



AS PART OF:



SEMINAR ROOM, INTERNATIONAL CENTER FOR EXHIBITION (I.C.E) – 91 TRAN HUNG DAO ST., HANOI  
PHÒNG HỘI THẢO, TRUNG TÂM TRIỂN LÃM QUỐC TẾ I.C.E – 91 TRẦN HUNG ĐẠO, HÀ NỘI

DIGITALIZATION IN THE MINING INDUSTRY: FROM THEORY TO PRACTICAL APPLICATION

SỐ HÓA TRONG NGÀNH KHAI KHOÁNG: TỪ LÝ THUYẾT ĐẾN ỨNG DỤNG THỰC TIỄN



13:30 - 16:30

04.10.2022

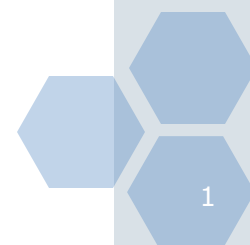
## **BÁO CÁO:**

*Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải bề mặt mỏ đến ứng xử cơ học của các đường lò phía dưới tại vùng than Quảng Ninh bằng mô hình số*

*“Research on the effect of the mining waste dump on the mechanical behavior of drifts below in the Quang Ninh coal area by numerical modeling method”*

**Dang Van Kien**- PhD, Vice Head of Underground Construction and Mining Department, Head of Construction TC Laboratory (HUMG)

**Nguyen Hu Sa**, Ph.D student of Underground Construction and Mining Department





# NỘI DUNG



I

**TỔNG QUAN BÃI THẢI MỎ**

II

**HIỆN TRẠNG KẾT CẤU CHỐNG GIỮ CÁC ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI BÃI THẢI**

III

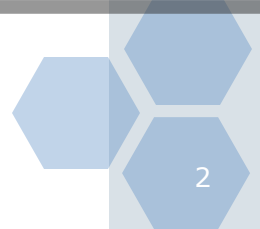
**CÁC PHƯƠNG ÁN TÍNH TOÁN THIẾT KẾ ĐANG SỬ DỤNG**

IV

**ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ**

V

**KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

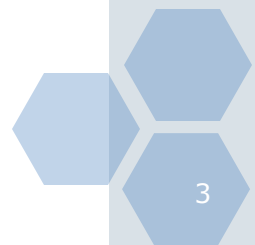




# I. TỔNG QUAN BÃI THẢI MẶT MỎ



- ❖ Trung bình mỗi năm toàn Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam (TKV) **đổ thải khoảng 200 triệu m<sup>3</sup>**, trong đó khoảng 57% khối lượng đổ thải tại các bãi thải ngoài, các bãi thải tiếp tục được đổ lên cao và mở rộng.
- ❖ Đến nay, nhiều bãi thải như: Đông Cao Sơn, Chính Bắc, Bàn Nâu, Núi Béo, Cọc Sáu, v.v... đã đổ với khối lượng tới hàng trăm triệu m<sup>3</sup> đất đá, chiều cao bãi thải tới vài trăm mét, số lượng tầng thải nhiều.
- ❖ Trong những năm tới, khối lượng đất bóc các mỏ than khoáng sản lộ thiên từ 10÷60 triệu m<sup>3</sup>/năm như: Khối lượng đất đá thải của các mỏ than, khoáng sản lộ thiên thuộc TKV theo quy hoạch.
- **Vấn đề quy hoạch bãi thải không được chú ý từ đầu, một số bãi thải nằm ngay trên khu vực khai thác (Khe Chàm III); Giếng đứng (Mạo Khê).**





# I. TỔNG QUAN BÃI THẢI MỎ

- ❑ **Tại TKV:** cuối năm 2020, trong vùng Cẩm Phả có khoảng 16 mỏ và công trường khai thác than lộ thiên hoạt động. Sản lượng than khai thác từ 14-16 triệu tấn/năm, tương ứng khối lượng đất đá bóc từ 180-200 triệu m<sup>3</sup>/năm;
- ❑ Bãi thải **Đông Cao Sơn** đang được 3 mỏ lộ thiên Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn sử dụng. Giai đoạn 2013-2020, khối lượng đất đá thải đã đạt trên 1,9 tỷ m<sup>3</sup>;



Hiện trạng bãi thải Đông Cao Sơn [1]





# I. HIỆN TRẠNG BÃI THẢI VÙNG CẨM PHẢ

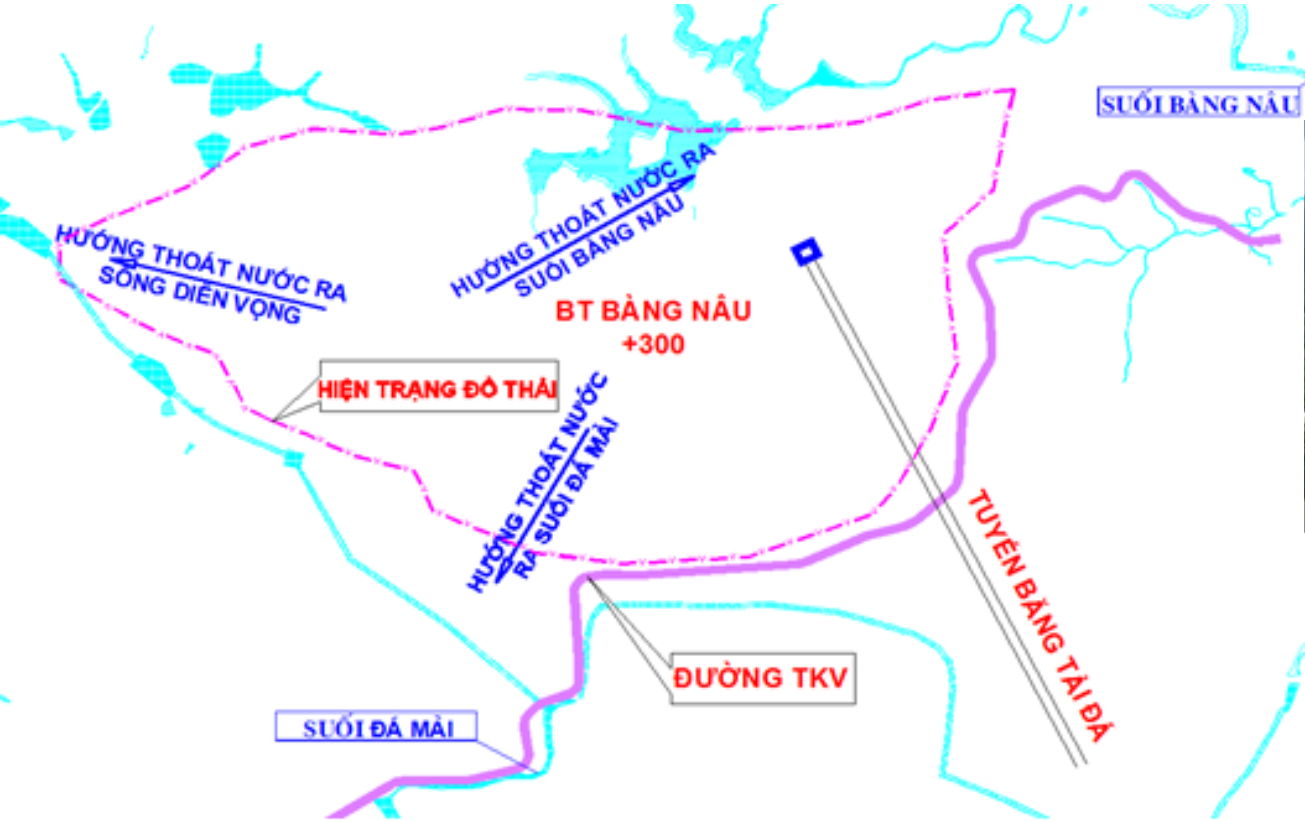


963.7 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>



Khe Chàm II (LT) đổ thải

Bãi thải Bàng Nâu [1]



Cao Sơn đổ thải



# I. HIỆN TRẠNG BÃI THẢI



Bãi thải Đông Khe Sim - Nam Khe Tam [1]



Bãi thải Mông Giảng [1]

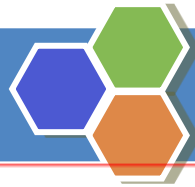


Bãi thải tả ngạn trong mỏ Cọc Sáu



Bãi thải trong moong Lộ trí Đèo Nai





# I. HIỆN TRẠNG BÃI THẢI KHU VỰC HÒN GAI



Bãi thải trong via 14 cánh Đông mỏ Núi Béo



Bãi thải trong Tả Ngạn mỏ Cọc Sáu

Sơ đồ hiện trạng khu vực bãi thải Chính Bắc



Sườn phía Bắc mỏ 917 đồ

Sườn phía Đông Nam mỏ Hà Tu đồ;



Bãi thải thuộc Công ty than Quang Hanh: +18 đã kết thúc đổ thải và Cửa lò +72



# I. HIỆN TRẠNG BÃI THẢI KHU VỰC HÒN GAI - UÔNG BÍ - MẠO KHÊ



Bãi thải ngoài Vĩa 7+8 mỏ Hà Tu



Bãi thải Mạo Khê



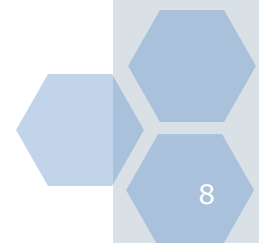
Phía Nam khu Đông Bãi thải Vĩa 7+8 mỏ Hà Tu



Bãi thải Vàng Danh



Bãi thải trong khai trường 917





# I. HIỆN TRẠNG CÁC BÃI THẢI MỎ

## Các thông số cơ bản của một số bãi thải [1]

Tên bãi thải	Cột cao (m)	Chiều cao tầng thải (m)		Chiều rộng mặt tầng (m)		Góc dốc sườn tầng (độ)		Mô đổ thải
		Trước mưa	Sau mưa	Trước mưa	Sau mưa	Trước mưa	Sau mưa	
<b>VÙNG CẨM PHẢ</b>								
Bãi thải Bàng Nâu	+300	30÷50	30÷60	20÷50	20÷50	35÷41	33÷40	Mô Cao Sơn
Bãi thải Đông Cao Sơn	+300	30÷50	30÷70	30÷50	0÷50	30÷43	30÷43	
Bãi thải Bàng Nâu	+300	10÷50	10÷60	20÷40	20÷40	35÷41	33÷40	Mô Khe Chàm II
Bãi thải Đông Cao Sơn	+300	30÷50	30÷60	30÷60	0÷60	30÷48	30÷48	Mô Cọc Sáu
Bãi thải trong Tả Ngạn	+135	30÷50	30÷50	15÷30	15÷30	30÷33	29÷33	
Bãi thải trong Lộ Trí	+320	20÷50	30÷50	10÷30	10÷30	35÷39	33÷38	Mô Đèo Nai
Bãi thải Đông Khe Sim và Nam Khe Tam	+300	30÷50	30÷70	30÷60	10÷50	32÷39	30÷39	
<b>VÙNG HỒN GAI</b>								
Bãi thải chính Bắc	+256	10÷50	10÷50	10÷25	10÷25	31÷36	30÷36	mô Hà Tu
Bãi thải trong via 14 cánh Đông Núi Béo	+30	10÷50	10÷50	20÷50	20÷50	32÷37	30÷37	mô Núi Béo
Bãi thải trong via 14 cánh Tây Núi Béo	+30	10÷30	10÷30	20÷30	20÷30	32÷38	32÷38	
Bãi thải trong via 13 Công trường 917	+100	10÷20	10÷20	10÷25	0÷25	31÷39	25÷39	Mô suối Lại
<b>VÙNG ƯÔNG BÍ</b>								
Bãi thải ngoài khu Cánh Gà	+445	20÷50	20÷50	15÷25	15÷25	30÷40	30÷40	Mô Vàng Danh
Bãi thải trong via 6, 7, 8 cánh Nam	+110	25÷35	25÷35	15÷30	15÷30	35÷40	35÷40	Mô Mạo Khê
<b>VÙNG NỘI ĐỊA</b>								
Bãi thải vách Toòng Danh - Na Dương	+470	10÷15	10÷15	10÷45	10÷45	26÷35	26÷35	Mô Na Dương
Bãi thải Nam - Khánh Hòa	+190	15÷50	15÷50	10÷25	10÷25	34÷37	34÷37	Mô Khánh Hòa
Bãi thải Tây - Khánh Hòa	+250	15÷50	15÷50	10÷25	10÷25	34÷37	34÷37	



# I. TỔNG QUAN BÃI THẢI MỎ

## Khối lượng đất đá thải theo năm

S T T	Tên mỏ	Khối lượng đất đá thải theo năm			
		2019÷2020	2021÷2025	2026÷2030	Còn lại
I	Các mỏ than				
1	Đèo Nai	35.000	33.629		
2	Cọc Sáu	40.300	40.300		
3	Cao Sơn	54.00	305.480	325.000	325.000
4	Khe Chàm II	57.000	31.800		
5	Hà Tu	127.000	270.000	38.500	38.500
6	Na Dương	32.000	80.000	80.000	417.700
7	Khánh Hòa	16.000	40.000	40.000	38.000
II	Các mỏ đồng				
8	Sin Quyền	22.600	37.826	14.400	
9	Tà Phời	9.720	25.550	24.738	10.328
III	Các mỏ boxit				
10	Tân Rai	1.300	3.250	3.250	9.750
11	Nhân Cơ	2.226	5.565	5.565	20.050
12	Tổng	343.146	972.400	674.353	967.919

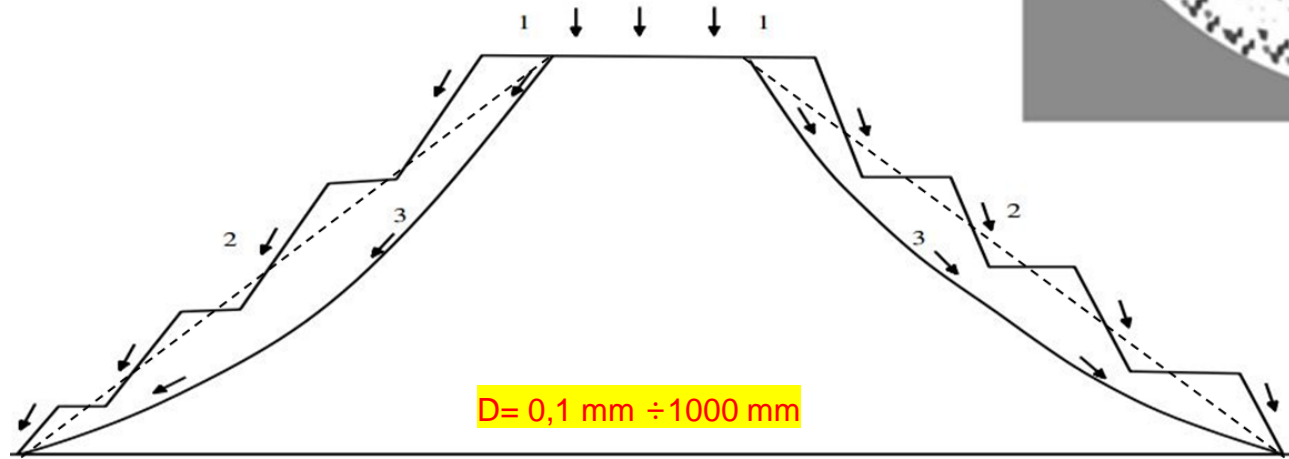
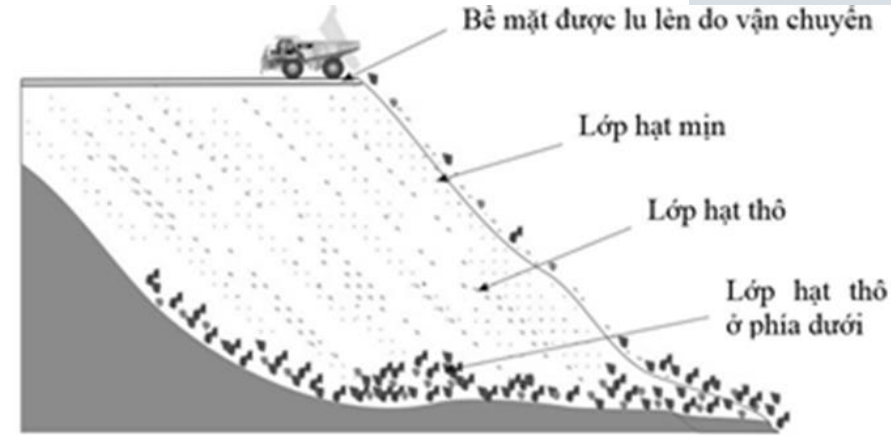
## Tổng hợp thông số hiện trạng các bãi thải

ST T	Tên bãi thải	Khối lượng đổ ( $\times 10^6 m^3$ )	Cao trình hiện trạng (m)	Chiều cao tầng thải (m)	Góc dốc tầng thải (độ)	Chiều u cao bãi thải (m)	Góc dốc bãi thải (độ)	Chiều rộng mặt tầng (m)	Cấu trúc nền bãi thải
1	Đông Cao Sơn	539.7	+310	50÷150	36÷40	210	28÷36	30÷50	Ổn định
2	Bắc Bằng Nâu	963.7	+190	40÷180	34÷36	180	30÷36	30÷50	Ổn định
3	Tây Nam Khe Tam	296	+320	30÷60	33÷35	200	28÷32		Ổn định
4	Đông Khe Sim	150	+250	30÷50	34÷37	200	30÷32		Ổn định
5	Bãi thải Chính Bắc	53	256	7÷70	30÷36	186	25÷31	30	Ổn định
6	Bãi thải mỏ Khánh Hòa	526	195	11÷81	30÷40	153	25÷33	20÷25	Cần khoan khảo sát
7	Bãi thải vách mỏ Na Dương	25	365	4÷16	25÷35	80	15÷25	20÷30	-
8	Bãi thải số 3 Phấn Mễ	16	+190	30÷50	30÷35	130	30	25÷30	Nền yếu
9	Bãi thải tro xỉ nhà máy nhiệt điện Na Dương		410	5÷50	30÷36	60-80	20	15÷30	Nền yếu
10	Bãi thải Mông Gioăng			20÷30		170	18÷22	20÷30	Ổn định
11	Bãi thải Lộ Phong (đã KT đổ thải)			40	30	200	24÷27	35	Ổn định

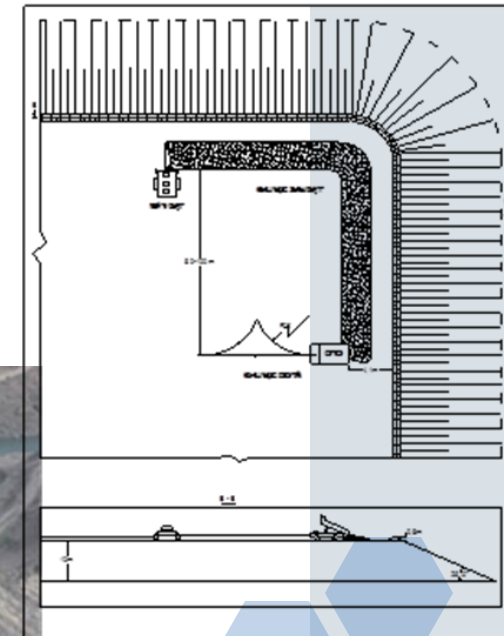


# I. ĐẶC ĐIỂM MỘT SỐ BÃI THẢI MỎ

Đất đá bãi thải ở trạng thái rời rạc, gồm các loại mảnh, cục đất đá vỡ vụn của cát kết, cuội kết, bột kết, sét kết, sét than và đất phủ đệ tứ, kích thước  $D = 0,1 \text{ mm} \div 1000 \text{ mm}$ .



Sơ đồ quá trình ổn định đất đá bãi thải  
(1. Lún bề mặt- chuyển dịch đứng; 2. Xói mòn bề mặt do tác động các hiện tượng ngoại sinh; 3. Trượt lở - trượt khối bãi thải do tác động ngoại sinh)



Sơ đồ công nghệ đổ thải kết hợp ô tô và máy gạt





## II. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ HÀM LÒ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI TẠI VÙNG THAN QUẢNG NINH

- Ngoài các tác động bề mặt thì với kết cấu và thể tích bãi thải lớn, đất đá trong khu vực bãi thải không liên kết gây ra áp lực lớn lên tầng đất đá phía trên các đường lò ở các mức khai thác khác nhau. Do vậy vùng đất đá nằm giữa bãi thải và hệ thống các đường lò khai thông, khu vực lò chợ bị thay đổi trạng thái ứng suất rất lớn.
- Các quá trình khai thác than gây ra sự biến dạng của đá vách. Sự biến dạng có thể biểu hiện ở dạng dịch chuyển của đá mà không bị phá huỷ, cũng có thể ở dạng nứt nẻ và đứt gãy. Với các kích thước lớn của khoảng trống đã khai thác, quá trình dịch chuyển phát triển tới mặt đất. Ban đầu, các lớp đá nằm ngay trên vỉa than bị phá huỷ, sau đó xảy ra sự đứt gãy của các lớp đá vách nằm trên theo mức độ phát triển của công tác khấu than.
- Theo hướng từ khoảng trống đã khai thác lên phía trên, trong địa tầng có thể phân biệt ba vùng, đặc trưng các mức độ phá huỷ của đá mỏ khác nhau: sập, đổ, uốn võng cùng với sự rạn nứt và uốn dẻo mà không bị phá huỷ.
- Khi phía trên bề mặt là bãi thải lớn thì trạng thái ứng suất, sự ứng xử của kết cấu đường lò là hoàn toàn thay đổi rất phức tạp khó có thể hiểu rõ được quy luật ứng xử của kết cấu chống đường lò phía dưới dẫn đến rất nhiều các hiện tượng phá huỷ đường lò.

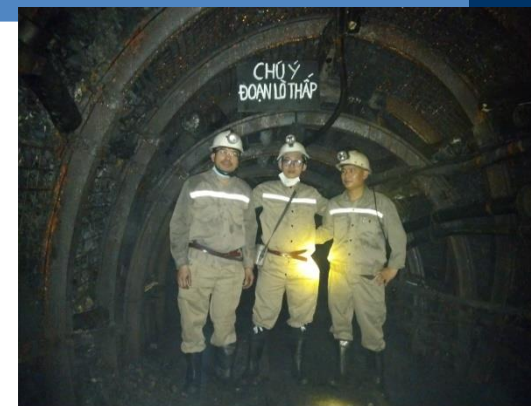
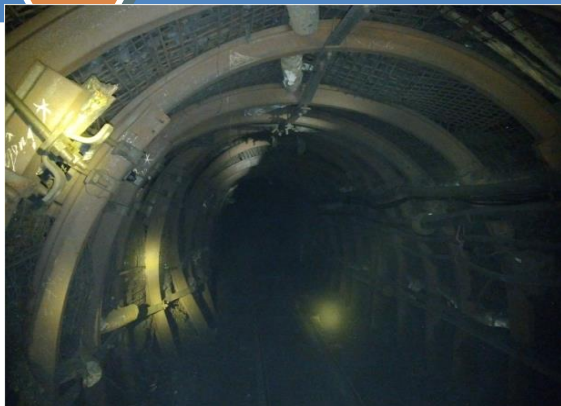


## II. HIỆN TRẠNG CÁC ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI BÃI THẢI ĐÔNG CAO SƠN



**Hiện tượng phá huỷ nóc và hông đường nóc  
lò thượng TG 14.5-19 khảo sát ngày 12/05/2021**

## II. HIỆN TRẠNG CÁC ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI BÃI THẢI ĐÔNG CAO SƠN



**Hiện tượng đường lò bị nén ép mạnh hai bên hông lò tại lò thượng vận tải 14.5 khu ĐN, sát ngày 12/05/2021**

## II. HIỆN TRẠNG CÁC ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI BÃI THẢI ĐÔNG CAO SƠN



**Hiện tượng đường sau khi chống xén khoảng 1 tháng bị đẩy gãy chèn tại lò thượng vận tải 14.5 khu ĐN, khảo sát ngày 12/05/2021**

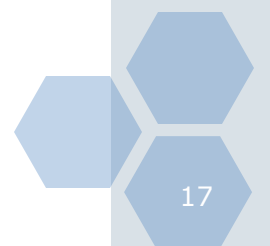
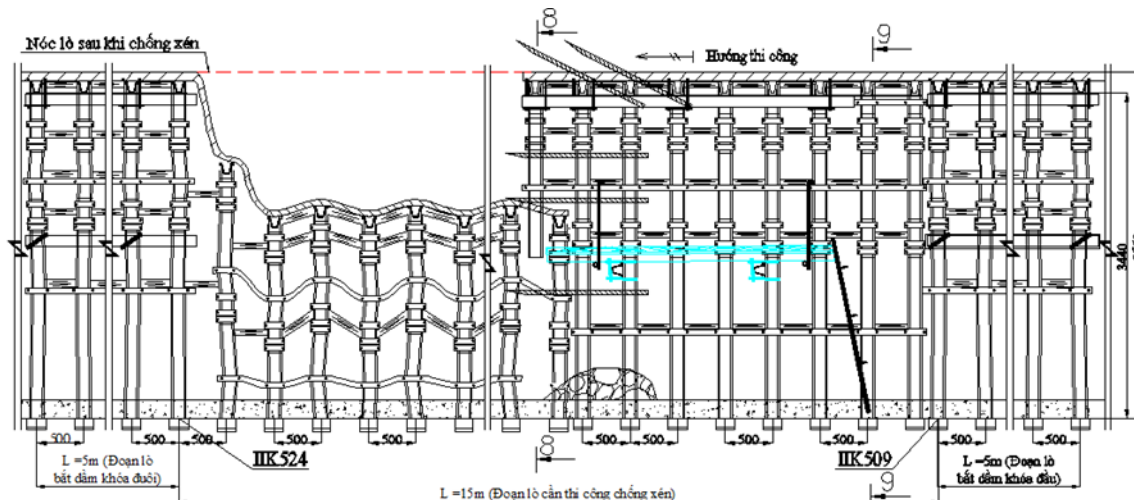
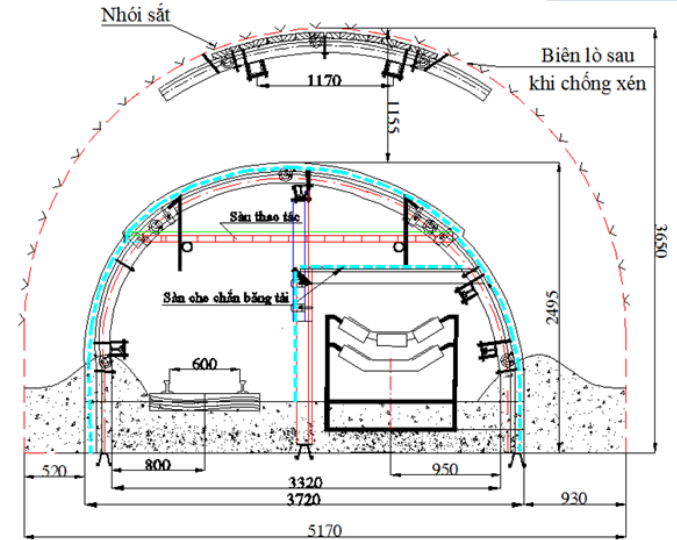
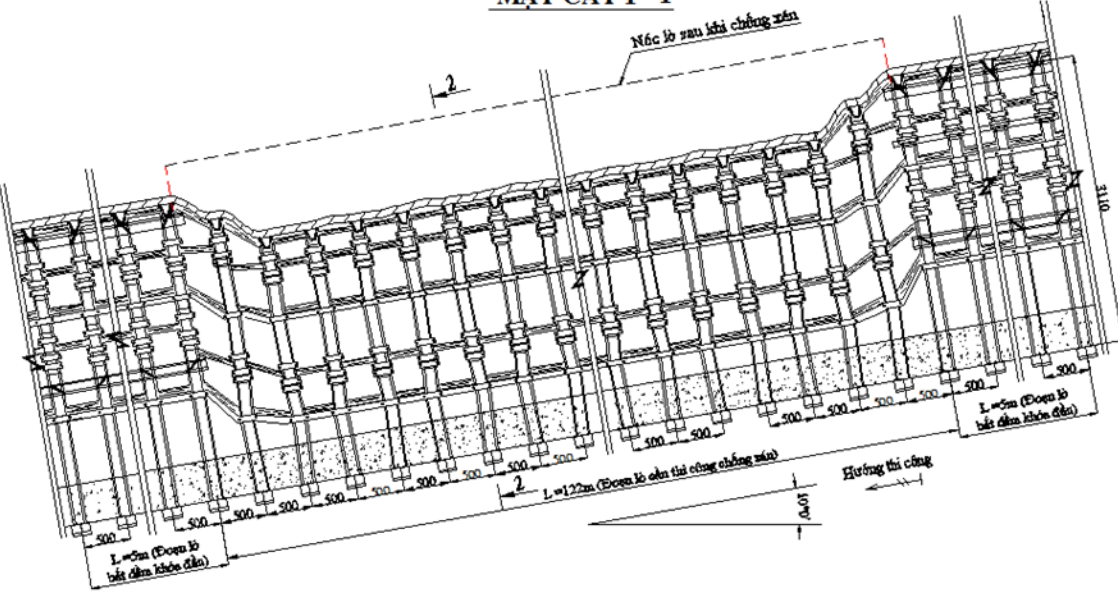




# II. HIỆN TRẠNG MỘT SỐ ĐOẠN Lò THƯỢNG VẬN TẢI 14.5 KHU ĐÔNG NAM- CÔNG TY THAN KHE CHÀM II

## LÒ THƯỢNG VẬN TẢI 14.5 KHU ĐÔNG NAM

MẶT CẮT 1-1





# HIỆN TƯỢNG PHÁ HỦY KKC LÒ DƯỚI BÃI THẢI

ĐƯỜNG LÒ DVTG MỨC -100 L7.2.CTCÔNG TY THAN MÔNG DƯƠNG



Gông vì chống bị xé do áp lực nóc



Chân vì chống bị đẩy do áp lực hông



Chân vì chống bị đẩy do áp lực hông



Đoạn lò bị nén bẹp



Một số vì chống bị xé



Vì chống bị vặn



## II. HIỆN TRẠNG MỘT SỐ ĐOẠN LÒ THƯỢNG VẬN TẢI 14.5 KHU ĐÔNG NAM- CÔNG TY THAN KHE CHÀM II



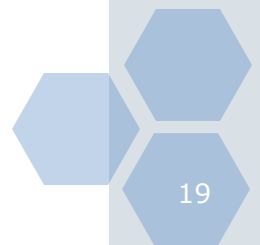
*Đường lò xuyên vỉa +17 vị trí PK 348 bị nén lún do áp lực bãi thải*



*Phá hủy vỏ bê tông lưu vì tai đường lò 17.2 do ảnh hưởng của nước chảy từ bãi thải*



**Hiện trạng công tác chống giữ và khai thác than dưới bãi thải lộ thiên**





## II. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BỀ MẶT MỎ HÀM LÒ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI TẠI VBÃI THẢI ÛNG THAN QUẢNG NINH

- Đường lò xuyên vỉa +17.3 khi thi công đến mét thứ 348 theo thiết kế đường lò được chống bằng thép SVP 22, tiết diện 9,4 m<sup>2</sup>, chèn kín nóc, hông chèn so le bằng tấm chèn bê tông cốt thép đúc sẵn đặt và đặt dầm nền. Nhưng do thời gian và ảnh hưởng của lớp áp lực đất đá phía trên là vùng bãi thải nên nhiều đoạn lò bị nén ép mạnh. Trên đường lò xuyên vỉa +17.2 đoạn mét 421 trở vào.
- Đoạn lò bị nén lún, làm rạn nứt vỏ chống bê tông lưu vì. Để đảm bảo an toàn, Công ty than Khe Chàm 3 đã chống đội gia cường đỡ vỏ chống bê tông bằng vì thép vòm, chèn bằng tấm chèn BTCT kết hợp với gỗ, đáng văng ngang nền bằng ray P24 chống đẩy hông. Tuy vậy, đường lò tiếp tục bị nén lún, biến dạng, đẩy hông làm gãy toàn bộ văng nền ray P24, làm giảm tiết diện đường lò, tiết diện thực tế sử dụng còn 5.4 m<sup>2</sup> ảnh hưởng tới công tác thông gió, vận tải, thoát nước của khu vực.
- Khu vực các đường lò nằm dưới bãi thải thuộc vỉa 14-5 với các đặc tính như sau: Vỉa 14-5 nằm cách vỉa 14-4 từ 30m đến 60m. Lộ vỉa 14-5 xuất hiện chủ yếu ở khu Khe Chàm I, III và moong khai thác lộ thiên mỏ Cao Sơn (Khe Chàm IV). Chiều dày toàn vỉa thay đổi từ 0,24m (BKC09) đến 38,84m (NKC67), trung bình 5.72m.

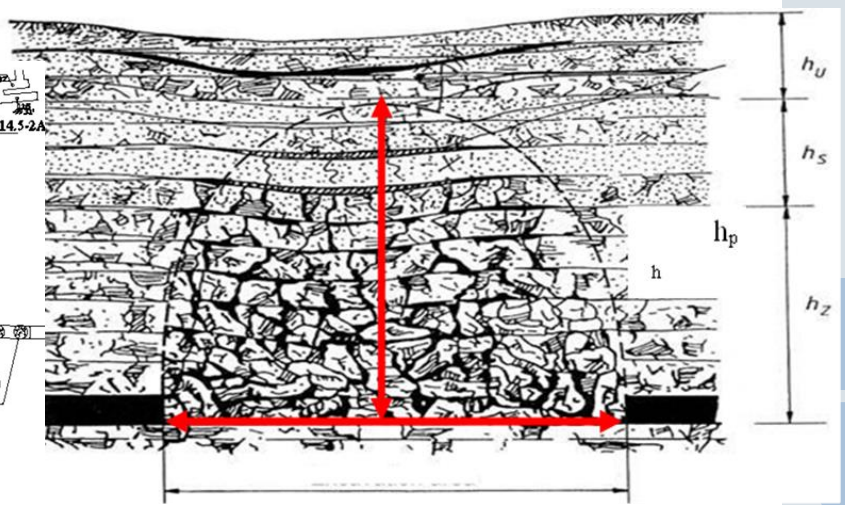
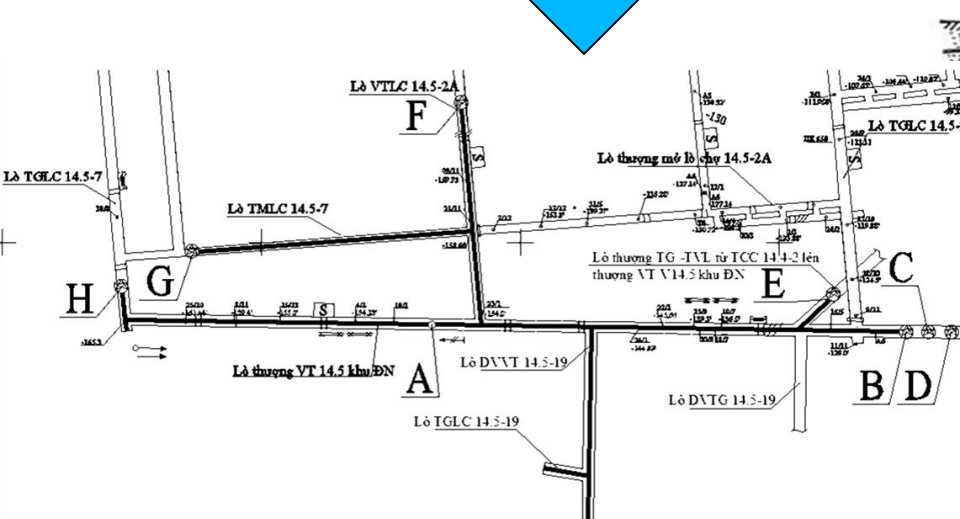
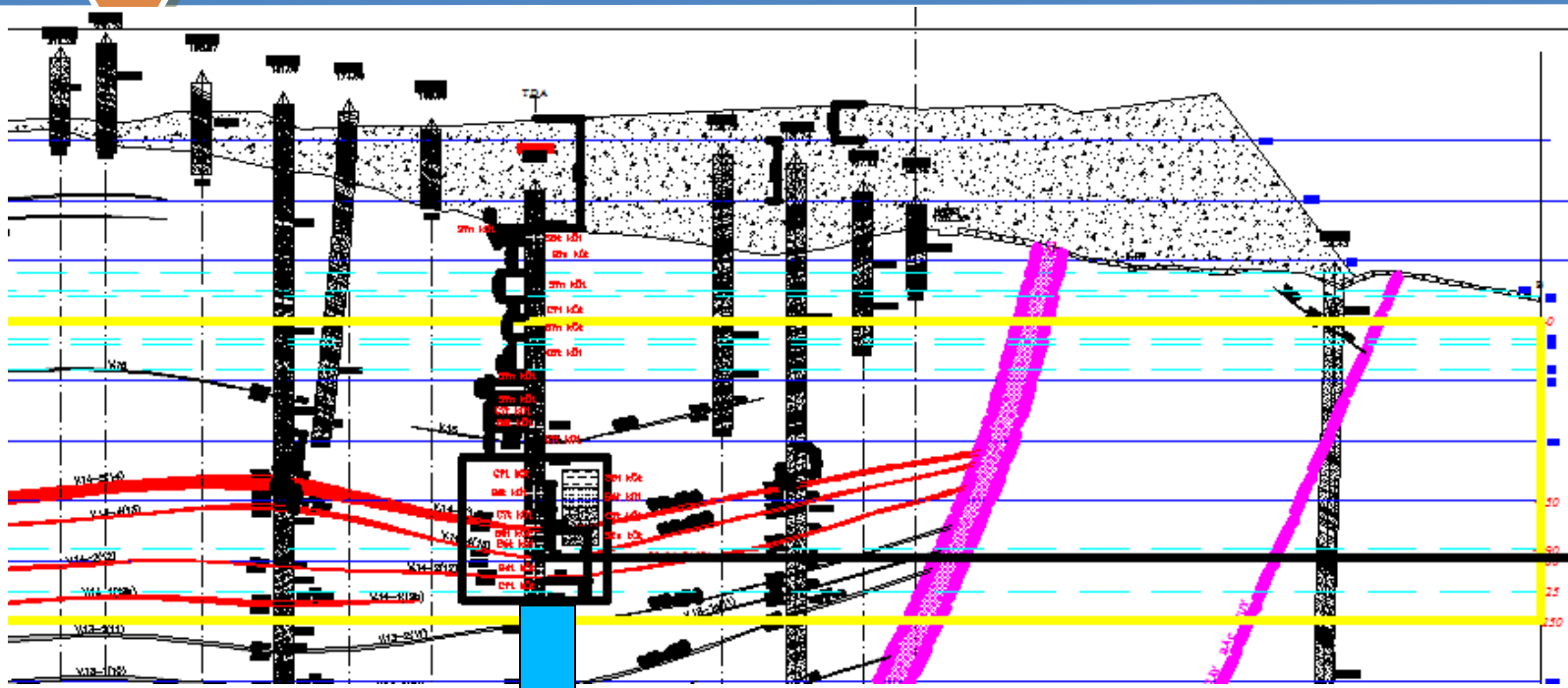
## II. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ HÀM LÒ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI TẠI VÙNG THAN QUẢNG NINH

Chiều dày riêng than thay đổi từ 0,00m đến 27,37m (NKC67), trung bình 4,99m. Vĩa có cấu tạo rất phức tạp, trong vĩa có từ 1 ÷ 9 lớp đá kẹp, chiều dày đá kẹp từ 0,0m ÷ 11,50m (NKC67), trung bình 0,53m. Độ dốc vĩa từ 30÷ 600, trung bình 270. Chiều dày vĩa 14-5 giảm dần từ phía Nam lên Bắc. Vĩa 14-5 có 317 công trình khoan khống chế vĩa dưới sâu, 39 công trình khai đào khống chế lộ vĩa. Đất đá vách, trụ vĩa than là các lớp đá bột kết, sét kết, than bản hoặc sét than và cuội kết thường nằm sát vách vĩa than, đây là dấu hiệu dễ nhận biết. So với báo cáo chuyển đổi năm 2008, chiều dày trung bình riêng than vĩa 14-5 giảm từ 6,77m xuống 4,99m. Đặc tính cụ thể của một số vĩa 14-5 cứu thể hiện trên Bảng 3 và hình 14.

Tên vĩa	Chiều dày (m)			Số lớp kẹp (s.lớp)	Độ dốc (độ)	Cấu tạo vĩa
	Dày vĩa	Riêng than	Đá kẹp			
V14-5	0,24-38,87	0-27,37	0-11,5	0-9	3-60	Rất phức tạp

**Bảng 3: Tổng hợp đặc điểm vĩa than V14-5 mỏ Khe Chàm**

## II. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ HÀM LÒ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI TẠI VÙNG THAN QUẢNG NINH





## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ HÀM LÒ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI TẠI VÙNG THAN QUẢNG NINH

Từ thực tế sản xuất tại mỏ than Thống Nhất, mỏ than Mông Dương và đặc biệt là tại mỏ than Khe Chàm III, kết quả sản xuất năm 2019 của Công ty than Khe Chàm đang gặp nhiều khó khăn, vướng mắc gây ảnh hưởng trực tiếp đến sản lượng khai thác năm 2019. *Nguyên nhân chủ yếu là do năm 2019 Công ty vẫn tập trung khai thác chính tại vỉa 14.5 có điều kiện địa chất công trình và điều kiện địa chất thủy văn phức tạp, than mềm yếu áp lực mỏ lớn (Công nhân phải thực hiện các công việc phát sinh nên giảm năng suất lao động theo dự kiến) [2 ÷ 3]. Cụ thể:*

- Trong đầu năm 2019, Công ty than Khe Chàm phải tạm dừng 04 công trường khai thác kết hợp với 3 công trường đào lò để tập trung nhân lực chống xén các đường lò bị nén. giảm tiết diện để duy trì phục vụ sản xuất nhằm đảm bảo an toàn và cải thiện điều kiện làm việc cho người lao động.

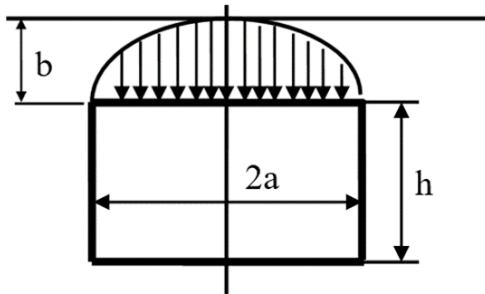
- Sản lượng khai thác của lò chợ giá xích trong năm dự kiến chỉ đạt từ 130.000 ÷ 160.000 tấn/năm. Nguyên nhân là do các lò chợ khai thác tại khu vực vỉa 14.5 có điều kiện địa chất thủy văn phức tạp. Nước chảy với lưu lượng (10 ÷ 50) m<sup>3</sup>. Áp lực mỏ lớn nên các đường lò dọc vỉa thường xuyên bị nén. Giảm tiết diện gây khó khăn trong công tác thông gió. Vận tải, đi lại và vận chuyển vận liệu phục vụ khai thác (số lượng vật tư chuyển trong 1 chuyến chỉ bằng 50% so với điều kiện bình thường).



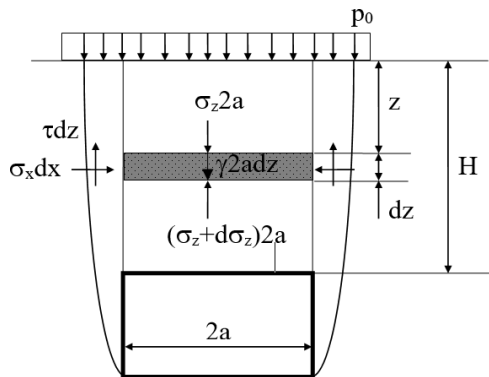
# III. CÁC PHƯƠNG ÁN TÍNH TOÁN THIẾT KẾ ĐANG SỬ DỤNG

## Prôtôdiakônốp

$$b = \frac{a}{f}$$



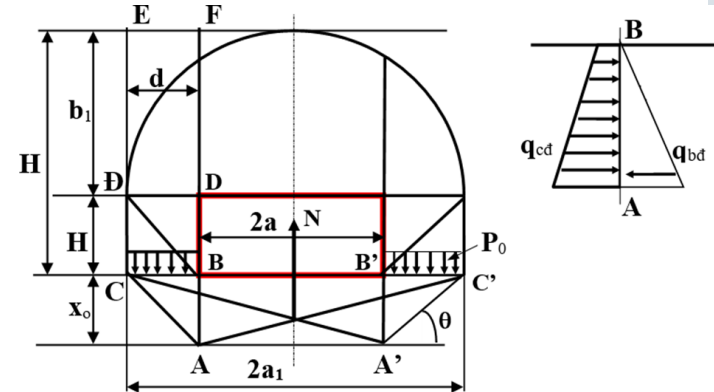
## Terzaghi



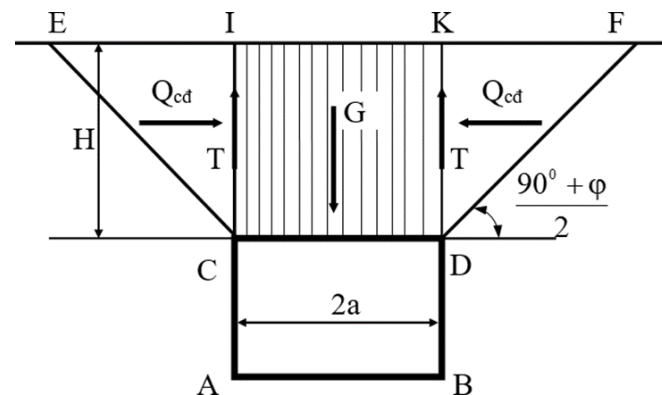
$$Q_n = \frac{2a^2 \cdot \lambda}{\lambda \operatorname{tg} \varphi}$$

## Tximbarevich

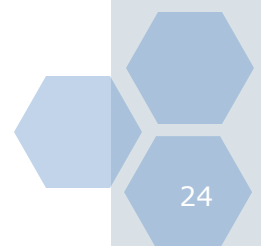
$$b_1 = \frac{a_1}{f} = \frac{a + h \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}{f}$$



## Bierbaumer



$$Q_n = G - 2T = 2 \cdot a \cdot \gamma \cdot H \left[ 1 - \frac{H}{2a} \operatorname{tg}^2 \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi \right]$$

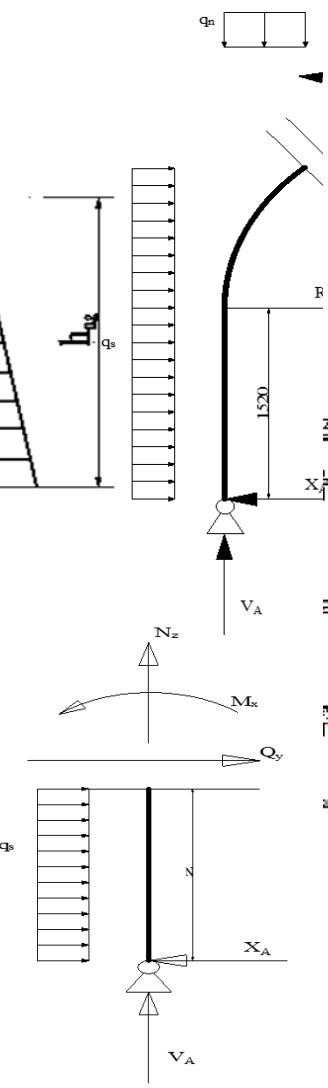
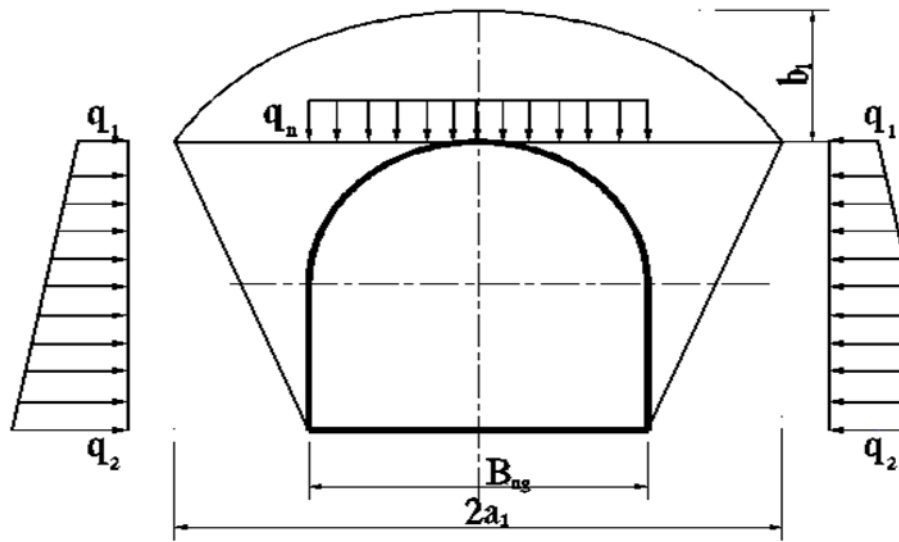




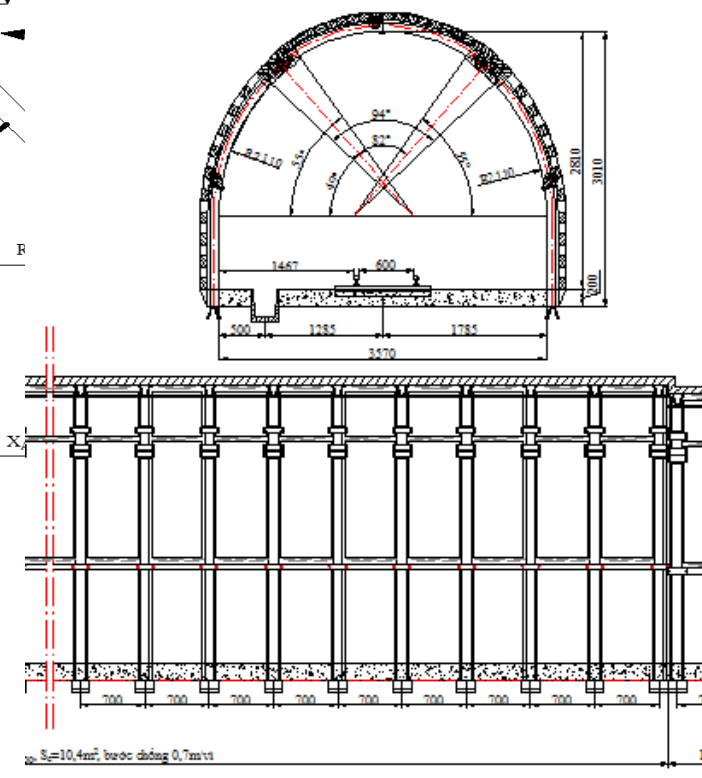


# III. CÁC PHƯƠNG ÁN TÍNH TOÁN THIẾT KẾ ĐANG SỬ DỤNG

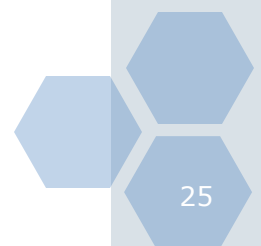
## LÒ VCVL TỪ VĨA 14.2 SANG VĨA 14.4



MẶT CẮT 44-44, 46-46, 48-48



1	Dạng tường thẳng vòm bán nguyệt		
2	Chiều cao tường:	$h_t =$	1.000 m
3	Bán kính vòm:	$R =$	2.25 m
4	Chiều cao đường lò:	$h =$	3.1 m
5	Góc nghiêng đường lò:	$a =$	0.000 Độ
6	Hệ số kiên cố của đá:	$f =$	4.000
7	Dung trọng thể tích của đá:	$\gamma =$	15.600 kN/m <sup>3</sup>
8	Bước chống:	$L =$	0.500 m
9	Hệ số vượt tải	$K_n$	1.200
10	Chiều rộng đường lò	$B_{ng} =$	4.5 m





## III. CÁC PHƯƠNG ÁN TÍNH TOÁN THIẾT KẾ ĐANG SỬ DỤNG

**Bảng giá trị nội lực phần cột**

STT	X	y	$q_h$	$R_A$	$M_x$	$Q_y$	$N_z$
	(kN)	(m)	(kN/v×)	(kN)	(kN.m)	(kN)	(kN)
1-1	10.59	0	28.43	121.22	0.00	0.08	121.22
2-2	10.59	0.1666667	28.43	121.22	-0.38	-4.66	121.22
3-3	10.59	0.3333333	28.43	121.22	-1.55	-9.40	121.22
4-4	10.59	0.5	28.43	121.22	-3.52	-14.14	121.22
5-5	10.59	0.6666667	28.43	121.22	-6.27	-18.88	121.22
6-6	10.59	0.8333333	28.43	121.22	-9.81	-23.62	121.22
7-7	10.59	1	28.43	121.22	-14.14	-28.36	121.22

**Bảng giá trị nội lực phần vòm**

Mặt cắt	Độ	$Y_v$	$X_v$	R	hc	$q_h$	$q_n$	M	Nv	Qv
				(m)	(m)	(kN/vì)	(kN/vì)	(kN.m)	(kN)	(kN)
1-1	0	0.00	0.00	2.16	1.09	28.43	53.88	-4.08	149.66	59.63
2-2	15	0.56	0.07	2.16	1.09	28.43	53.88	-10.97	153.06	71.91
3-3	30	1.08	0.29	2.16	1.09	28.43	53.88	-9.63	137.19	76.43
4-4	46	1.55	0.66	2.16	1.09	28.43	53.88	-1.91	105.74	70.81
5-5	60	1.87	1.08	2.16	1.09	28.43	53.88	6.72	66.21	54.65
6-6	75	2.09	1.60	2.16	1.09	28.43	53.88	14.18	28.00	29.82
7-7	90	2.16	2.16	2.16	1.09	28.43	53.88	17.04	-0.01	0.09



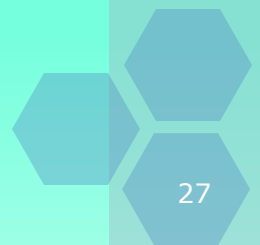
### III. CÁC PHƯƠNG ÁN TÍNH TOÁN THIẾT KẾ ĐANG SỬ DỤNG

#### Kết quả tính toán :

$$\sigma_{\max} = \left| \frac{M_{\max}}{W_x} + \frac{N}{\xi \cdot F} \right| \leq [\sigma_u]$$

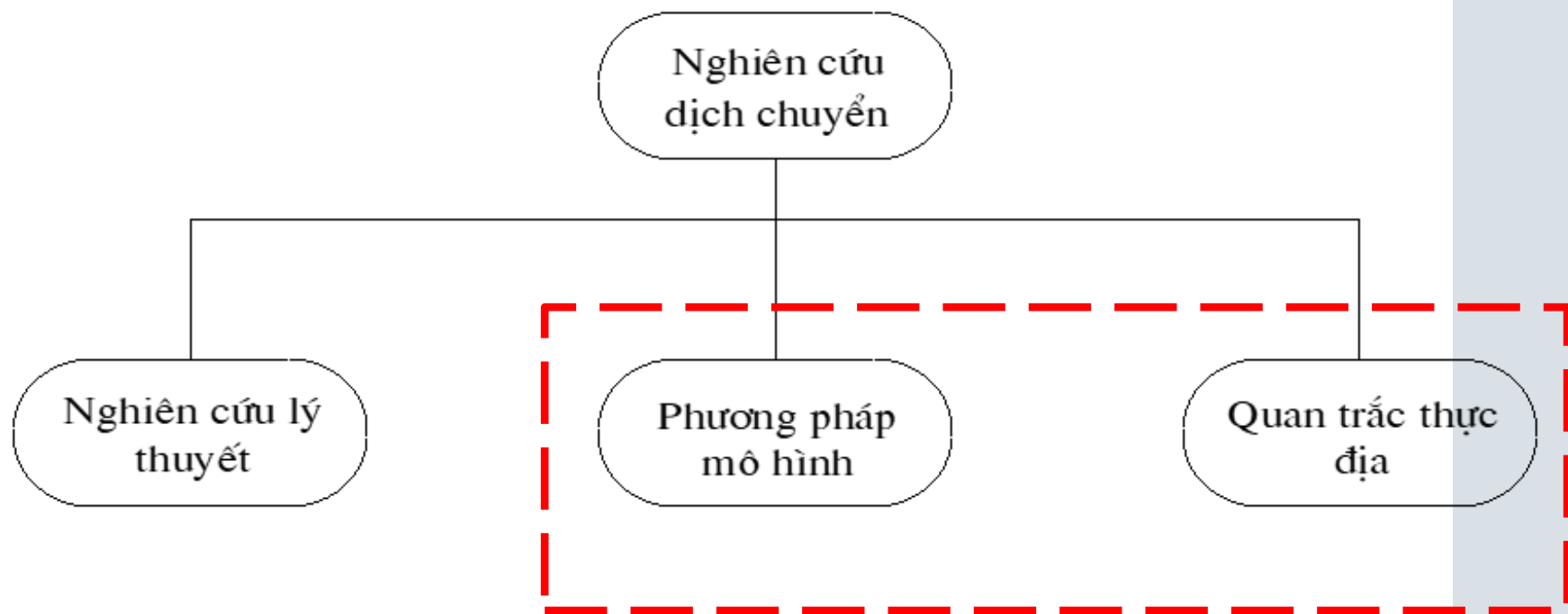
$[\sigma_u]=270000\text{kN/m}^2$  - là ứng suất uốn cho phép của thép làm kết cấu chống  
 $\sigma_{\max} = 63970 \text{ kN/cm}^2$  là ứng suất lớn nhất xuất hiện trong kết cấu

- Theo kết quả trên kết cấu chống lò bằng khung thép theo thiết kế đủ bền tuy nhiên trong thực tế các đường lò bị biến dạng, kết cấu chống lò bị phá hủy theo các kết quả khảo sát hiện trường tại khu vỉa 14.5 của công ty than Khe Chàm III.
- Các giả thuyết tính toán đang được sử dụng không còn đúng trong trường hợp đường lò đi qua khu vực địa chất có điều kiện địa chất phức tạp, các tầng đất đá bị vò nhàu, phía trên là khu vực bãi thải của mỏ.
- Nguyên nhân lò do trong quá trình thiết kế chưa tính đến ảnh hưởng của bãi thải Bàn Nâu phía trên và sự biến đổi trạng thái địa cơ học của các lớp đất đá dưới bãi thải nằm giữa bề mặt và hệ thống các đường lò.





## IV. ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ



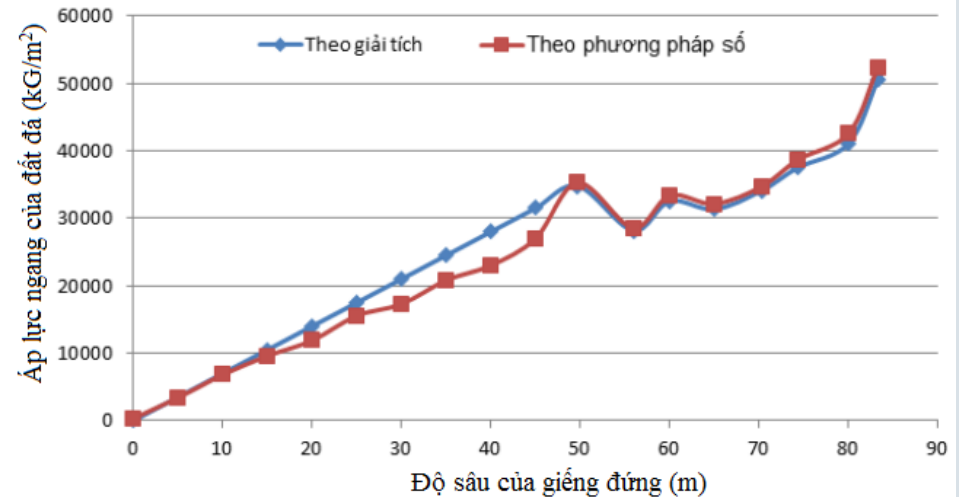
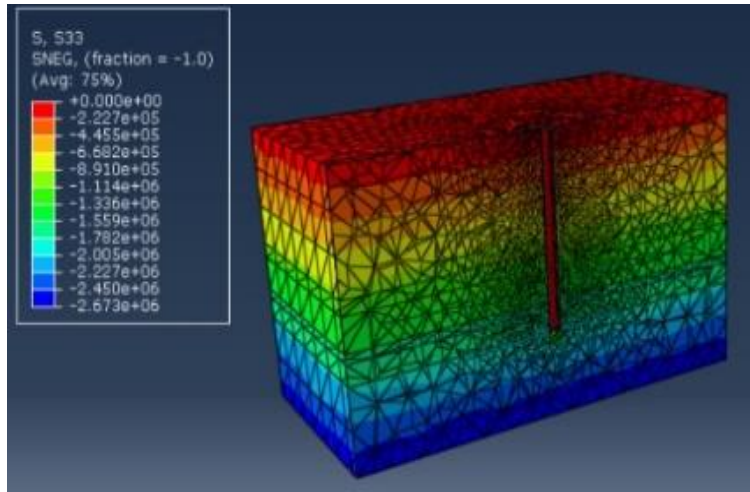
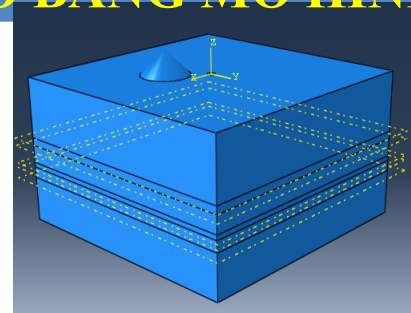


## IV. ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ

a)



b)



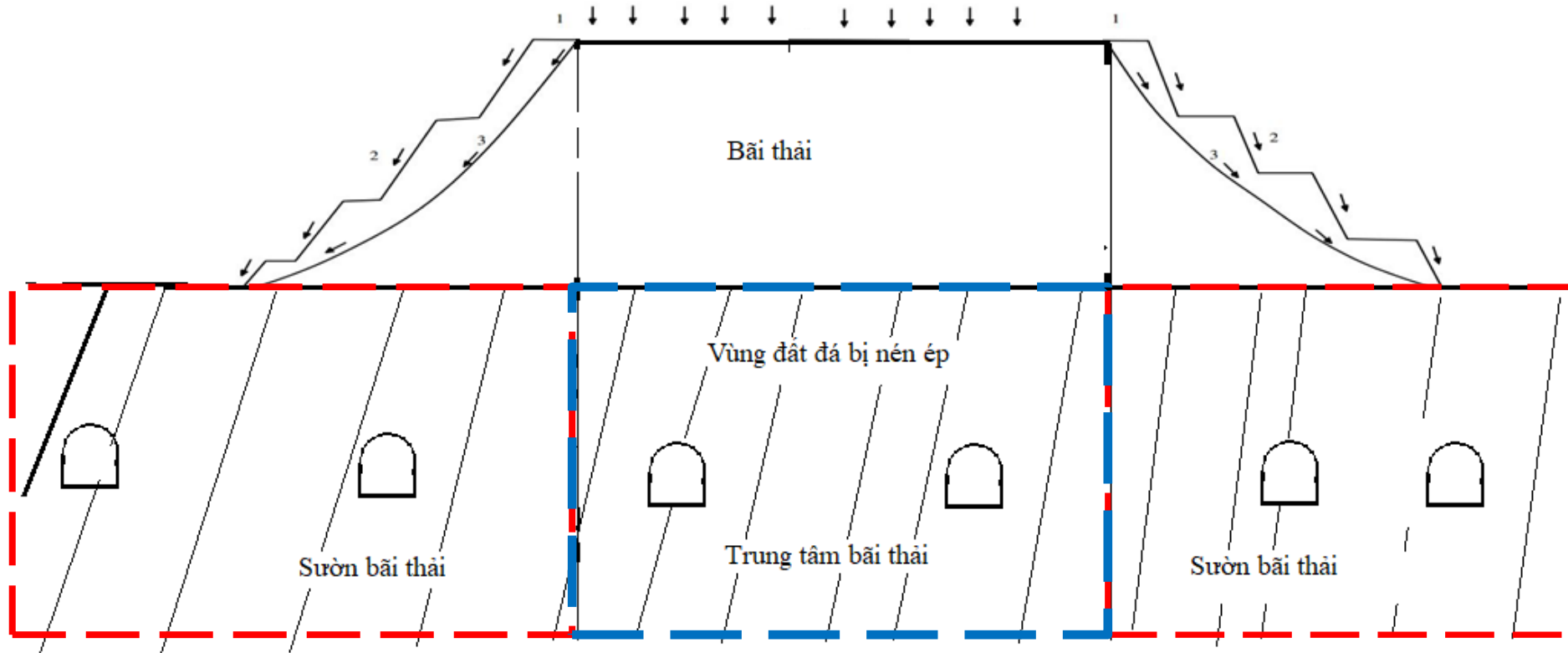
c)

(Đặng Văn Kiên, và n.n.k, 2018) đã mô phỏng ảnh hưởng của bãi thải đến vỏ chống giếng đứng bằng phương pháp số với bãi thải dạng hình chóp

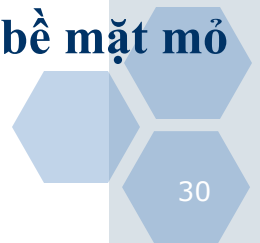
a - Vỏ chống giếng đứng; b - Khối đất đá và bãi thải dạng hình chóp; c - Giá trị ứng suất trên thành giếng bằng phương pháp số; d - Giá trị ứng suất trong thành giếng theo hai phương pháp khác nhau



## IV. ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ



**Nghiên cứu ảnh hưởng của tương quan vị trí đường lò so với bãi thải bề mặt mỏ**





# IV. ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ

## CÁC GIAI ĐOẠN MÔ PHÒNG TRONG TÍNH TOÁN KẾT CẤU CHỐNG ĐƯỜNG LÒ

Giai đoạn	Công việc
Giai đoạn 1	Xây dựng điều kiện biên, trường ứng suất ban đầu.
Giai đoạn 2	Giảm modun của khối đá phía trong biên lò để chú ý đến biến dạng xung quanh biên lò sau khi đào và lắp dựng kết cấu chống lò
Giai đoạn 3	a) Công tác khai đào, lắp dựng kết cấu chống. b) Quá trình đông cứng bê tông phun, neo BTCT và bê tông liền khối cốt cứng

Các tham số đầu vào cho phân tích khi thay đổi chiều dày phân lớp đá

Số TT	Tên các tham số	Kí hiệu	Giá trị		Đơn vị
			Lớp cát kết	Lớp bột kết	
1	Trọng lượng thể tích đất đá	$\gamma$	0,26	0,27	MN/m <sup>3</sup>
2	Độ bền kéo của khối đá	$\sigma_k$	0,5	0,7	MPa
3	Lực dính kết của khối đá	c	2	4	MPa
4	Góc ma sát trong của khối đá	$\phi$	30	35	độ
5	Mô đun đàn hồi của khối đá	E	1500	2000	MPa
6	Hệ số Poisson của khối đá	$\mu$	0,30	0,28	-
7	Góc dẫn nở của đất đá	$\psi$	0	0	độ
8	Góc ma sát trong dư	$\phi_{re}$	28	32	độ
9	Lực dính kết dư	$c_{re}$	1	0,5	MPa
10	Chiều rộng đường lò	S	-	-	m
11	Loại vật liệu	-	Đàn-Dẻo	Đàn-Dẻo	-
12	Tiêu chuẩn bền sử dụng	M-C	-	-	-
13	Tỷ số ứng suất nguyên sinh	$\sigma_3/\sigma_1$	1	1	-
14	Chiều sâu đặt đường lò	H	100	-	m
15	Góc nghiêng phân lớp đá	$\alpha$	45	45	độ
16	Chiều dày phân lớp đá	B	2 ; 4 ; 8 ; 16	2 ; 4 ; 8 ; 16	m
17	Lực dính kết bề mặt phân lớp đá cát kết/bột kết	$c'$	0,5		MPa
18	Góc ma sát trong bề mặt phân lớp cát kết/bột kết	$\phi'$	35		độ
19	Độ cứng vững pháp tuyến trên bề mặt phân lớp cát kết/bột kết	$\sigma_T$	100000		MPa/m
20	Độ cứng vững tiếp tuyến trên bề mặt phân lớp cát kết/bột kết	$\tau$	10000		3MPa/m

Chỉ tiêu cơ lý của đất đá khu vực đường lò

Loại đá	Các chỉ tiêu cơ lý				
	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	C (MPa)	$\phi$ (độ)	E (GPa)	$\nu$
Đá thải	2,1	0,02	30	3,0	0, 25
Bột kết)	2,6	5	35	3,6	0, 213
Sét kết	2,6	2,9	31	2,4	0,24
Than	1,5	0,5	30	0,91	0,25
Cát kết	2,6	16,9	36	5,0	0,206

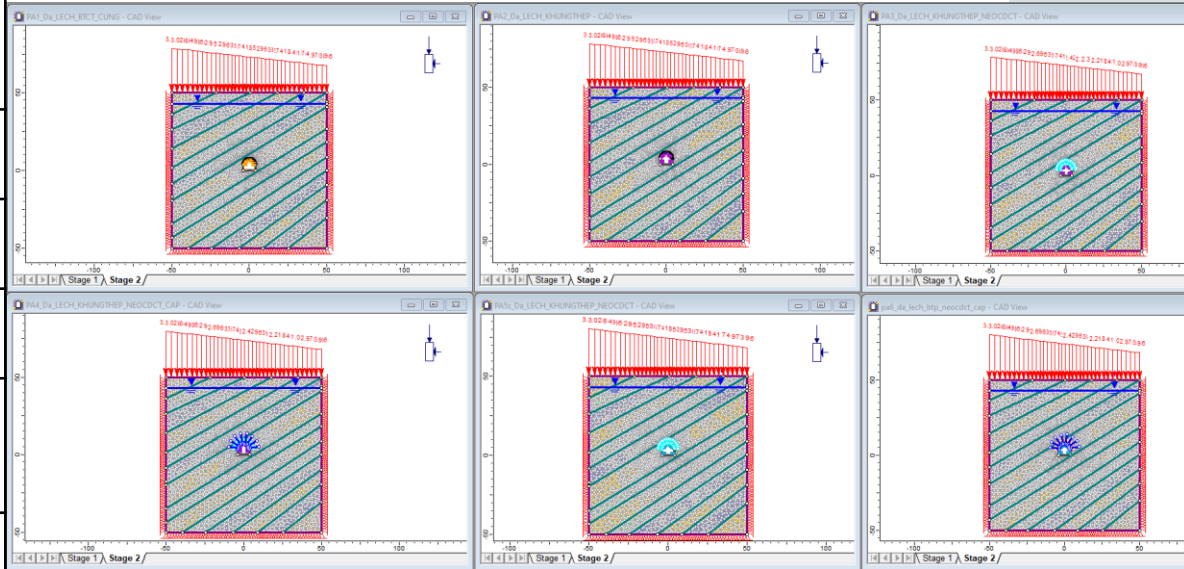


# IV. ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ

## ĐƯỜNG LÒ NẴM Ở SƯỜN BÃI THẢI

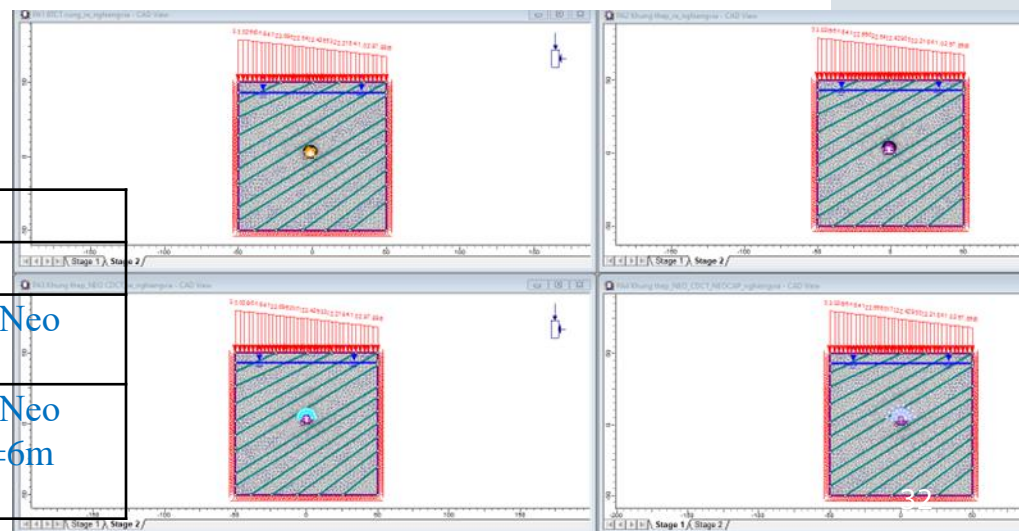
### Các phương án chống lò trong đá

Stt	Các phương án chống lò trong đá
1	PA1: Bê tông liền khối cốt cứng: thép I 110, bê tông M300 dày 30cm
2	PA2: Khung thép SVP 27 bước chống 0,7m
3	PA3: Khung thép SVP 27, Neo CDCT L =2,4m (axa = 0.8x0.8m)
4	PA4: Khung thép SVP27, NeoCDCT L =2,4m (axa = 0.8x0.8m), Neo Cáp L =6m (axa = 1.6x1.6m)
5	PA5: Neo CDCT L =2,4m kết hợp bê tông phun dày 7cm
6	PA6: Neo CDCT L =2,4m, Neo Cáp L =6m (axa = 1.6x1.6m), Bê tông phun



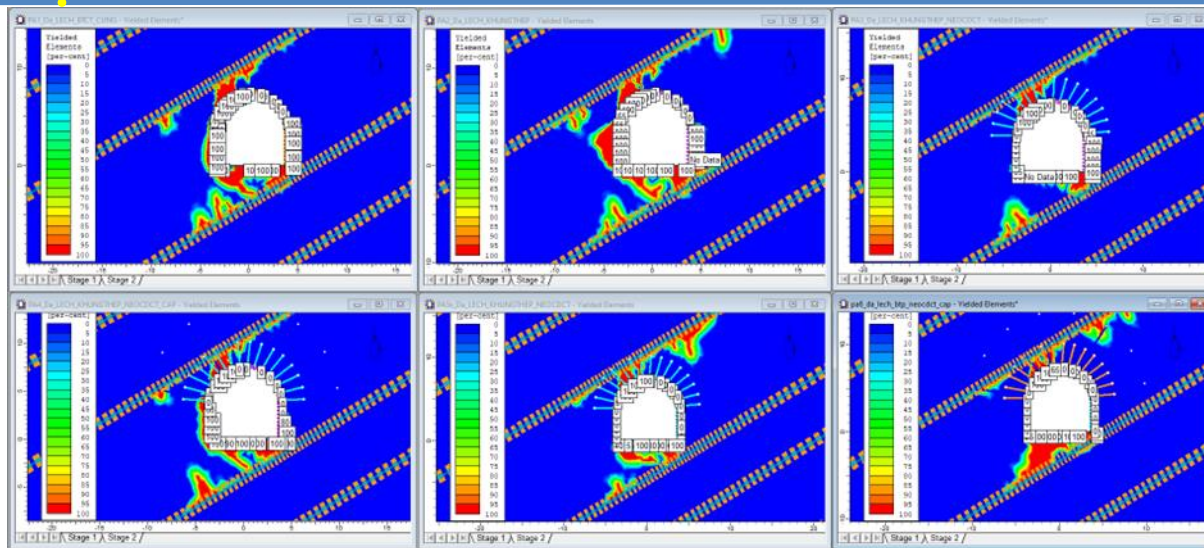
### Các phương án chống lò trong than

Stt	Các phương án chống lò than
1	PA 1: Khung thép SVP 27 bước chống 0,5m
2	PA 2: Khung thép SVP 27, bước chống 0,5m; Neo CDCT L =2,4m, (axa = 0.8x0.8m)
3	PA 3: Khung thép SVP 27, bước chống 0,5m; Neo CDCT L =2,4m (axa = 0.8x0.8m), Neo Cáp L =6m (axa = 1.6x1.6m)





# IV. ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ

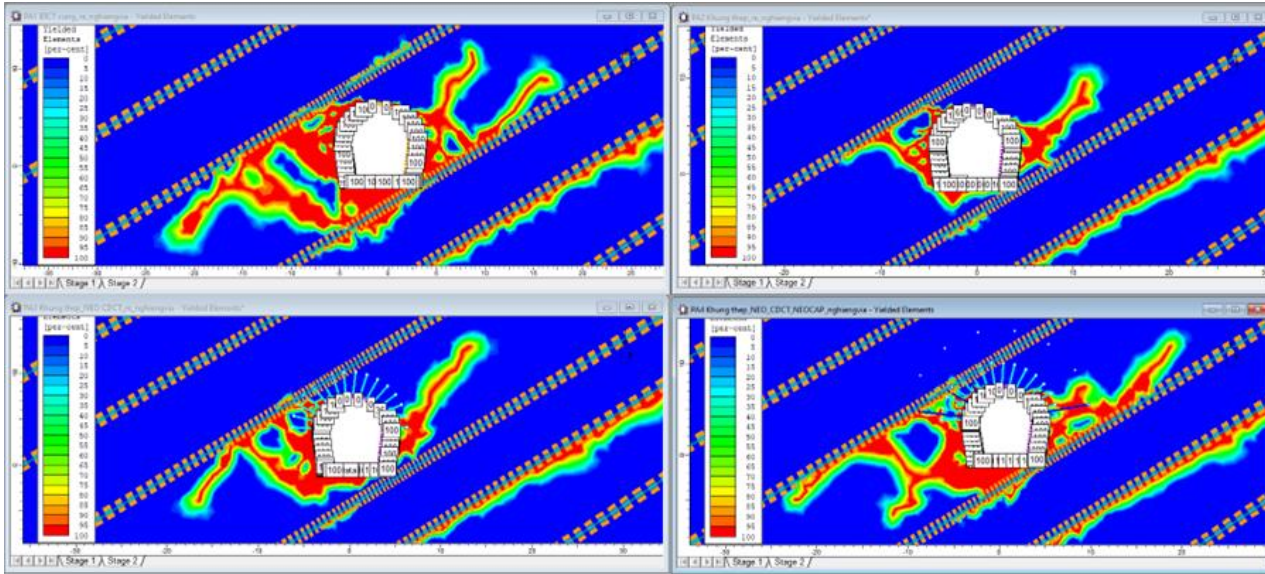


**Bảng 4.11.** Chuyển vị lớn nhất của đường lò nằm tại sườn bãi thải, tải trọng phân bố lệch trong đá

Stt	Các phương án chống lò	Chuyển vị lớn nhất trên nóc (mm)	Chuyển vị lớn nhất sườn lò (mm)	Chuyển vị lớn nhất nền lò (mm)	Chuyển vị lớn nhất trên biên (mm)
1	PA1: Bê tông liền khối cốt cứng: thép I 110, bê tông M300 dày 30cm	11.5	14.5	22.5	22.5
2	PA2: Khung thép SVP 27 bước chống 0,7m	17.5	18	22.5	22.5
3	PA3: Khung thép SVP 27; Neo CDCT, L =2,4m (axa =0,8 x0,8m)	13.5	12.5	22.5	22.5
4	PA4: Khung thép SVP 27, Neo CDCT L =2,4m, (axa =0,8 x0,8m), Neo Cáp L =6m (axa =1,6x1,6m)	12.5	11.5	22.5	22.5
5	PA5: Neo CDCT L =2,4m kết hợp bê tông phun dày 7 cm	14.5	13.5	22.5	22.5
6	PA6: Neo CDCT L =2,4m, (axa =0,8 x0,8m); Neo Cáp L =6m (axa =1,6x1,6m),	13.5	12.5	27	27



# IV. ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ



Stt	Các phương án chống lò	Chuyển vị lớn nhất trên nóc (mm)	Chuyển vị lớn nhất sườn lò (mm)	Chuyển vị lớn nhất nền lò (mm)	Chuyển vị lớn nhất trên biên (mm)
1	PA1: Khung thép SVP 27 bước chống 0,5m	140	240	340	340
2	PA2: Khung thép SVP 27, bước chống 0,5m; Neo CDCT L =2,4m	150	275	425	425
3	PA3: Khung thép SVP 27, bước chống 0,5m; Neo CDCT L =2,4m, Neo Cáp L =6m (axa =1x1m)	125	225	400	400

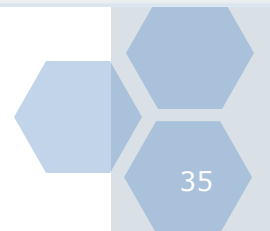
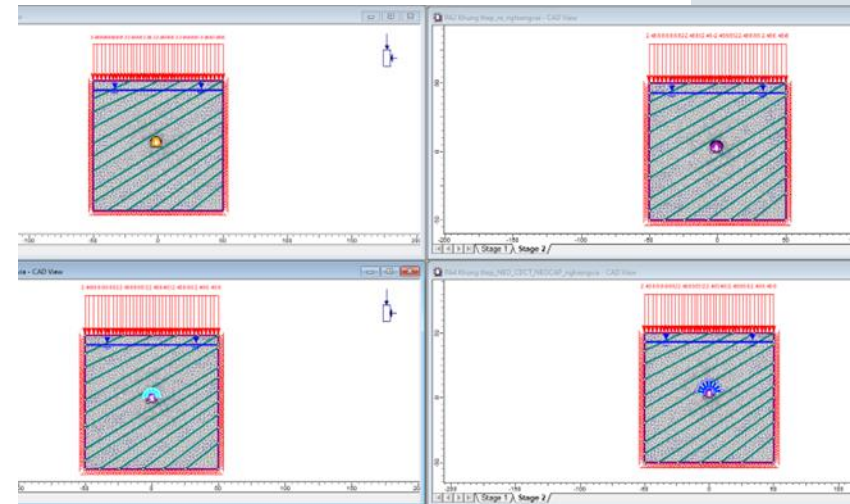
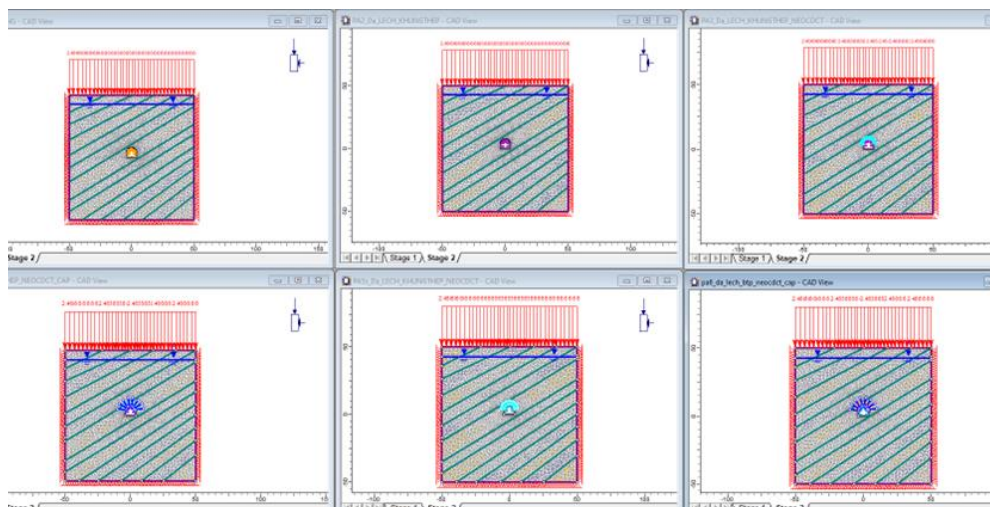


# IV. ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG ỨNG CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ

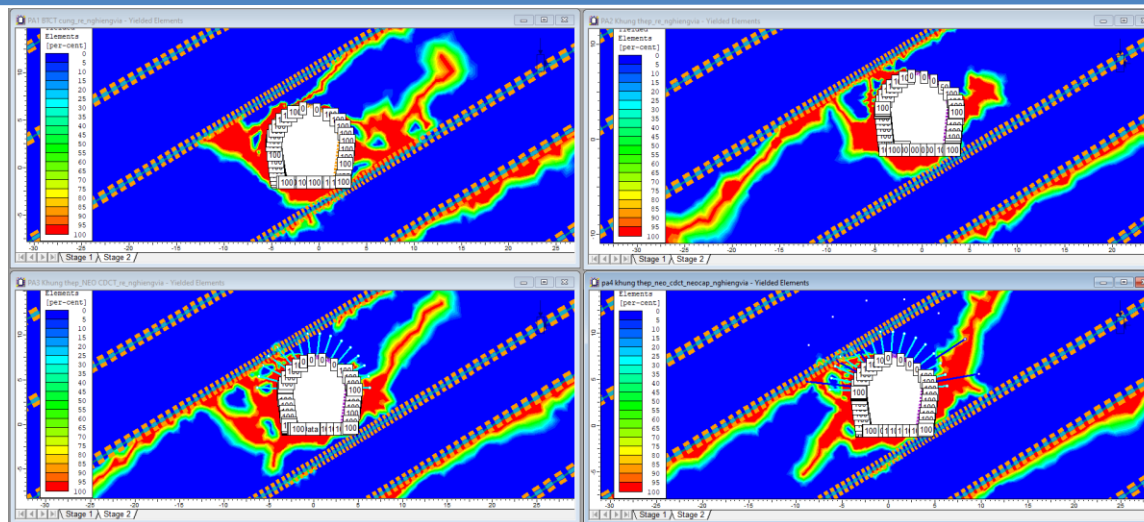
## ĐƯỜNG LÒ NẪM Ở TRUNG TÂM BÃI THẢI

Stt	Các phương án chống lò đào trong đá
1	PA1: Bê tông liền khối cốt cứng: thép I 110, bê tông M300 dày 30cm
2	PA2: Khung thép SVP 27 bước chống 0,7m
3	PA3: Khung thép SVP 27, bước chống 0,7m; Neo CDCT L =2,4m (axa = 0.8x0.8m)
4	PA4: Khungthép SVP27, bước chống 0,7m; Neo CDCT L =2,4m (axa = 0.8x0.8m), Neo Cáp L =6m (axa =1.6x1.6m)
5	PA5: Neo CDCT L =2,4m kết hợp bê tông phun dày 10cm
6	PA6: Neo CDCT L =2,4m (axa = 0.8x0.8m), Neo Cáp L =6m (axa =1.6x1.6m), Bê tông phun 10cm

Stt	Các phương án chống lò
1	PA 1: Khung thép SVP 27 bước chống 0,5m
2	PA 2: Khung thép SVP 27, bước chống 0,5m; Neo CDCT L =2,4m, (axa = 0.8x0.8m)
3	PA 3: Khung thép SVP 27, bước chống 0,5m; Neo CDCT L =2,4m (axa = 0.8x0.8m), Neo Cáp L =6m (axa =1.6x1.6m)

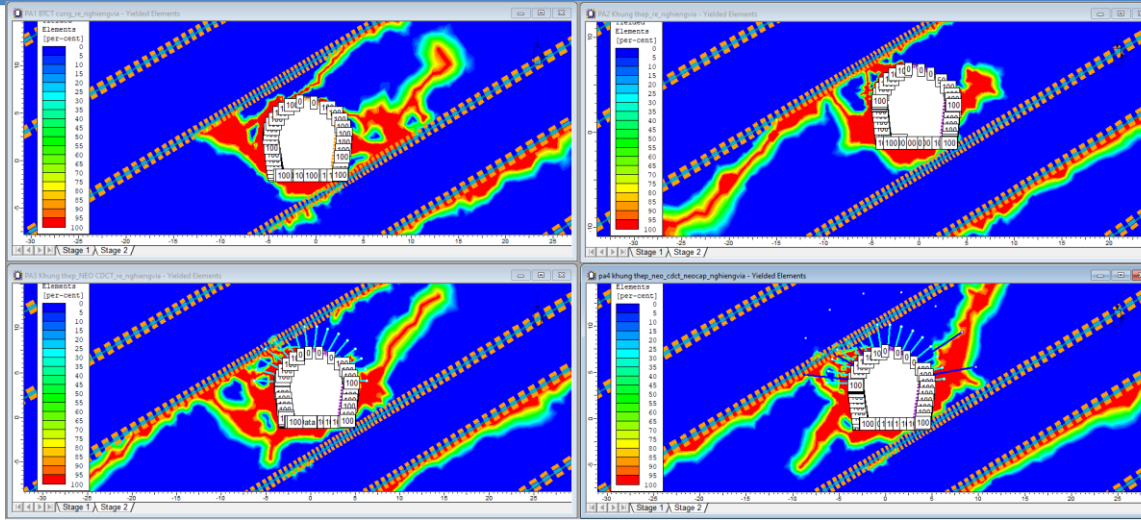


# IV. ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP SỐ TRONG TÍNH TOÁN KC CHỐNG LÒ



Stt	Các phương án chống lò	Chuyển vị lớn nhất trên nóc (mm)	Chuyển vị lớn nhất sườn lò (mm)	Chuyển vị lớn nhất nền lò (mm)	Chuyển vị lớn nhất trên biên (mm)
1	PA1: Bê tông liền khối cốt cứng: thép I 110, bê tông M300 dày 30cm	11.5	14.5	27	27
2	PA2: Khung thép SVP 27 bước chống 0,7m	17.5	18	22.5	22.5
3	PA3: Khung thép SVP 27; Neo CDCT, L =2,4m, (axa =0,8 x0,8m)	13.5	12.5	22.5	22.5
4	PA4: Khung thép SVP 27, bước chống 0,7m; Neo CDCT L =2,4m, (axa =0,8 x0,8m); Neo Cáp L =6m (axa =1,6x1,6m)	8.5	9.5	22.5	22.5
5	PA5: Neo CDCT L =2,4m, (axa =0,8 x0,8m) kết hợp bê tông phun dày 7 cm	11.5	10.5	18	18
6	PA6: Neo CDCT L =2,4m; Neo Cáp L =6m (axa =1,6x1,6m),	9.5	12.5	27	27

# IV. ẢNH HƯỞNG CỦA BÀI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG MÔ HÌNH SỐ



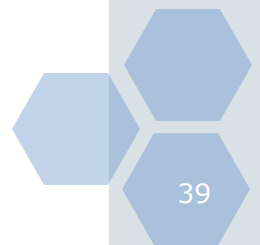
STT	Các phương án chống lò	Chuyển vị lớn nhất trên nóc (mm)	Chuyển vị lớn nhất sườn lò (mm)	Chuyển vị lớn nhất nền lò (mm)	Chuyển vị lớn nhất trên biên (mm)
1	PA 1: Khung thép SVP 27 bước chống 0,5m	140	240	340	340
2	PA 2: Khung thép SVP 27, bước chống 0,5m; Neo CDCT L =2,4m, (axa = 0.8x0.8m)	140	220	360	360
3	PA 3: Khung thép SVP 27, bước chống 0,5m; Neo CDCT L =2,4m (axa = 0.8x0.8m), Neo Cáp L =6m (axa =1.6x1.6m)	120	220	340	340





## V. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Vấn đề quy hoạch bãi thải không được chú ý từ đầu, một số bãi thải nằm ngay trên khu vực khai thác (Khe Chàm III); Giếng đứng (Mạo Khê) đang gây những ảnh hưởng lớn đến độ ổn định cho hệ thống các đường lò khai thác phía dưới;
2. Bãi thải phía trên có ảnh hưởng lớn đến trạng thái địa cơ học của hệ thống đường lò phía dưới. Tùy thuộc vào tương quan vị trí của đường lò so với bãi thải mà áp lực tác dụng lên đường lò có thể là phân bố đều với vùng đường lò ở trung tâm bãi thải (I) hoặc phân bố lệch với vùng sườn dốc bãi thải (vùng II), ảnh hưởng đến sự làm việc của kết cấu chống chống giữ đường lò;
3. Hiện tượng các đường lò bị phá hủy bóp méo, kết cấu chống bị phá hủy nhanh chóng sau khi đào dẫn đến phải chống xén nhiều lần gây ảnh hưởng đến công tác vận tải, nhất là đối với các đường lò cơ bản. Biến dạng các vùng xung quanh đường lò xuất hiện lớn dù đã sử dụng các kết cấu chống điều đó cho thấy các **giả thuyết tính toán truyền thống không còn đúng nữa**, cũng như kết cấu chống sử dụng chưa phù hợp trong điều kiện áp lực mỏ lớn do bãi thải phía trên và các lớp đất đá bị vò nhàu do các tầng khai thác phía trên để lại; Việc sử dụng các mô hình số để mô phỏng sẽ cho phép tiếp cận tốt hơn các ứng xử cơ học của kết cấu chống lò.





## V. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4. Bãi thải phía trên có ảnh hưởng lớn đến trạng thái địa cơ học của hệ thống đường lò phía dưới. Tùy thuộc vào tương quan vị trí của đường lò so với bãi thải mà áp lực tác dụng lên đường lò có thể là phân bố đều hoặc phân bố lệch, ảnh hưởng đến sự làm việc của kết cấu chống chống giữ đường lò. Nghiên cứu cũng tiến hành nghiên cứu cho một trường hợp đường lò dọc vỉa khu vỉa 14-5 thuộc mỏ than Khe Chàm III. Kết quả mô hình số cho thấy các đường lò nằm ở khu vực sườn dốc bãi thải có chuyển vị lớn hơn, độ ổn định thấp hơn so với các đường lò nằm ở trung tâm bãi thải.

5. Nhóm nghiên cứu mới tiến hành nghiên cứu mô hình số cho một trường hợp cụ thể trong một điều kiện cụ thể, để có những đánh giá đầy đủ hơn cần tiến hành phân tích bài toán với nhiều trường hợp và thử nghiệm kết quả, đánh giá hiệu quả mang lại trong tương lai.

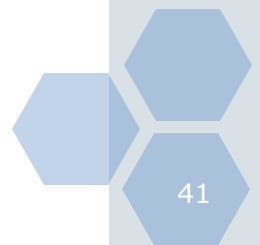
6. Kết quả nghiên cứu là nội dung của đề tài mã số: HĐ-KHCN-KC01.Đ02-20/16-20 theo hợp đồng 257/HĐ-KHCN-KC01.Đ02-20/16-20, ký ngày 30/11/2020 giữa Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam và Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp-Vinacomin và hợp đồng chuyên gia 257(A1)/HĐ-KHCN-KC01.Đ02-20/16-20 giữa Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp -Vinacomin và nhóm chuyên gia Đại học Mỏ- Địa chất đại diện TS. Đặng Văn Kiên. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Tập đoàn TKV hỗ trợ thực hiện nghiên cứu này.





## CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. **Đặng Văn Kiên**, Võ Trọng Hùng, Đỗ Ngọc Anh, Khuất Mạnh Thắng, Đỗ Thế Anh, (2018), *Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải bề mặt đến độ ổn định của vỏ chống giếng đứng tại các mỏ lò Việt Nam*, Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2018), trang 40-44, 2018
2. Võ Trọng Hùng, **Đặng Văn Kiên**, Đỗ Ngọc Anh, Nguyễn Duyên Phong, Khuất Mạnh Thắng, Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải bề mặt mỏ đến trạng thái làm việc của vỏ chống giếng đứng tại các mỏ hầm lò Việt Nam, Tạp chí Công nghiệp Mỏ, 6, 2018
3. Đỗ Xuân Hội, **Đặng Văn Kiên**, Đỗ Ngọc Anh, (2022). Nghiên cứu ảnh hưởng của áp lực lên các đường lò dưới bãi thải bằng phương pháp mô hình số. Tạp chí Địa kỹ thuật số 2 , Trang 39-50
4. **Đặng Văn Kiên**, Ngô Đức Quyền, Nguyễn Chí Kiên, **Nguyễn Hữu Sà**, Đỗ Xuân Hội, Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chống giữ đường lò nằm dưới khu vực bãi thải mỏ vùng Quảng Ninh. Hội nghị Khoa học toàn quốc ACEA - VIETGEO 2021, Phú Yên 13-14/05/2022, ISBN: 978-604-67-2296-0. Trang 347-355.





## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Viện Khoa học công nghệ mỏ - Vinacomin- Báo cáo tổng kết đề tài: nghiên cứu độ ổn định, lựa chọn thông số, trình tự đổ thải, các giải pháp thoát nước và các công trình bảo vệ phù hợp với tình hình biến đổi khí hậu tại các bãi thải mỏ than lộ thiên thuộc TKV – Hà nội 2016.
- [2] Phạm Minh Đức, Nguyễn Văn Phương, Nông Việt Hùng, Trịnh Đăng Hưng, Nghiêm Xuân La, Ngô Văn Định và nnk. Báo cáo đề tài. *Nghiên cứu áp dụng giải pháp kỹ thuật công nghệ để chống giữ các đường lò trong điều kiện áp lực mỏ lớn tại một số mỏ hầm lò Quảng Ninh* -Viện Khoa Học Công nghệ Mỏ. Hà Nội-2005.
- [3] Phạm Minh Đức, Nguyễn Văn Phương và nnk. Báo cáo đề tài “*Nghiên cứu các giải pháp tổng hợp nhằm giảm chống xén, nâng cao ổn định đường lò mỏ*”, Hà Nội -2007.
- [4] Nguyễn Quang Phích và nnk. Báo cáo đề tài cấp nhà nước “*Nghiên cứu ứng dụng và phát triển mô hình phân tích, dự báo tai biến địa chất, kỹ thuật đối với công trình ngầm, công trình khai thác mỏ ở Việt Nam*”. Hà Nội -2015.
- [5] Ngô Đức Quyền và nnk. Báo cáo đề tài cấp tập đoàn TKV “*Nghiên cứu lựa chọn kết cấu chống hợp lý cho các đường lò thuộc vùng than Quảng Ninh phục vụ công tác tư vấn thiết kế*”. Tập đoàn Công nghiệp Than và Khoáng sản. Hà Nội- 2018;
- [6] Gale W. J. and Fabianczyk M.W. Design approach to assess coal mine roadway stability and support requirements. Australia 1993.
- [7] Sicherheit gegen Niederbruch im Untertagebau. Alexander H. Schneider. ETH Zürich, 2002
- [8] Paul Avinash et al., Design of Support System and Stability Evaluation for Underground Workings of Gare Palma Coal Mine – A Case Study. Modelling, Measurement and Control C. September 2018.



**XIN CHÂN THÀNH CẢM ƠN!**

