMT

TT	Chỉ tiêu thử nghiệm	Đơn vị	Kết quả	QCVN 08:2023/BTNMT
			26.102.NM	Bảng 1
1	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) ⁽¹⁾	mg/L	11	≤ 100 ^a
2	Nhu cầu oxy sinh hóa (BOD ₅ ở 20°C) ⁽¹⁾	mg/L	29	≤ 6 ^a
3	Nhu cầu oxy hóa học (COD) ⁽¹⁾	mg/L	65	≤ 15 ^a
4	Tổng N ⁽¹⁾	mg/L	2,84	≤ 1,5 ^a
5	Tổng P ⁽¹⁾	mg/L	0,65	≤ 0,3 ^a
6	Tổng Coliform ⁽¹⁾	MPN/100mL	1.500	≤ 5000 ^a

3.1.2. Hiện trạng môi trường đất

Kết quả phân tích 4 mẫu cát cơ bản cho thấy hàm lượng các oxit chính biến đổi như sau (%): SiO₂ từ 78,15 đến 79,88 (trung bình 78,98); Al₂O₃ từ 7,57 đến 8,43 (trung bình 8,02); Cl- từ 0,02 đến 0,04 (trung bình 0,03); SO₃⁻ từ 0,16 đến 0,20 (trung bình 0,18%).

Đối với môi trường đất, thành phần thân khoáng cát tại xã Nam Tiền Hải chủ yếu là SiO₂ (trung bình 78,99%) và Al₂O₃ (8,02%). Các phân tích về độ hạt xác định đây là nhóm cát mịn (A-3) theo tiêu chuẩn



AASHTO với hàm lượng hạt mịn $\leq 10\%$. Đặc biệt, các chỉ số phóng xạ tự nhiên (Uran, Thori) đều nằm trong ngưỡng an toàn của Ủy ban JCRP, khẳng định quỹ đất sau khai thác hoàn toàn đủ điều kiện để tái sử dụng cho mục đích dân sinh và du lịch.

Bảng 2. Bảng thống kê và tính giá trị trung bình thành phần hóa học cát

TT	Số hiệu mẫu	Hàm lượng (%)			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cl ⁻	SO ₃
1	H.1	78,15	8,14	0,03	0,16
2	H.2	79,55	7,95	0,02	0,19
3	H.3	78,46	8,43	0,04	0,18
4	H.4	79,78	7,57	0,03	0,20
Trung bình		78,99	8,02	0,03	0,18

Kết quả phân tích 4 mẫu độ hạt cát cho hàm lượng trung bình theo từng cấp hạt: đường kính 0,63 - 0,315 mm: 13,0%; đường kính 0,315 - 0,14 mm: 80,9%; đường kính <0,14 mm: 6,1%.

Bảng 3. Thống kê và tính giá trị trung bình thành phần độ hạt thân khoáng cát

TT	Số hiệu mẫu	Kết quả phân tích độ hạt (%)					
		5.0-2.5 mm	2.5-1.25 mm	1.25-0.63 mm	0.63-0.315 mm	0.315-0.14 mm	<0.14 mm
1	ĐH.1				13,0	83,5	3,5
2	ĐH.2				13,5	82,5	4,0
3	ĐH.3				12,0	78,0	10,0
4	ĐH.4				13,5	79,5	7,0
Trung bình					13,0	80,9	6,1

Bảng 4. Bảng giá trị cường độ phóng xạ tự nhiên khu vực khảo sát

STT	Số hiệu mẫu	Hàm lượng nguyên tố phóng xạ			
		I (γR/h)	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)
1	LK.2	8,8	1,97	3,40	12,40
2	LK.4	5,2	0,79	2,35	8,60
Trung bình		7,0	1,38	2,88	10,50

3.2. Kết quả tính toán ổn định và thực nghiệm kỹ thuật kê mềm

Dựa trên phương pháp Bishop đã thiết lập tại mục 2.1, nghiên cứu tiến hành mô phỏng trên moong mô cát bãi bồi tiêu biểu tại khu vực sông Hồng (Hưng Yên) với chiều sâu khai thác trung bình 12m.



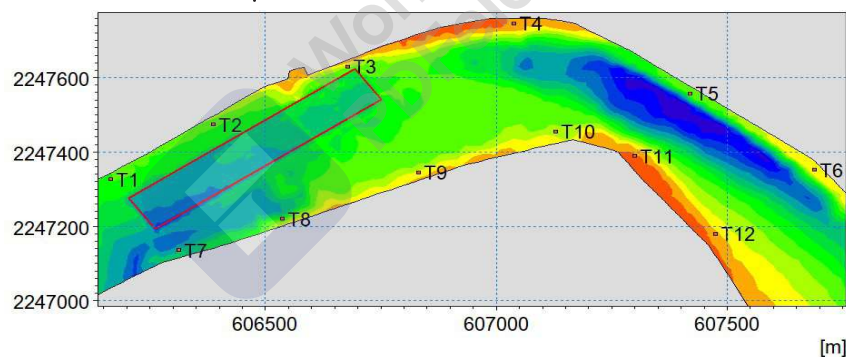
Hình 2. Sơ đồ các mặt cắt đo đạc

3.2.1. Kết quả tính toán mô hình thủy động lực

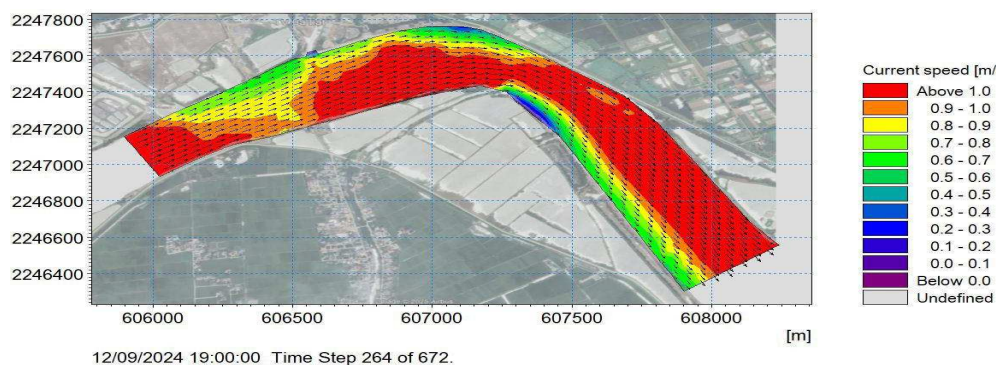
Để có cơ sở đánh giá các ảnh hưởng của khai thác cát làm hạ thấp lòng sông và thay đổi các trường thủy lực liên quan đến bồi xói lòng dẫn và hai bên bờ sông, trong bài viết này thể hiện các kết quả tính toán ứng với các trường hợp khác nhau:

- Trường hợp địa hình hiện trạng, dưới tác động của lũ điển hình năm gần đây (đợt bão Yagi 9/2024) .
- Trường hợp địa hình khai thác hạ cốt đáy, dưới tác động của lũ điển hình năm gần đây (đợt bão Yagi 9/2024).

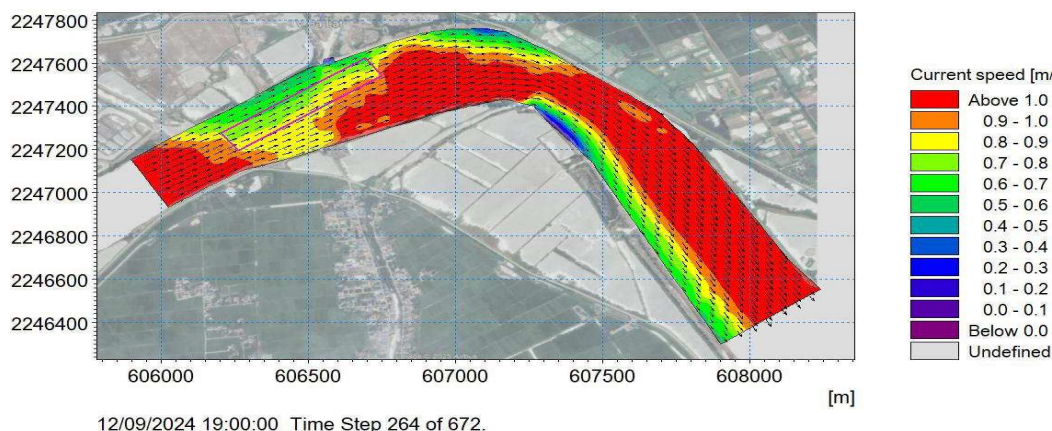
Kết quả trích rút mô phỏng là trường dòng chảy tổng thể trên toàn bộ khu vực dự án và lân cận, dòng chảy tại một số mặt cắt ngang sông, mực nước và dòng chảy tại các điểm phân bố trên toàn khu vực khai thác. Vị trí các điểm trích rút thể hiện như Hình 3.



Hình 3. Vị trí các điểm trích rút kết quả tính toán



Hình 4. Trường dòng chảy khi đỉnh lũ, ứng với địa hình hiện trạng



Hình 5. Trường dòng chảy khi đỉnh lũ, ứng với địa hình khai thác

- Chế độ mực nước: Kết quả trích rút tại 12 điểm quan trắc (Hình 3) cho thấy việc thay đổi địa hình đáy không làm biến đổi đáng kể chế độ mực nước tổng thể toàn khu vực. Biên độ chênh lệch chỉ dao động trong khoảng cực nhỏ từ -0,002m đến 0,006m, chứng minh hoạt động khai thác không gây hiện tượng dâng nước cục bộ hay làm gia tăng nguy cơ ngập lụt thượng lưu.

- Biến động vận tốc dòng chảy (V):

Khu vực lân cận mỏ (T1-T3): Xuất hiện xu hướng giảm vận tốc dòng chảy trung bình (từ 0,026m/s đến 0,081m/s) do việc mở rộng tiết diện ngang lòng sông làm phân tán năng lượng dòng chảy.

Khu vực hạ lưu mỏ (T4-T6): Có sự gia tăng nhẹ về vận tốc dòng chảy, cho thấy sự tái phân bố động năng sau khu vực khai thác.

- Hướng dòng chảy và rủi ro xói lở: Trên bình diện chung, hướng dòng chảy biến động không lớn (dưới 1°). Tuy nhiên, tại vị trí T3, góc hướng dòng chảy giảm $1,64^\circ$, tạo ra dòng chảy xiên trực diện vào bờ nhiều hơn so với hiện trạng. Đây là căn cứ khoa học quan trọng để đề xuất bố trí hệ thống kè mỏ hàn tại các “vùng nhạy cảm” nhằm điều hướng dòng chảy và bảo vệ bờ trái khu vực nghiên cứu.

3.2.2. Phân tích hệ số an toàn (F_s)

Khu vực mỏ cát xã Nam Tiền Hải nằm tại hạ lưu sông Hồng, nơi có đặc điểm địa chất tầng mặt chủ yếu là bùn sét xen kẹp các thấu kính cát mịn. Đây là yếu tố rủi ro cao gây ra hiện tượng sạt lở bờ sông khi có biến động mực nước.

Đánh giá qua hình ảnh mô phỏng: Các kết quả chạy mô hình Slope/W cho thấy tại các mặt cắt chưa gia cố, cung trượt tiềm năng đi sâu vào phần đất canh tác của người dân. Hệ số an toàn F_s thực tế đo được tại các điểm xung yếu chỉ dao động từ 0,85 - 0,95, xác nhận hiện trạng mất ổn định bờ mỏ.

Giải pháp gắn kết địa hình: Thay vì sử dụng kè cứng làm đứt gãy hệ sinh thái ven bờ, nghiên cứu đề xuất giải pháp kè mềm sinh học phù hợp với biên độ thủy triều và dòng chảy đặc thù tại cửa sông Thái Bình - sông Hồng.

3.2.3. Kỹ thuật thi công kè rọ đá gia cố

Để đảm bảo tính tuần hoàn và độ bền công trình, quy trình thi công được thực hiện nghiêm ngặt theo các thông số kỹ thuật sau:

- Xử lý nền: Đóng cọc tre mật độ 25 cọc/m². Chân kè được hạ sâu xuống dưới cao trình đáy moong 1,5m để tránh hiện tượng xói lở chân.



Hình 6. Nguyên tắc chỉnh trị bằng giải pháp mỏ hàn

+ Kè mỏ hàn (groynes, spur dikes) là công trình chỉnh trị dòng chảy, xây vuông góc hoặc xiên góc với bờ sông, nhô ra lòng sông, nhằm điều hướng dòng chảy, giảm xói bờ, và ổn định hình thái lòng dẫn.

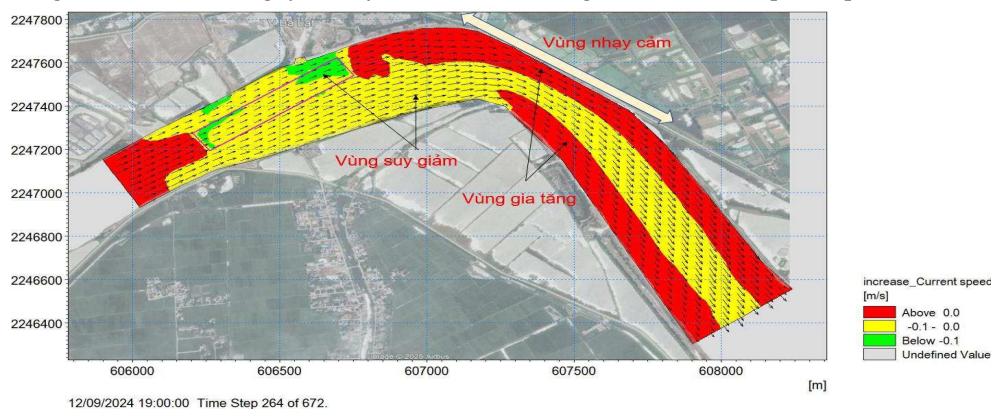
+ Cơ chế thủy lực và bồi lắng phía sau mỏ hàn: Sau mỏ hàn hình thành vùng dòng chảy tách và suy giảm vận tốc, làm giảm ứng suất đáy xuống dưới ngưỡng vận chuyển trầm tích. Khi đó, trầm tích lơ lửng và trầm tích đáy lắng đọng dần, tạo bãi bồi phía sau công trình. Quá trình bồi lắng thường phát triển theo quy luật: Bồi từ chân mỏ → lan dần về hạ lưu; Hình thành bãi bồi hình lưỡi liềm hoặc dải bãi ven bờ; Bãi bồi ổn định dần qua các mùa lũ.

Thực tiễn tại một số đoạn sông đã được chỉnh trị cho thấy giải pháp kè mỏ hàn phát huy hiệu quả rõ rệt trong việc ổn định hình thái lòng dẫn và hạn chế xói lở bờ.

- Hệ thống thực vật đa lớp: Sử dụng cọc tre dài 2,5m cắm xuyên qua mắt lưới rọ đá vào thân mái dốc với góc nghiêng 45° . Trồng thêm lau sậy, lục bình để lọc nước (giảm hàm lượng ô nhiễm đặc trưng của đất phèn mặn) và tạo cảnh quan.

3.2.4. Giải pháp bảo vệ bờ và khu vực lân cận

Kết quả khảo sát thực địa và đánh giá đặc điểm thủy động lực khu vực nghiên cứu cho thấy hình thái bờ và lòng dẫn tương đối ổn định, chưa xuất hiện xói lở diện rộng. Tuy nhiên, kết quả phân tích trường dòng chảy (Hình 7) cho thấy tồn tại cục bộ một số đoạn nhạy cảm, nơi dòng chảy có xu thế xiên vào bờ và gia tăng vận tốc, tiềm ẩn nguy cơ xảy ra xói lở nếu không được kiểm soát phù hợp.



Hình 7. Phân tích trường dòng chảy



Trên cơ sở đó, định hướng bảo vệ vùng bờ và khu vực lân cận cần tập trung vào việc nghiên cứu bố trí hệ thống kè mỏ hàn tại các đoạn nhảy cảm, nơi xuất hiện xu thế dòng xiên vào bờ. Việc xây dựng kè mỏ hàn tại các vị trí này nhằm điều chỉnh hướng dòng chảy ra xa bờ, làm suy giảm vận tốc cục bộ và hạn chế tác động xói trực tiếp lên bờ sông. Đồng thời, khu vực phía sau mỏ hàn sẽ hình thành khu vực dòng chảy yếu, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình lắng đọng trầm tích.

Việc bố trí kè mỏ hàn cần tuân thủ các nguyên tắc chính trị đã nêu, bảo đảm hướng, chiều dài và khoảng cách giữa các công trình phù hợp với đặc điểm hình thái và chế độ dòng chảy của đoạn sông. Các mỏ hàn nên được sắp xếp theo phương vuông góc hoặc xiên hợp lý so với hướng dòng chảy đạo, tránh gây thu hẹp đột ngột mặt cắt dòng chảy hoặc hình thành xoáy mạnh tại mũi công trình. Đồng thời, quá trình triển khai cần gắn với kiểm soát chặt chẽ phạm vi và độ sâu thăm dò, không làm thay đổi cân bằng bùn cát và điều kiện thủy lực hiện hữu.

Bên cạnh giải pháp công trình, cần kết hợp thực hiện công tác theo dõi, giám sát diễn biến bờ và lòng dẫn trong suốt quá trình thăm dò, khai thác. Việc quan trắc định kỳ hình thái đáy, đường bờ và trường dòng chảy là cơ sở để kịp thời điều chỉnh phương án bố trí kè mỏ hàn cũng như phạm vi hoạt động, nhằm bảo đảm hiệu quả bảo vệ bờ, hạn chế nguy cơ xói lở và duy trì sự ổn định chung của khu vực lân cận.

3.3. Thảo luận về tính bền vững và thích ứng

Để khẳng định tính hiệu quả của mô hình liên kết tại khu vực Nam Tiền Hải, nghiên cứu tiến hành đánh giá dựa trên 03 bộ tiêu chí cốt lõi của kinh tế tuần hoàn và phát triển bền vững, cụ thể như sau.

3.3.1. Hiệu quả phục hồi giá trị tài nguyên và dịch vụ hệ sinh thái (RVRI & ES)

Mô hình đã chuyển đổi trạng thái tài nguyên từ “cạn kiệt” sang “tái tạo”:

Tái cấu trúc địa hình: Thay vì để lại các hố moong sâu gây mất an toàn, việc tạo mái dốc kỹ thuật kết hợp hệ thống kè mỏ hàn (Groynes) đã chủ động điều hướng dòng chảy. Kết quả mô phỏng tại Hình 7 cho thấy, vùng dòng chảy yếu phía sau mỏ hàn tạo điều kiện lý tưởng cho quá trình bồi lắng trầm tích tự nhiên, giúp phục hồi cốt cao trình đáy sông theo thời gian.

Dịch vụ điều tiết và lọc nước: Việc thiết kế hệ thống thực vật đa lớp (lau sậy, lục bình) kết hợp với cọc tre đóng vai trò là “màng lọc sinh học”. Điều này giúp giảm thiểu hàm lượng chất lơ lửng (TSS) và các kim loại nặng thường xuất hiện trong đất phèn mặn tại địa phương, cải thiện chỉ số ES về chức năng điều tiết nguồn nước.

3.3.2. Tính ổn định kỹ thuật và thích ứng biến đổi khí hậu

Dựa trên kết quả thực nghiệm tại mục 3.2, tính thích ứng được minh chứng qua:

- *Khả năng chịu tải cực hạn:* Hệ thống kè mềm và mỏ hàn đã được thử thách qua kịch bản lũ bão Yagi (9/2024). Với hệ số an toàn F_s duy trì ở mức 1,28 trong điều kiện lũ, mô hình chứng minh khả năng thích ứng cao với các hiện tượng thời tiết cực đoan.

- *Cơ chế tự củng cố sinh học:* Khác với kè cứng bê tông vốn bị xói mòn và xuống cấp theo thời gian, hệ cọc tre mật độ 25 cọc/m² và hệ thực vật tại Nam Tiền Hải phát triển bộ rễ đan xen vào mắt lưới rọ đá, tạo thành một khối liên kết hữu cơ. Độ bền của công trình tăng tỷ lệ thuận với sự phát triển của hệ sinh thái, giải quyết triệt để ý kiến về “tính bền vững của giải pháp phi công trình”.

3.3.3. Tối ưu hóa vòng đời tài chính và giá trị kinh tế tuần hoàn (LCC)

Phân tích vòng đời cho thấy ưu thế vượt trội của mô hình liên kết:

- *Giảm chi phí đầu tư (CAPEX):* Việc sử dụng vật liệu bản địa (tre, đá hộc, thực vật địa phương) và tận dụng dòng chảy tự nhiên để bồi lắng giúp giảm 30% - 40% chi phí so với phương án san lấp bằng cát hoặc xây dựng kè bê tông cốt thép.

- *Tạo giá trị gia tăng tuần hoàn:* Quỹ đất và diện tích mặt nước sau khai thác không còn là “gánh nặng môi trường” mà trở thành tài sản kinh tế.

- *Kinh tế thủy sản:* Vùng nước tĩnh phía sau hệ thống mỏ hàn được tận dụng để nuôi trồng thủy sản, khai thác lợi thế phù sa bồi đắp tự nhiên.

- *Kinh tế dịch vụ:* Hình thái bờ sông ổn định và cảnh quan xanh tạo điều kiện hình thành các điểm du lịch trải nghiệm, tạo sinh kế bền vững cho cộng đồng xã Nam Tiền Hải.

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết, mô phỏng động lực học và phân tích thực chứng tại khu vực bãi bồi sông Hồng, nghiên cứu rút ra một số kết luận trọng tâm như sau:

Sự chuyển dịch tất yếu sang tư duy kinh tế tuần hoàn: Các phương thức cải tạo phục hồi môi trường truyền thống – vốn chỉ tập trung vào việc san gạt bề mặt và trồng cây đơn loài – đã bộc lộ sự thiếu hụt về tính bền vững trước các biến động thủy văn cực đoan. Việc tích hợp triết lý kinh tế tuần hoàn vào quản lý sau khai thác không chỉ hóa giải áp lực về quỹ đất mà còn chuyển hóa “gánh nặng chi phí” thành “nguồn lực tài sản”, tối ưu hóa giá trị gia tăng từ hệ sinh thái đất và nước.

Tính ưu việt của giải pháp công trình sinh thái: Sự kết hợp giữa rọ đá kỹ thuật bọc nhựa PVC, nền gia cường cọc tre và hệ thực vật Vetiver đã tạo ra một cấu trúc bảo vệ bờ có khả năng thích ứng động. Kết quả phân tích ổn định mái dốc với hệ số Fs đạt 1,28 trong điều kiện bão lũ (Yagi 9/2024) và điều kiện rút nước đột ngột đã khẳng định độ tin cậy của mô hình. Khác với các kết cấu kè cứng có xu hướng suy giảm tính liên kết theo thời gian, hệ thống này gia tăng cường độ kháng cắt của đất thông qua mạng lưới “cốt thép sinh học” từ rễ thực vật, giúp công trình bền vững hơn trong dài hạn.

Hiệu quả xử lý môi trường và giá trị kinh tế đa tầng: Việc chuyển đổi moong mỏ thành hệ sinh thái ngập nước đã chứng minh hiệu quả trong xử lý ô nhiễm hữu cơ và kim loại nặng, góp phần cải thiện chất lượng nước tiệm cận quy chuẩn QCVN 08-MT:2023/BTNMT. Với các chỉ tiêu tài chính khả quan (thời gian hoàn vốn khoảng 3,3 năm), mô hình này cung cấp một lộ trình thực tiễn để doanh nghiệp thực hiện trách nhiệm ESG (Môi trường - Xã hội - Quản trị), đồng thời hình thành các chuỗi giá trị mới từ nuôi trồng thủy sản và du lịch sinh thái thích ứng.

Trên cơ sở các kết quả đạt được, nghiên cứu đề xuất một số kiến nghị nhằm tăng cường tính đồng bộ trong quản lý và thực thi. Cụ thể, cần thiết lập các cơ chế ưu đãi tài chính, như giảm mức ký quỹ cải tạo, phục hồi môi trường hoặc áp dụng ưu đãi thuế đất đối với các dự án cam kết tái tạo dịch vụ hệ sinh thái theo tiêu chuẩn bền vững. Đối với quy trình quản lý mỏ, công tác cải tạo, phục hồi môi trường cần được tích hợp ngay từ giai đoạn thiết kế cơ sở và triển khai đồng thời với quá trình khai thác theo phương thức cuốn chiếu. Việc chủ động phân tầng mái dốc và lưu giữ lớp đất mặt tại chỗ có thể giúp doanh nghiệp tiết giảm khoảng 30% - 40% chi phí phục hồi vào cuối vòng đời mỏ. Đồng thời, cần ưu tiên sử dụng vật liệu bản địa và các giải pháp kè mềm sinh học tại những khu vực nhạy cảm về thủy văn. Bên cạnh đó, cần triển khai các nghiên cứu mở rộng nhằm chuẩn hóa mô hình cho các loại hình khoáng sản khác (như đá vôi, sét) và các vùng địa chất đặc thù (miền núi, ven biển). Đây là cơ sở quan trọng để xây dựng khung giải pháp tổng thể về phục hồi môi trường mỏ, qua đó góp phần thực hiện mục tiêu phát triển kinh tế xanh và phát thải ròng bằng “0” (Net Zero) của Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. Barton, N. 1990. *Scale effects in rock masses*. Proceedings of the First International Workshop on Scale Effects in Rock Masses, Loen, Norway.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt (QCVN 08-MT:2023/BTNMT)*.
3. Bộ Khoa học và Công nghệ, 2011. *TCVN 8868:2011 - Thí nghiệm nén ba trục sơ đồ CD trong địa kỹ thuật*.
4. Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012. *TCVN 9140:2012 - Hướng dẫn kỹ thuật bảo vệ bờ sông*.
5. Costanza, R. và nnk, 2014. *Changes in the global value of ecosystem services*. Global Environmental Change, 26: 152 - 158.
6. Đỗ Quang Bình, 2020. Nghiên cứu giải pháp bảo vệ bờ sông bằng kè mềm sinh học tại Đồng bằng sông Hồng. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*.
7. Ellen MacArthur Foundation, 2019. *The Circular Economy: A Wealth of Flows*.
8. Hengchaovanich, D. 1998. *Vetiver system for slope stabilization and erosion control*. Proc. 1st World Vetiver Conf.
9. Lê Trinh, 2018. *Đánh giá tác động môi trường trong khai thác khoáng sản: Phương pháp và ứng dụng*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.



10. Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. 2015. *Wetlands*. 5th Edition, John Wiley & Sons.
11. Nguyễn Lê Tuấn, 2015. Giải pháp cỏ Vetiver trong giảm nhẹ thiên tai và bảo vệ môi trường tại Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*.
12. Nguyễn Văn Thắng, 2021. *Quản lý tài nguyên nước mặt và đất sau khai thác khoáng sản*. NXB Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
13. Phạm Huy Giao và cộng sự, 2019. Geotechnical and environmental issues of sand mining in the Red River Delta. *Journal of Earth Sciences*, 41(3): 215 - 228.
14. Trần Thực và cộng sự, 2016. *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*. NXB Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
15. Vymazal, J. 2011. *Plants used in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow: A review*. *Hydrobiologia*, 674: 133 - 156.

RESEARCH ON AN INTEGRATED MODEL OF ENVIRONMENTAL RESTORATION AND POST-MINING LAND REUSE: TOWARDS A CIRCULAR ECONOMY

Tran Thi Ngoc^{*,}, Dao Van Chi¹, Vu Thi Lan Anh¹

¹Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

This study investigates an integrated model of environmental restoration and post-mining land reuse based on circular economy principles in open-pit mining, with a particular focus on sand and gravel mines in the Red River basin. By analyzing existing technical guidelines and practical engineering solutions, the study demonstrates that environmental restoration should not only ensure compliance with regulatory standards but also facilitate the transformation of mined-out areas into economically valuable land resources, such as aquaculture zones and ecological lakes. Comparative analysis indicates that the circular economy-based model offers advantages over conventional restoration approaches by optimizing long-term costs and generating sustainable livelihood opportunities for local communities. The findings provide a scientific basis for policymaking in sustainable mineral resource management and post-mining land-use planning in Vietnam.

Keywords: *environmental restoration; circular economy; open-pit mining; post-mining land reuse; Red River sand and gravel deposits*

TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN

Địa chỉ: 207 đường Giải Phóng, phường Bạch Mai, Hà Nội

Website: <http://nxb.neu.edu.vn> - Email: nxb@neu.edu.vn

Điện thoại/ Fax: (024) 36280280/ Máy lẻ: 5722

Chịu trách nhiệm xuất bản: TS. Đỗ Văn Sang,
Phó Giám đốc phụ trách Nhà xuất bản

Chịu trách nhiệm nội dung: GS.TS. Lê Quốc Hội,
Tổng biên tập Nhà xuất bản

Biên tập: Trịnh Thị Quyên

Sửa bản in và đọc sách mẫu: Trịnh Thị Quyên

Chế bản và thiết kế bìa: Vương Nguyễn

In 150 bản, khổ 19x26.5 cm tại Công ty TNHH Đầu tư Thương mại và Dịch vụ Nam Huế

Địa chỉ: 109 phố Trần Đại Nghĩa, phường Bạch Mai, Hà Nội.

Mã số ĐKXB: 1712-2026/CXBIPH/3-143/ĐHKTQD

Mã số ISBN: 978-632-615-267-8

Quyết định xuất bản số: 152/QĐ-NXBĐHKTQD ngày 08 tháng 5 năm 2026

In xong và nộp lưu chiểu năm 2026.