7.5. METODE PODZEMNE EKSPLOATACIJE SLOJEVITIH LEŽIŠTA

METODE PODZEMNE EKSPLOATACIJE SLOJEVITIH LEŽIŠTA

7.5.1. Stupne otkopne metode

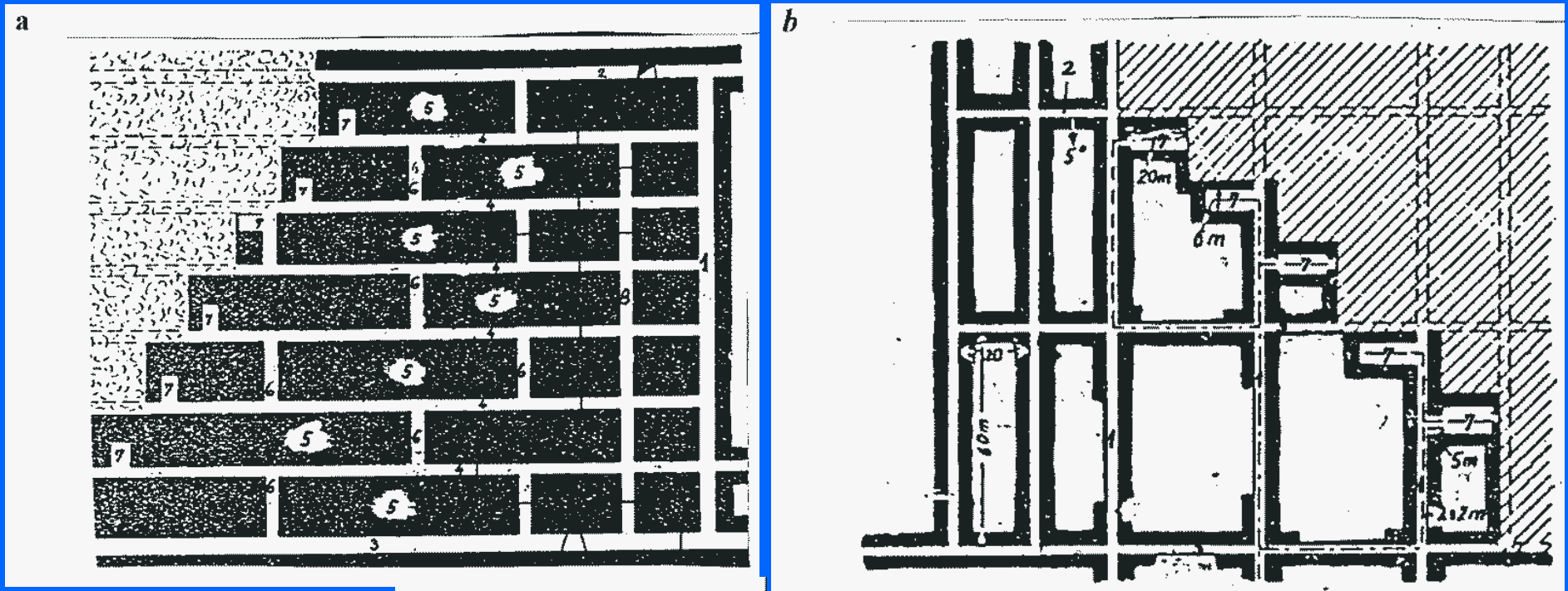
7.5.2. Komorne otkopne metode

7.5.3. Komorno-stupne otkopne metode

7.5.4. Širokočelne otkopne metode

7.5.1. Stupne otkopne metode

7.5.1.1. Priprema za otkopavanje stupova



1 - izvozni uskop

2 - ventilacijski hodnik

3 - izvozni hodnik

4 - otkopni hodnici

5 - stupovi po pružanju

6 - kratki ventilacijski uskop

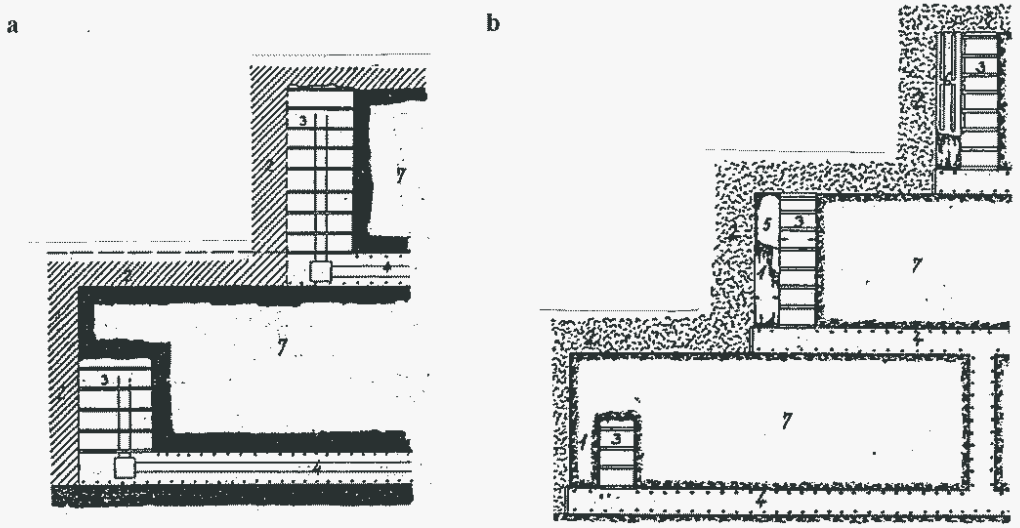
7 - otkop

8 - vjetreni uskop

Slika 7.42 **Priprema za otkopavanje stupova**

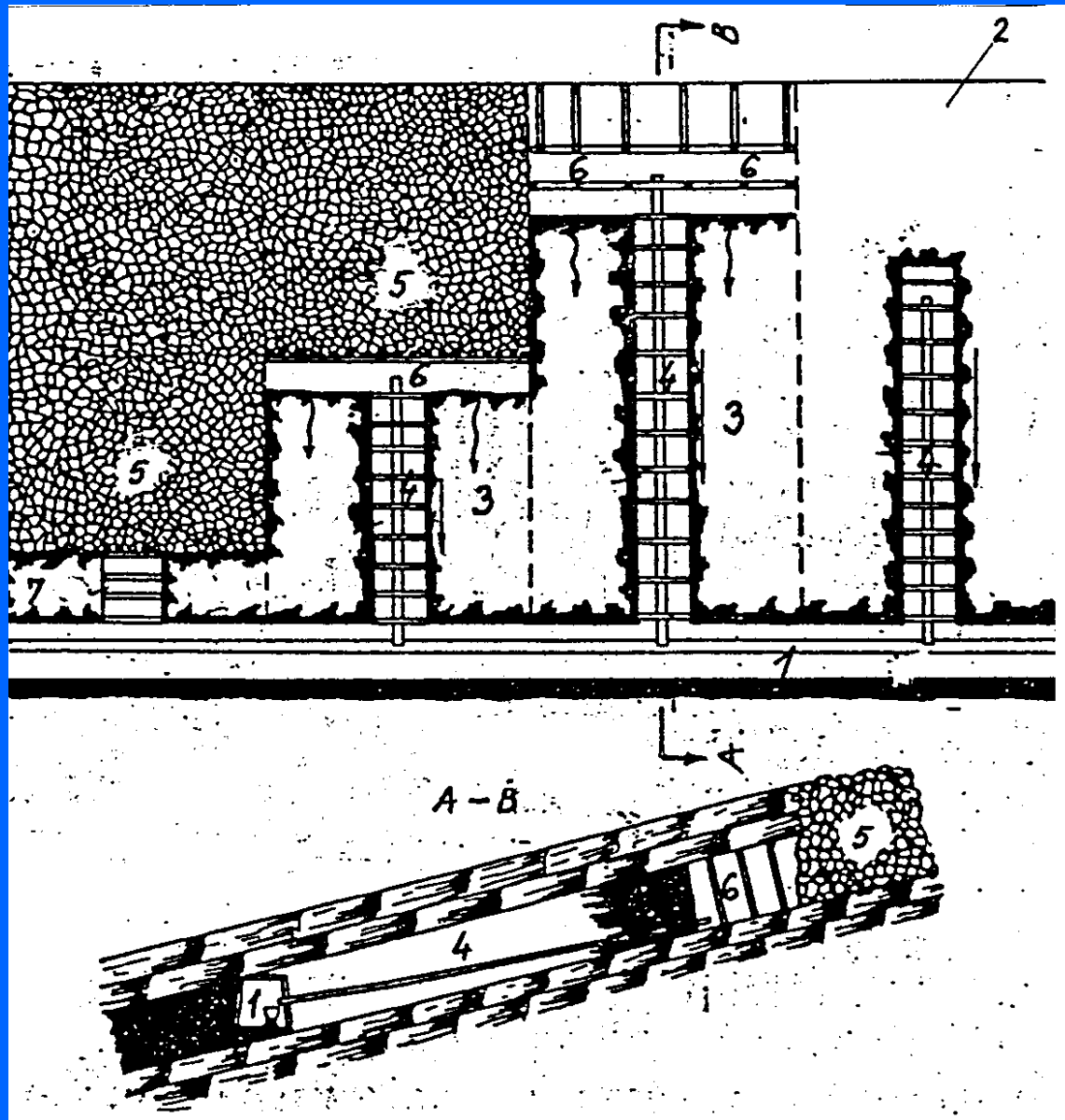
a - stupovi po pružanju (horizontalni) *b - stupovi po padu (nagnuti)*

7.5.1.2. Metode otkopavanja stupova



1 - zaštitini stup
2 - stari rad
3 - otkop
4 - otkopni hodnik
5 - na dohvat
6 - frontalno
7 - stup po pružanju
8 - otkopni uskop
9 - krovna ploča

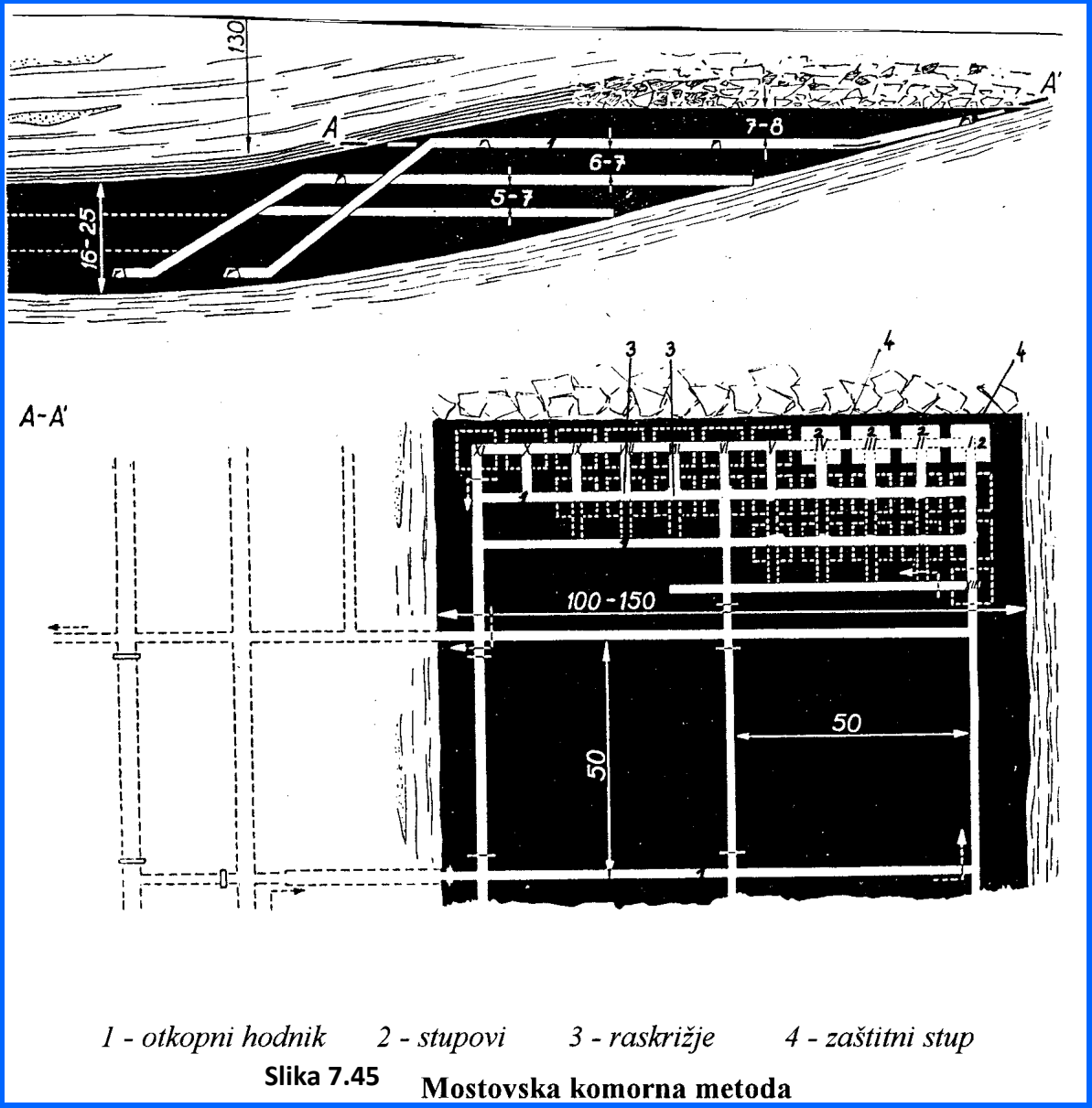
Slika 7.43 **Varijante otkopavanja stupova po pružanju**
a - uskopno pokraj starog rada *b - uskopno uz ostavljanje zaštitnog stupa*
c - uskopno uz zaštitni stup i obaranje krovne ploče u povlačenju *d - po pružanju*



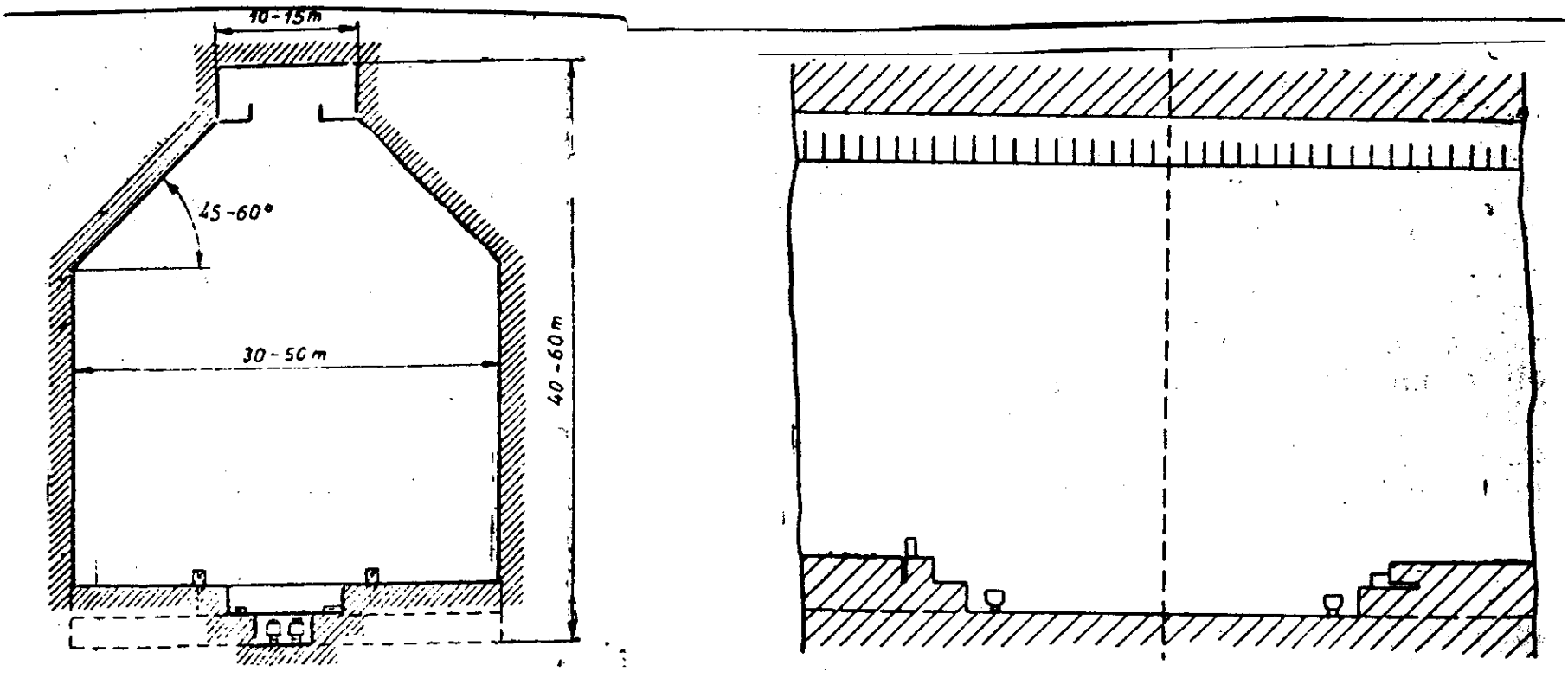
1 - izvozni hodnik
2 - stup po pružanju
3 - stupovi po padu
4 - otkopni uskop
5 - stari rad
6 - otkop
7 - privremeni zaštitni stup

Slika 7.44 **Dvokrilno niskopno otkopavanje nagnutih stupova**

7.5.2. Komorne otkopne metode



Slika 7.45 **Mostovska komorna metoda**



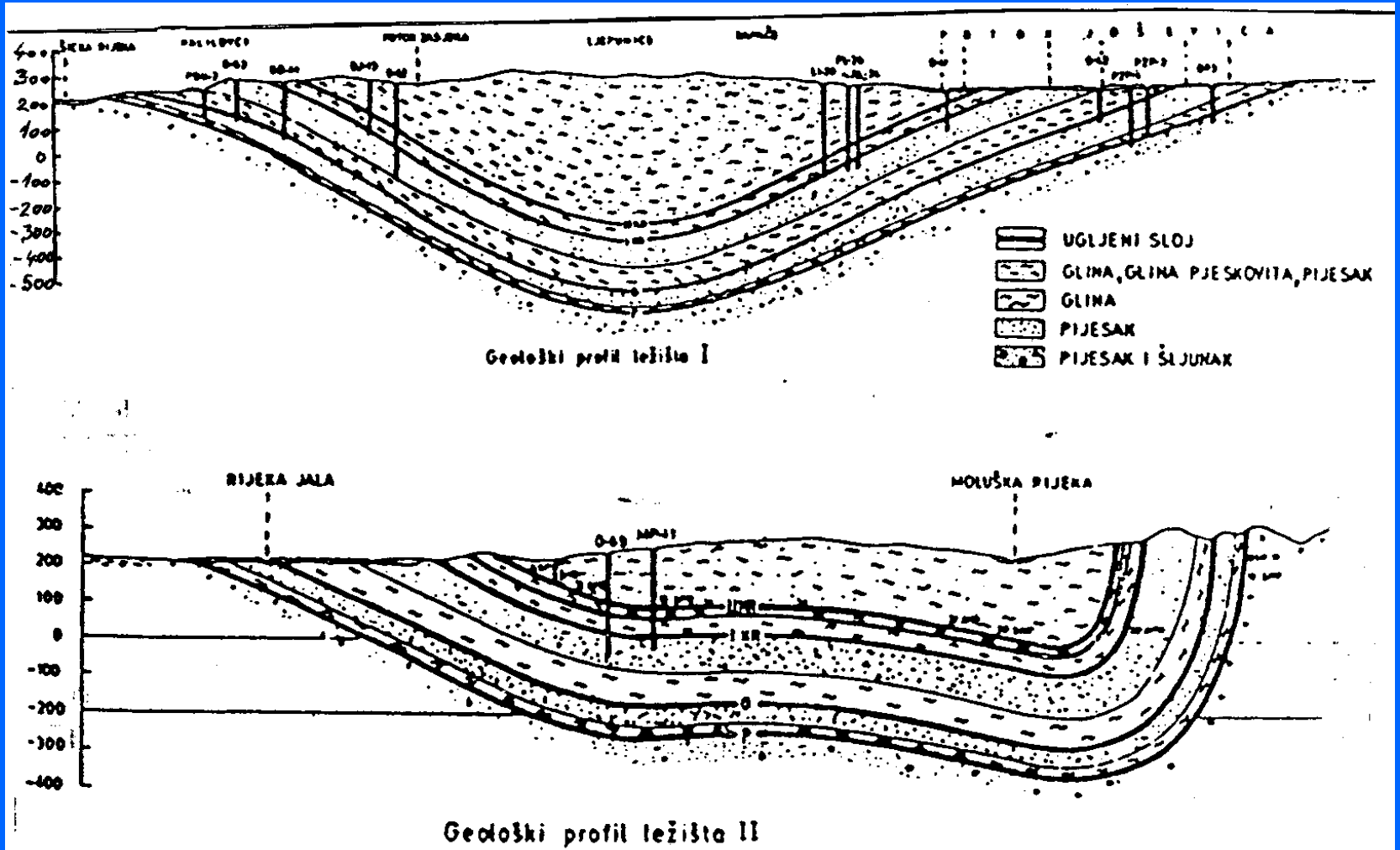
poprečni presjek *uzdužni presjek*

Slika 7.46 Otkopavanje velikim komorama ležišta soli

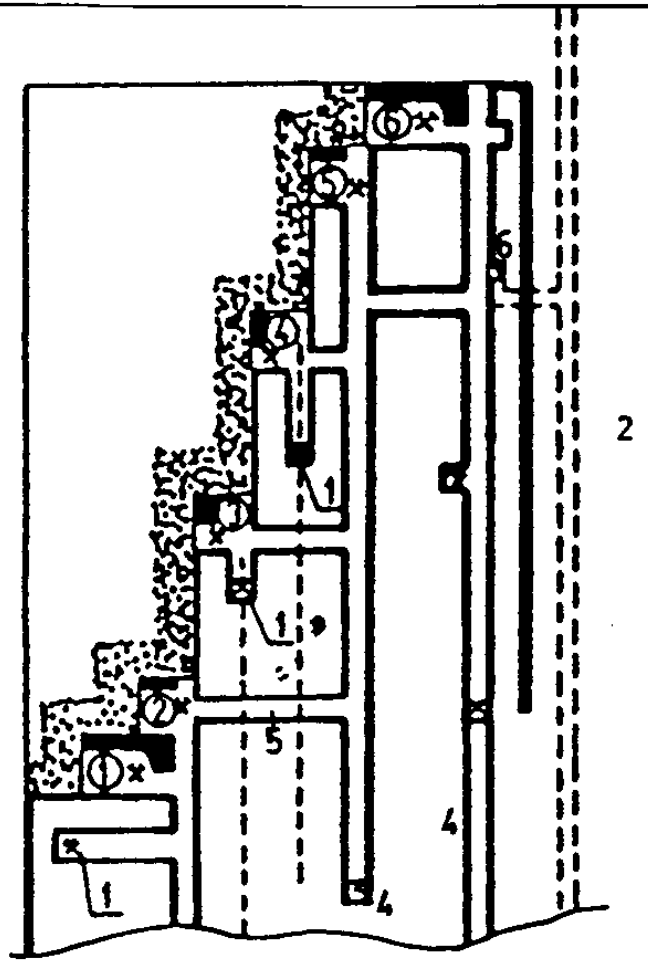
Rudnik kamene soli Vjelicka (Galicija)

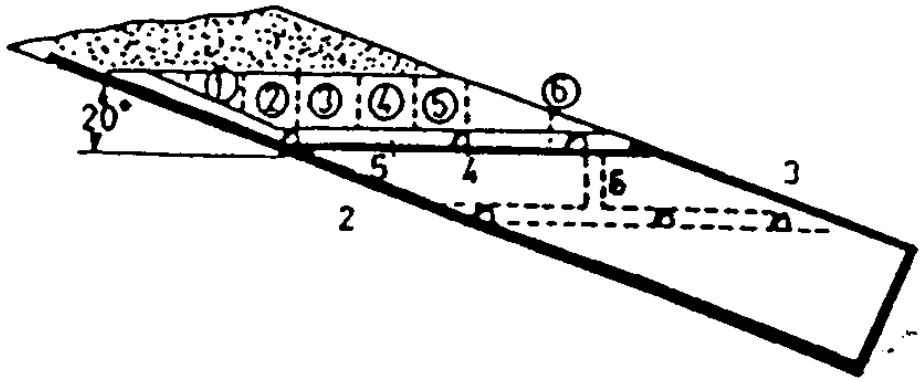
7.5.3. Komorno-stupne otkopne metode

7.5.3.1. Krekanska metoda otkopavanja (Tuzla)



Slika 7.47 **Geološki profili krekanskog lignitskog bazena (geološka služba rudnika Kreka)**

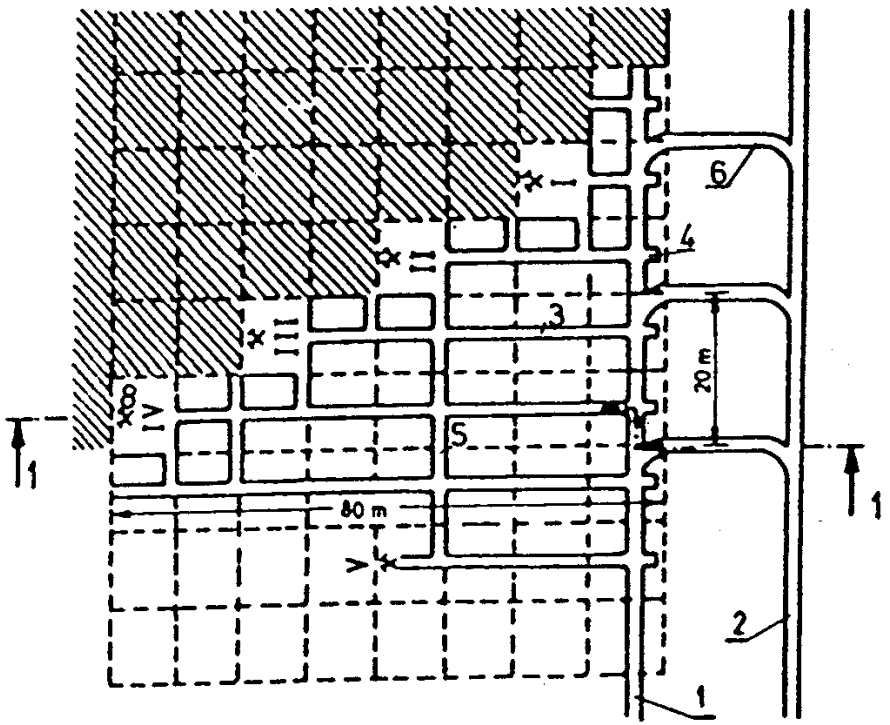


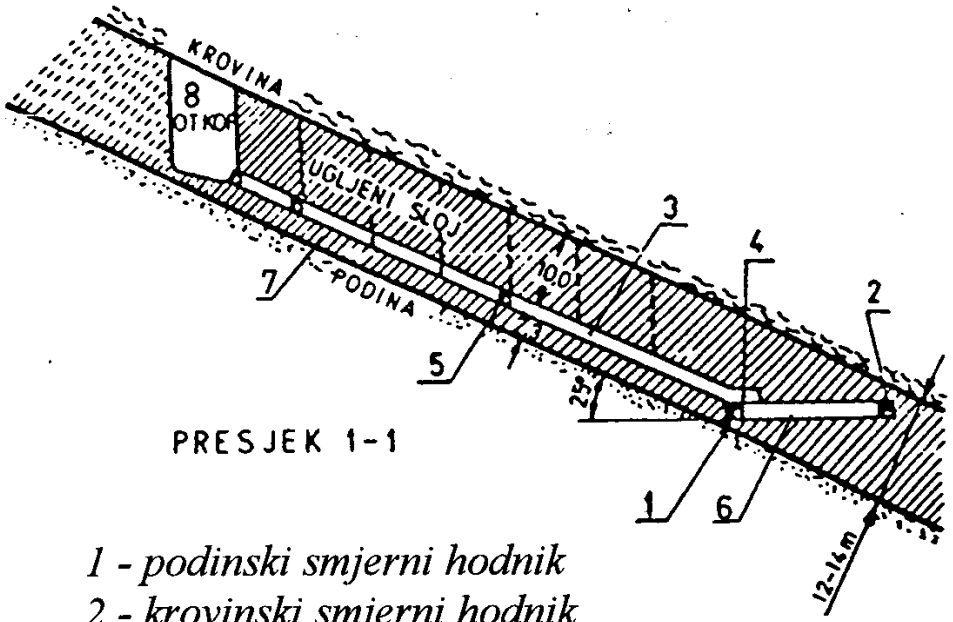


1 - otkopni hodnik
2- krovina
3 - podina
4 - smjerni hodnik
5 - prekop
6 - kratko okno

① do ⑥ - komorni otkopi

Slika 7.48 Komorno stupna metoda koncentracije

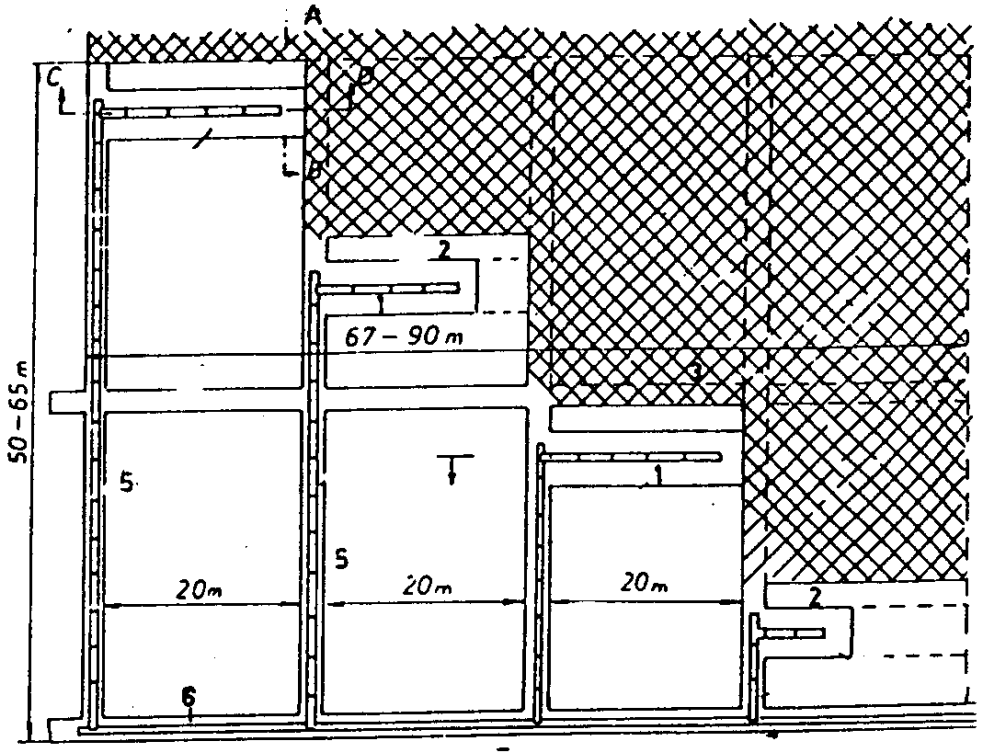


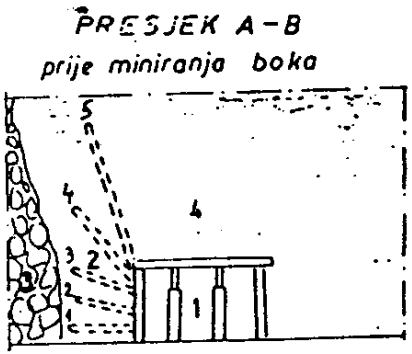


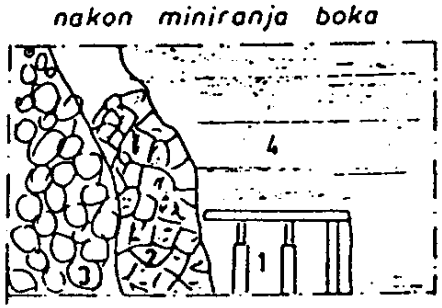
PRESJEK 1-1

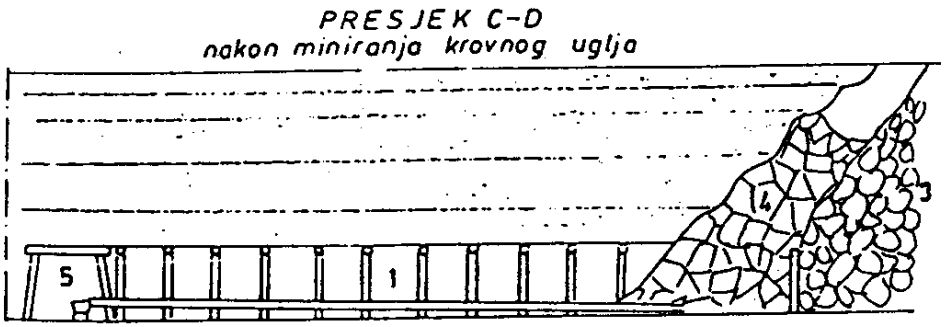
1 - podinski smjerni hodnik
2 - krovinski smjerni hodnik
3 - otkopni uskop (skreperski)
4 - komora za utovar
5 - vezni vjetreni hodnik
6 - prekop
7 - zaštitna ploča
8 -otkopna komora

Slika 7.49 **Komorno stupna metoda s mehaniziranim utovarom**







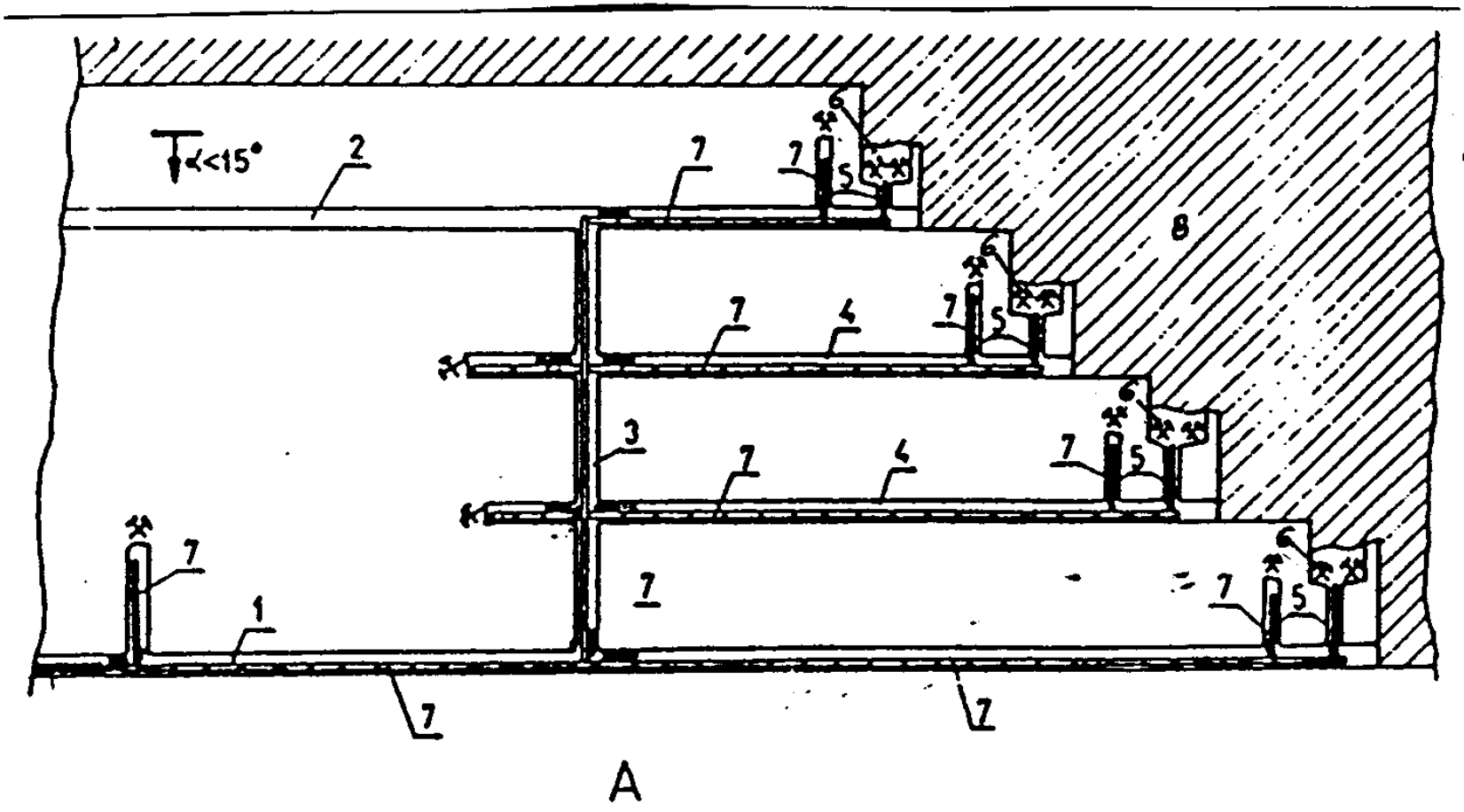


1 - otkopni hodnik *2 - zaštitni stup*

3 - stari rad *4 - krovne ploče*

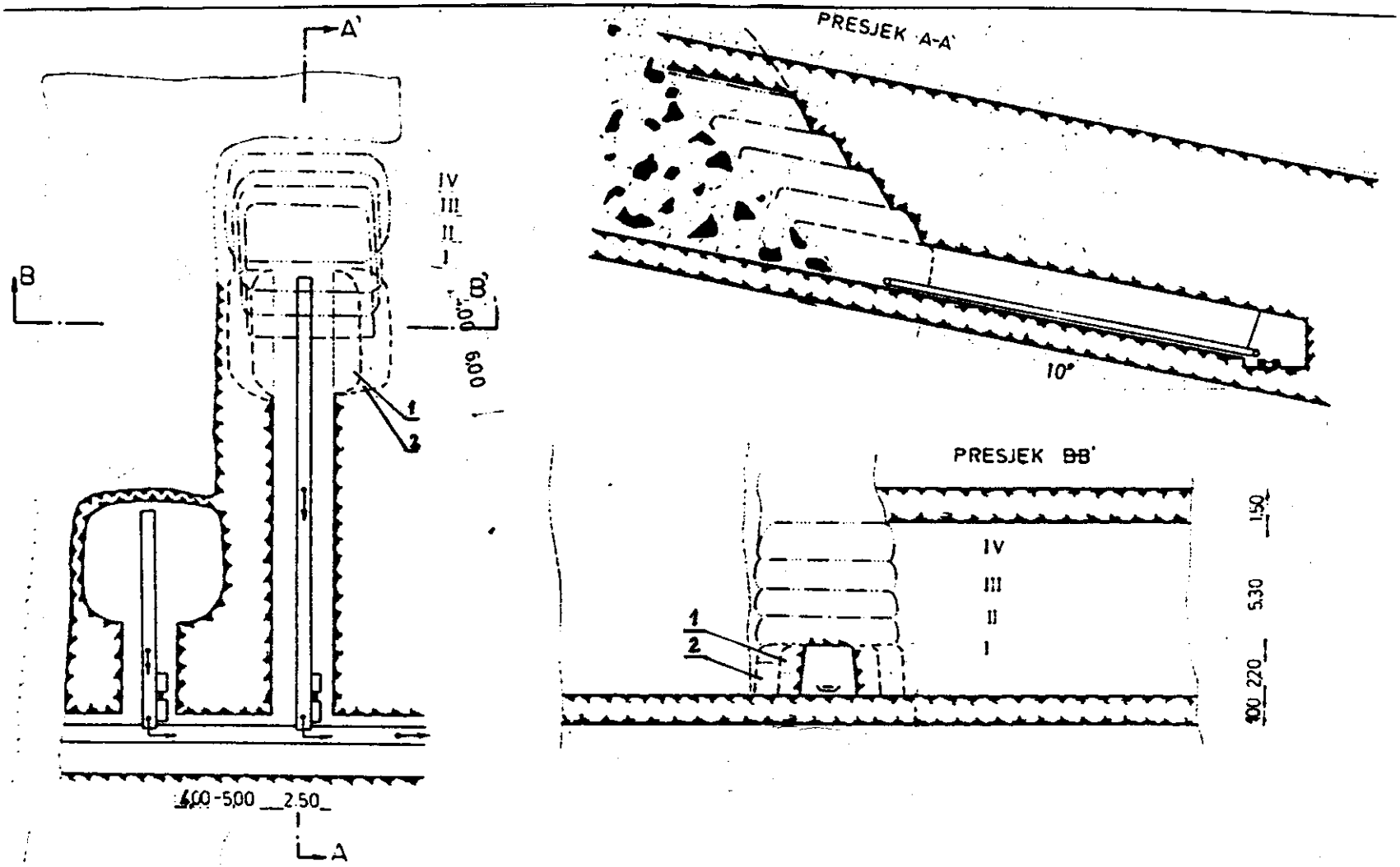
5 - otkopni uskop *6-transp. hodnika*

Slika 7.50 Metoda otkopavanja brazdanjem



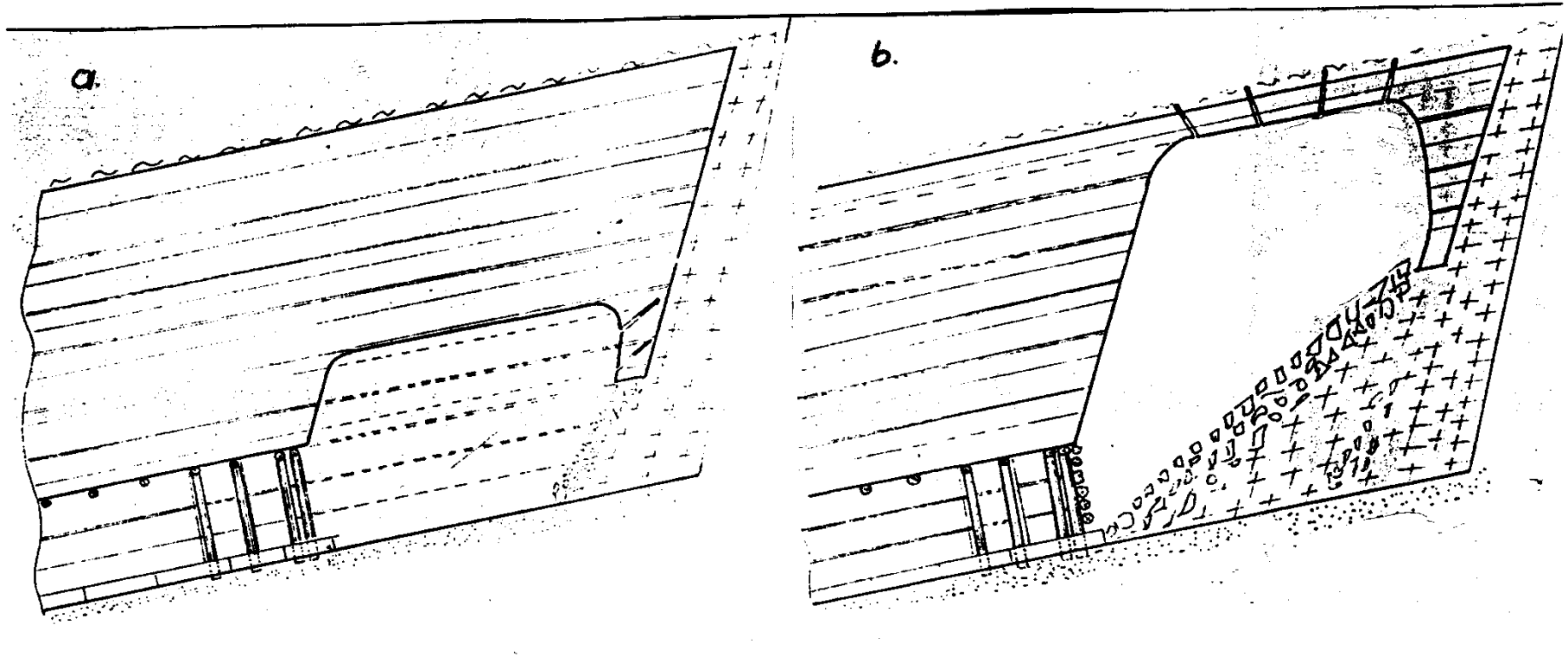
1 - izvozni smjerni hodnik
2 - vjetreni smjerni hodnik
3 - sabirni uskop
4 - transportni hodnik
5 - otkopni uskop
6 - komorni otkop
7 - grabuljasti transporter
8 - stari rad

Slika 7.51 **Otkopna priprema**



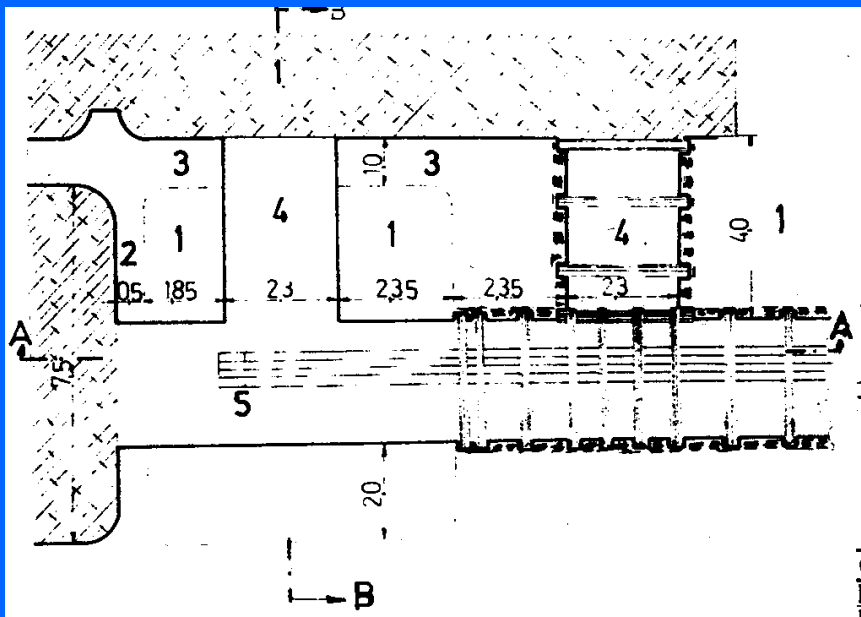
I, II, III. IV - broj miniranja

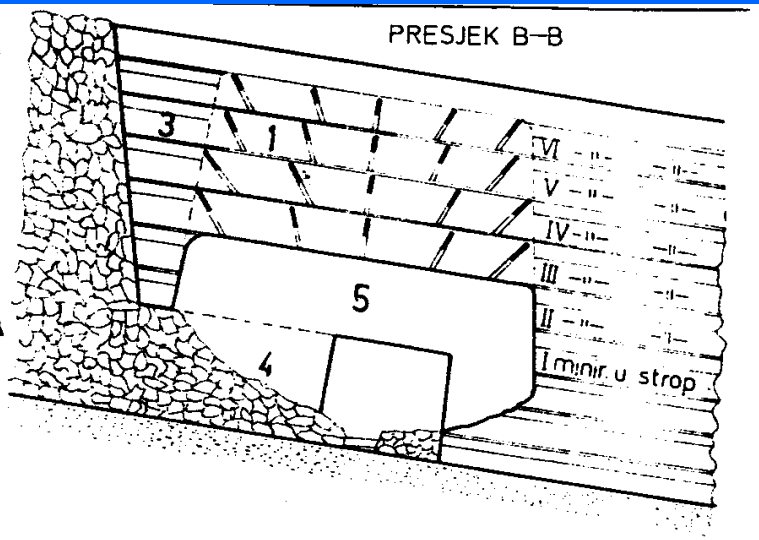
Slika 7.52 Komorna metoda dobivanja kratkim minskim bušotinama



Slika 7.53 **Karakteristične faze rada na komornom otkopu**

a - podasipanje *b - zatvaranje (zarušavanje)*





red.min.r.	minira se u	dub. bušot	br. bušot.	kol. punj
III miniranje	u strop	0,8–1,2	20–25	do 400gr
IV. V minir.	—"—	—"—	—"—	—"—
VI miniranje	—"—	0,6–1,0	—"—	200-400g

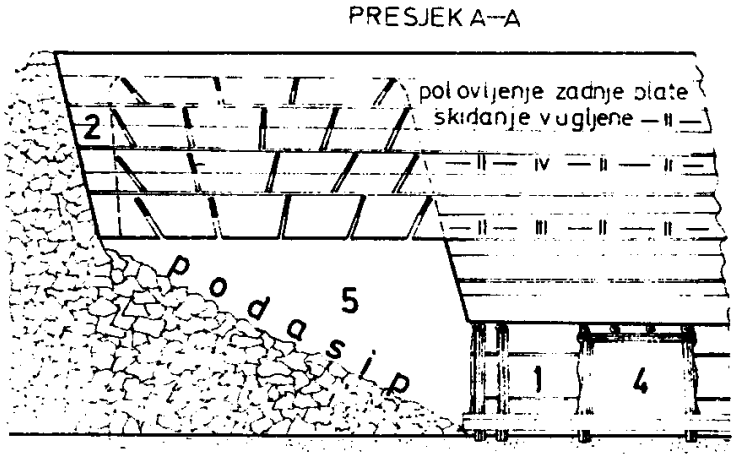
1 - zaštitni stup transportnog hodnika

2 - zaštitni čelni stup

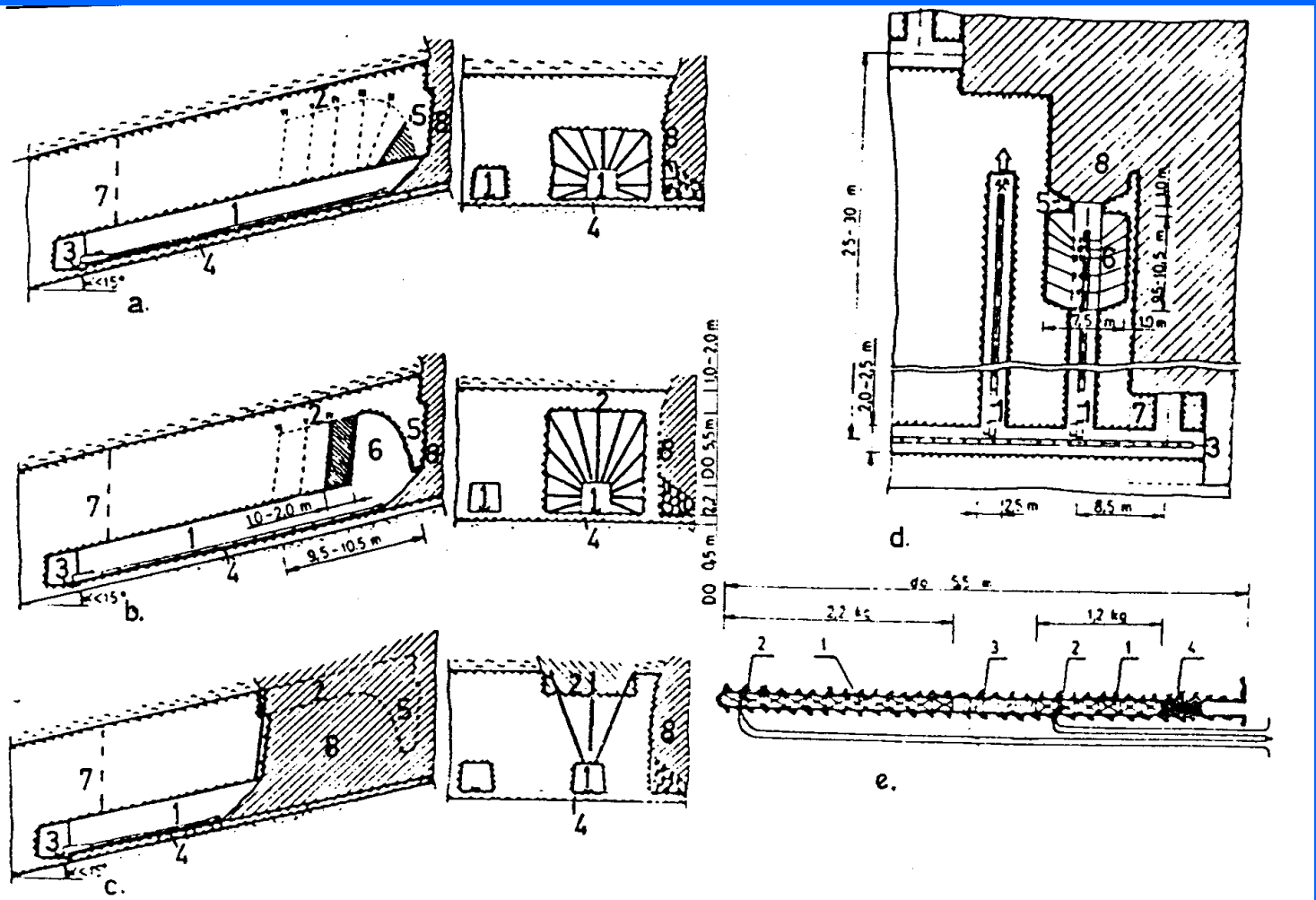
3 - zaštitni bočni stup

4 - ulaz prema zarušenoj komori

5 - komorni otkop



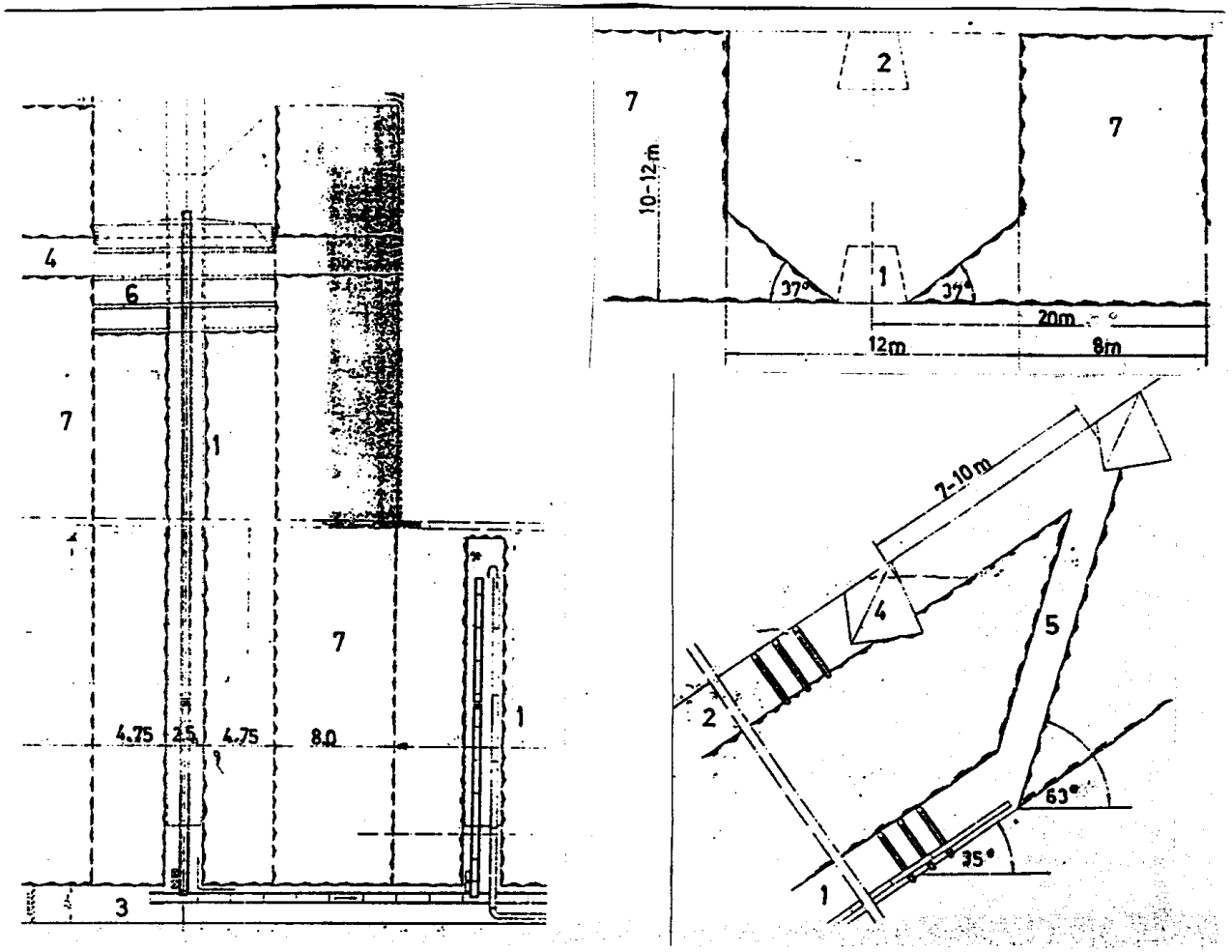
Slika 7.54 **Komorno stupna metoda otkopavanja zaštitinih stupova po pružanju**



1 - otkopni uskop *2 - zaštitna ploča* *3 - otkopni hodnik*
4 - zaštitna ploča prema podini *5 - čelni zaštitni stup* *6 - komorni otkop*
7 - zaštitni stup transportnog hodnika *8 - stari rad (zarušeno)*

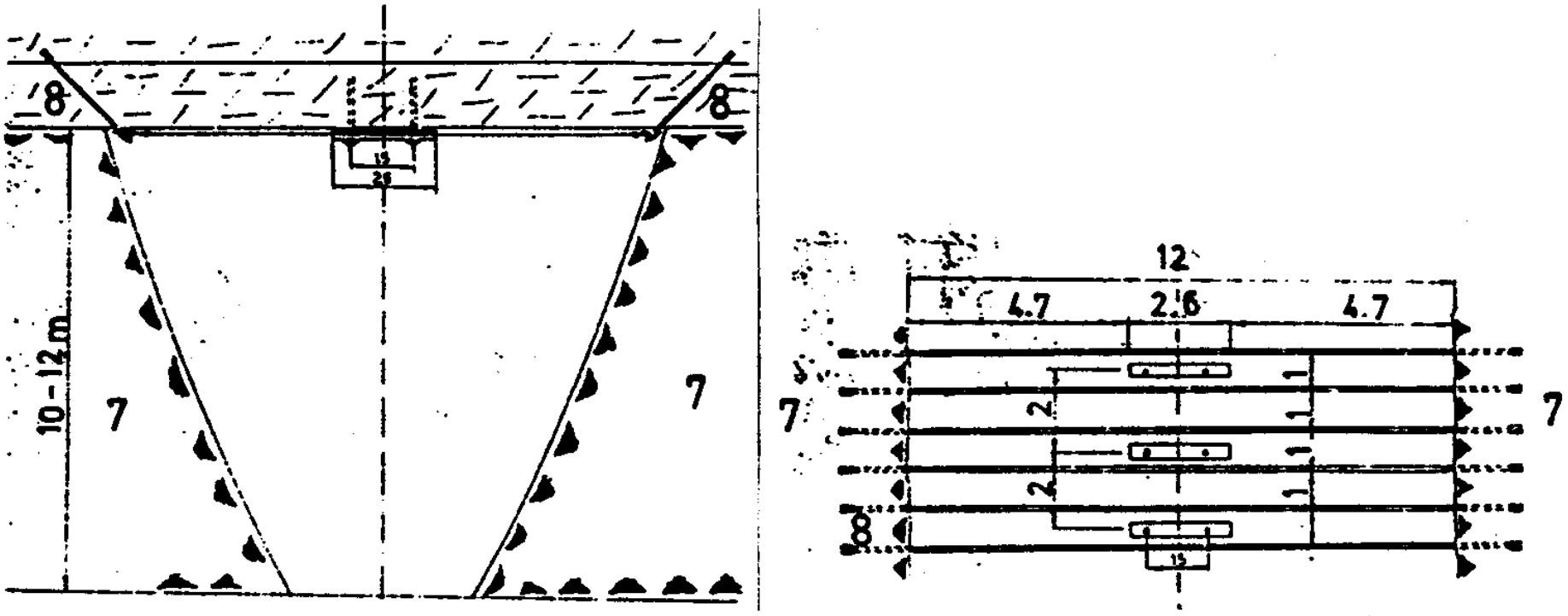
Slika 7.55 **Komorno stupna metoda otkopavanja dugačkim minskim bušotinama**
a - otvaranje komore ***b- otkopavanje lepezama*** ***c- zatvaranje (zarušavanje)***
d - raspored komora ***e- konstrukcija eksplozivnog punjenja minske bušotine***

7.5.3.2. Komorno-stupna metoda s podinskim i krovinskim uskopom (Zenica)



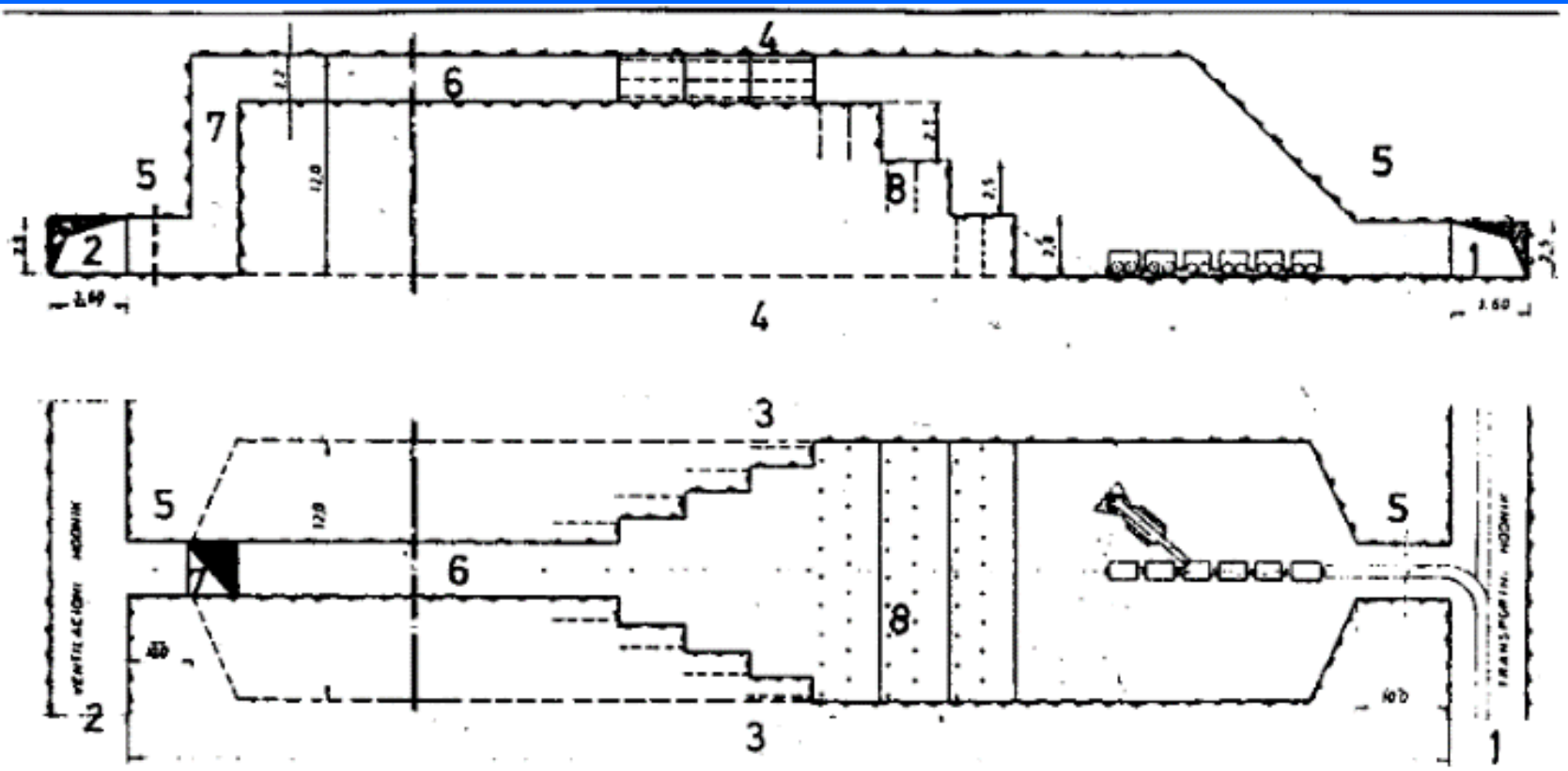
1 - podinski otkopni uskop *2 - krovinski otkopni uskop* *3 - transportni hodnik*
4 - vjetreni hodnik *5 - kosi spoj* *6 - etaža*
7 - zaštitni stupovi

Slika 7.56 **Komorno stupna metoda izradom otkopnog uskopa pri krovini i podini**



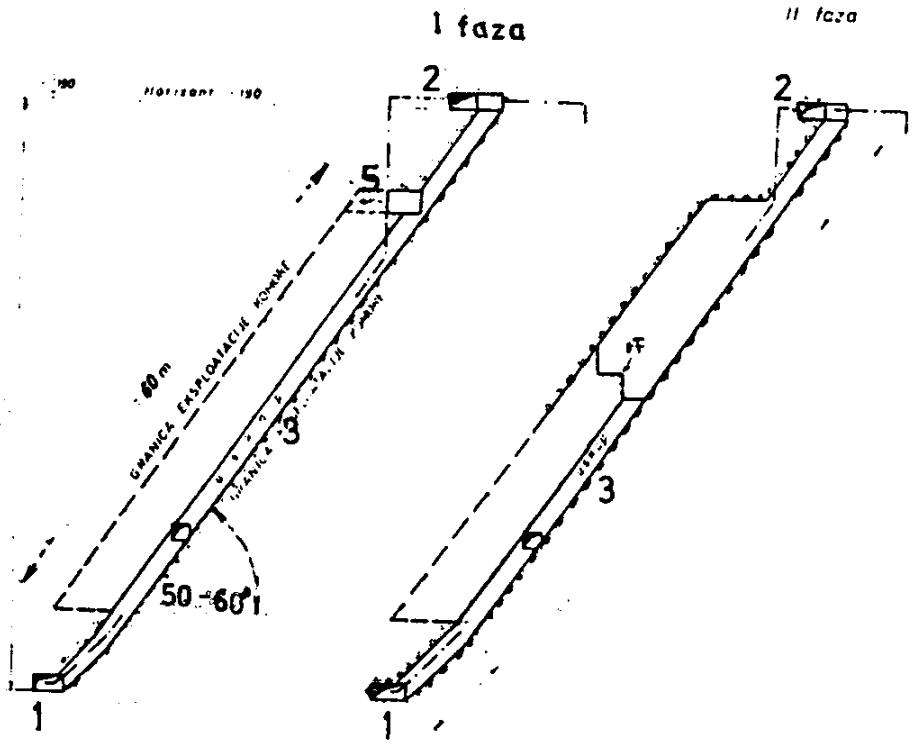
Slika 7.57 **Osiguranje otkopa sidrima**

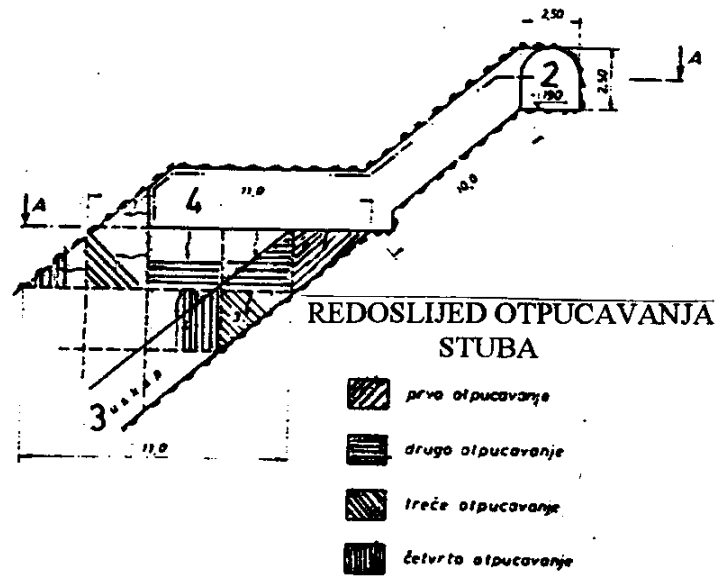
7.5.3.3. Komorno-stupne metode otkopavanja solnih ležišta(Tuzla)

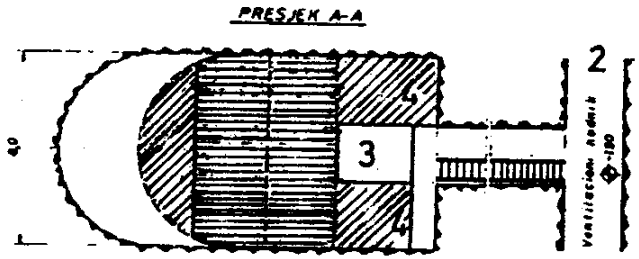


1 - transp. smjerni hodnik *2 - vjetreni smjerni hodnik* *3 -međukomorni zašt. stup*
4 - zaštitna ploča *5 - zaštitni stup hodnika* *6 - krovni hodnik*
7 - kratko okno *8 - otkopne stube*

Slika 7.58 **Otkopavanje horizontalnim komorama**







1 - transportni smjerni hodnik
2 - vjetreni smjerni hodnik
3 - rudno vjetreni uskop
4 - proširenja
5 - podsjek

Slika 7.59 Otkopavanje komorama po padu

a - otkopna priprema ***b - redoslijed otpucavanja stuba***

7.5.3.4. Komorno-stupne (galerijske) metode eksploatacije a-gk

Podjela komorno-stupnih (galerijskih) metoda prema dimenzijama

- galerije velikih dimenzija, širina > 15 m (masivna ležišta)
- galerije srednjih dimenzija, širina od 10 do 15 m (uslojena ležišta blagog nagiba)
- galerije malih dimenzija, širina < 10 m (uslojena ležišta strmog nagiba)

Podjela komorno-stupnih (galerijskih) metoda prema rasporedu stupova

- galerije s pravilnim (šahovskim) rasporedom stupova (ujednačena-homogena ležišta, po kvaliteti kamena i stanju stjenske mase)
- galerije s nepravilnim rasporedom stupova (neujednačena-nehomogena ležišta, po kvaliteti kamena i stanju stjenske mase)

Komorno-stupna (galerijska) metoda eksploatacije a-gk, u slojevitom ležištu s pravilnim rasporedom stupova-primjer Kanfanar





Slika 7.60 Pogled na površinski kop i ulaz u galerije



Raspored stupova u Kanfanaru

Slika 7.61



Skladištenje blokova



Stanje stjenske mase

Slika 7.62



Vjetrena pregrada



Čelo radilišta u Kanfanaru



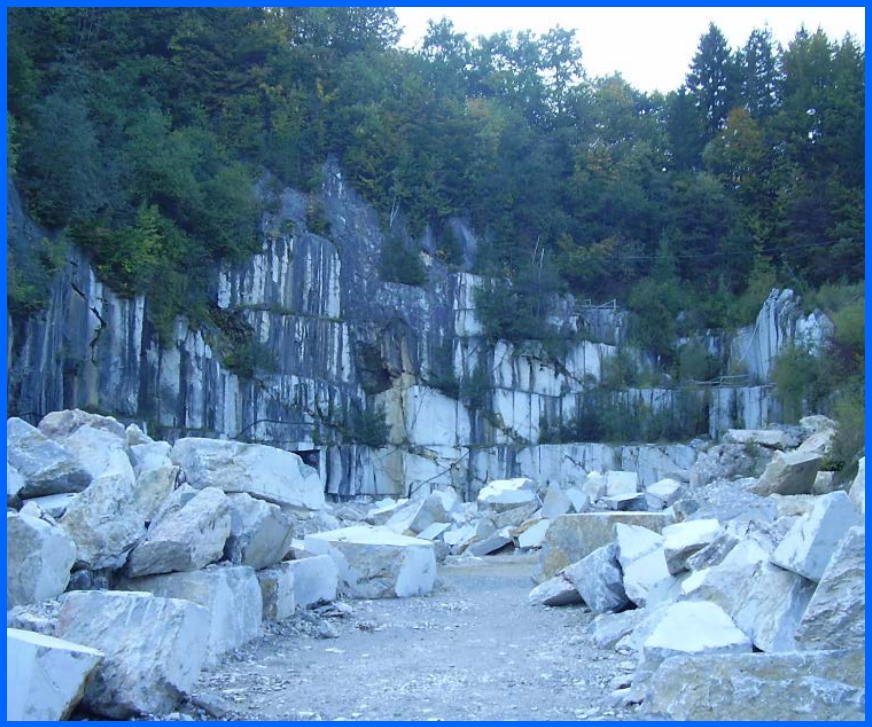
Sjekačica u položaju za rezanje



Izrada horizontalnog reza

Slika 7.63

Komorno-stupna (galerijska) metoda eksploatacije a-gk, u masivnom ležištu s nepravilnim rasporedom stupova-primjer Marmor Hotavlje

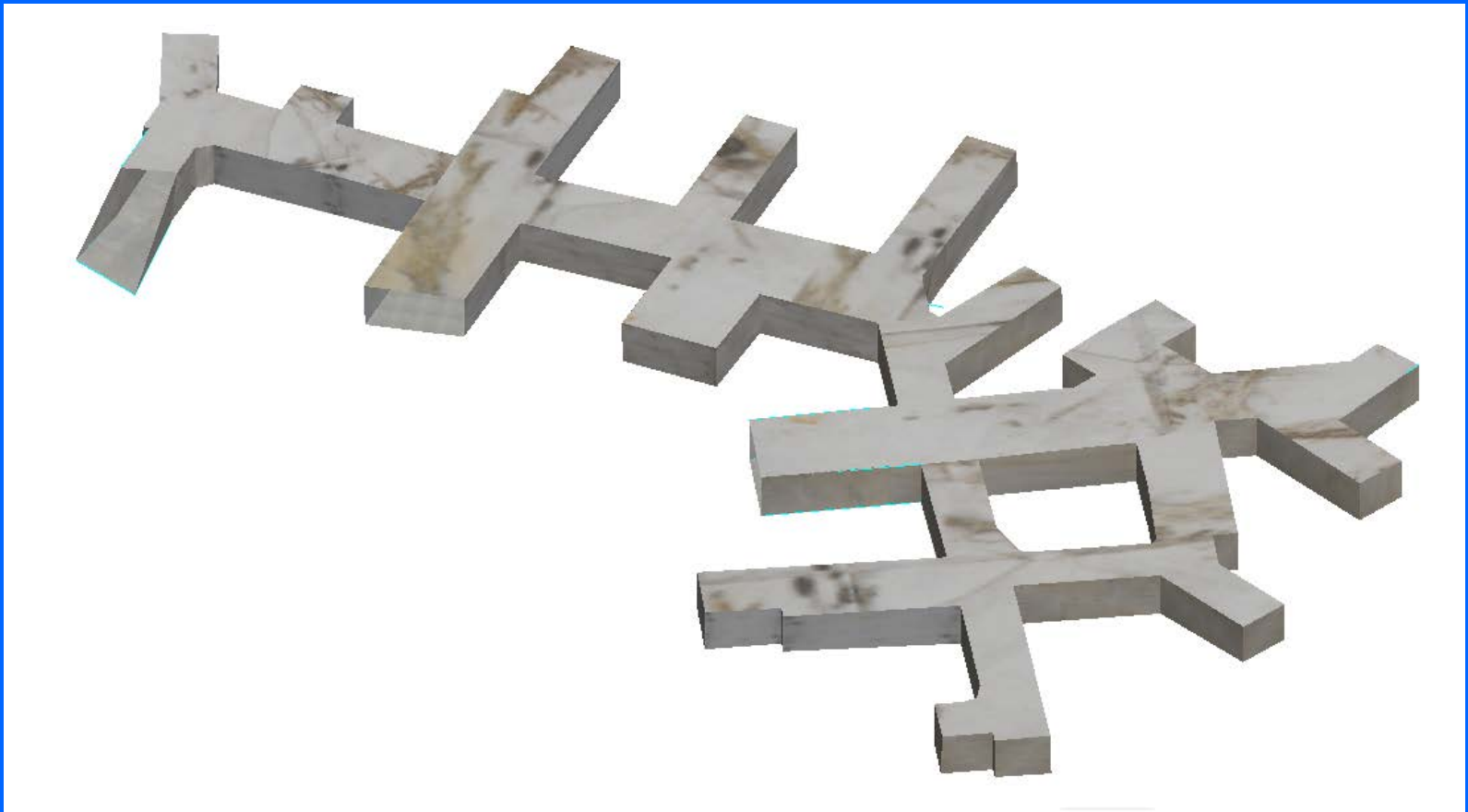


pripremni plato

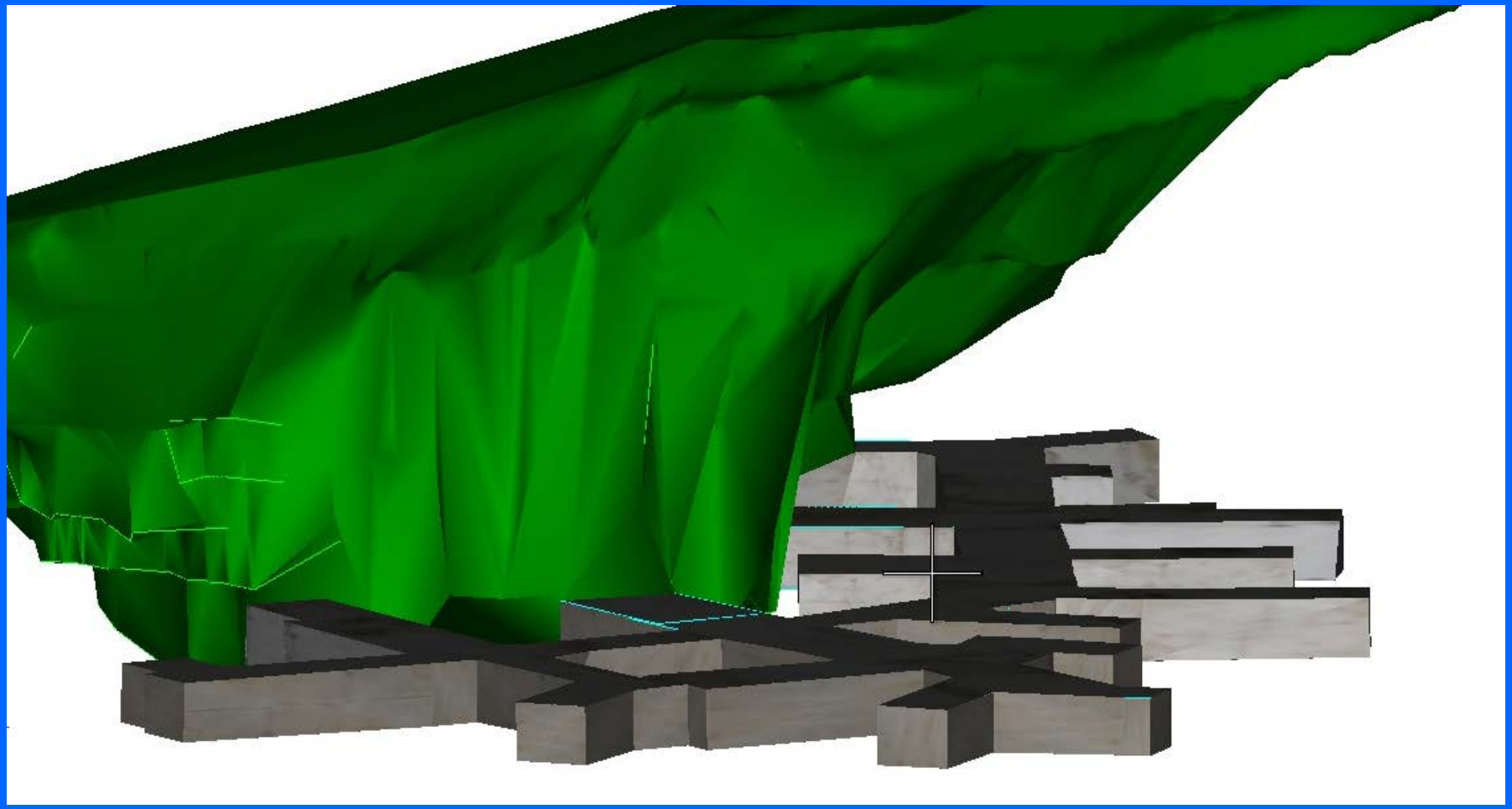


ulaz u galeriju

Slika 7.64



Slika 7.65 Model podzemnog kopa a-gk u Hotavlju



Slika 7.66 Model terena i podzemnog kopa a-gk u Hotavlju



Galerije s nepravilnim rasporedom



Produbljavanje galerija

Slika 7.67





Sustavi pukotina u stropu i bokovima



Sustavi pukotina na ulazu u podzemni kop

Slika 7.68

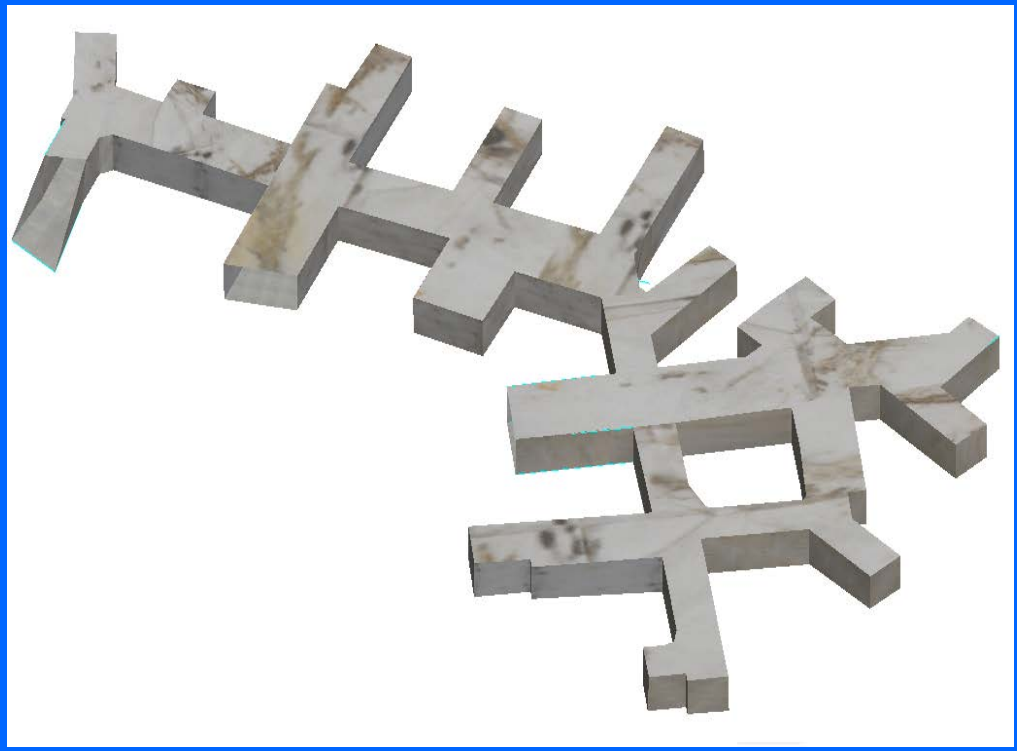
Komorno-stupna (galerijska) metoda eksploatacije a-gk, u masivnom ležištu s nepravilnim rasporedom stupova-primjer Marmor Sežana



Slika 7.69 Ulaz u podzemni kop



Marmor Sežana (foto)



Marmor Hotavlje (3D model)

Slika 7.70 Galerije s nepravilnim rasporedom stupova

Komorno-stupna (galerijska) metoda eksploatacije a-gk, u masivnom ležištu s galerijama velikih dimenzija-primjer Carrara (Italija)

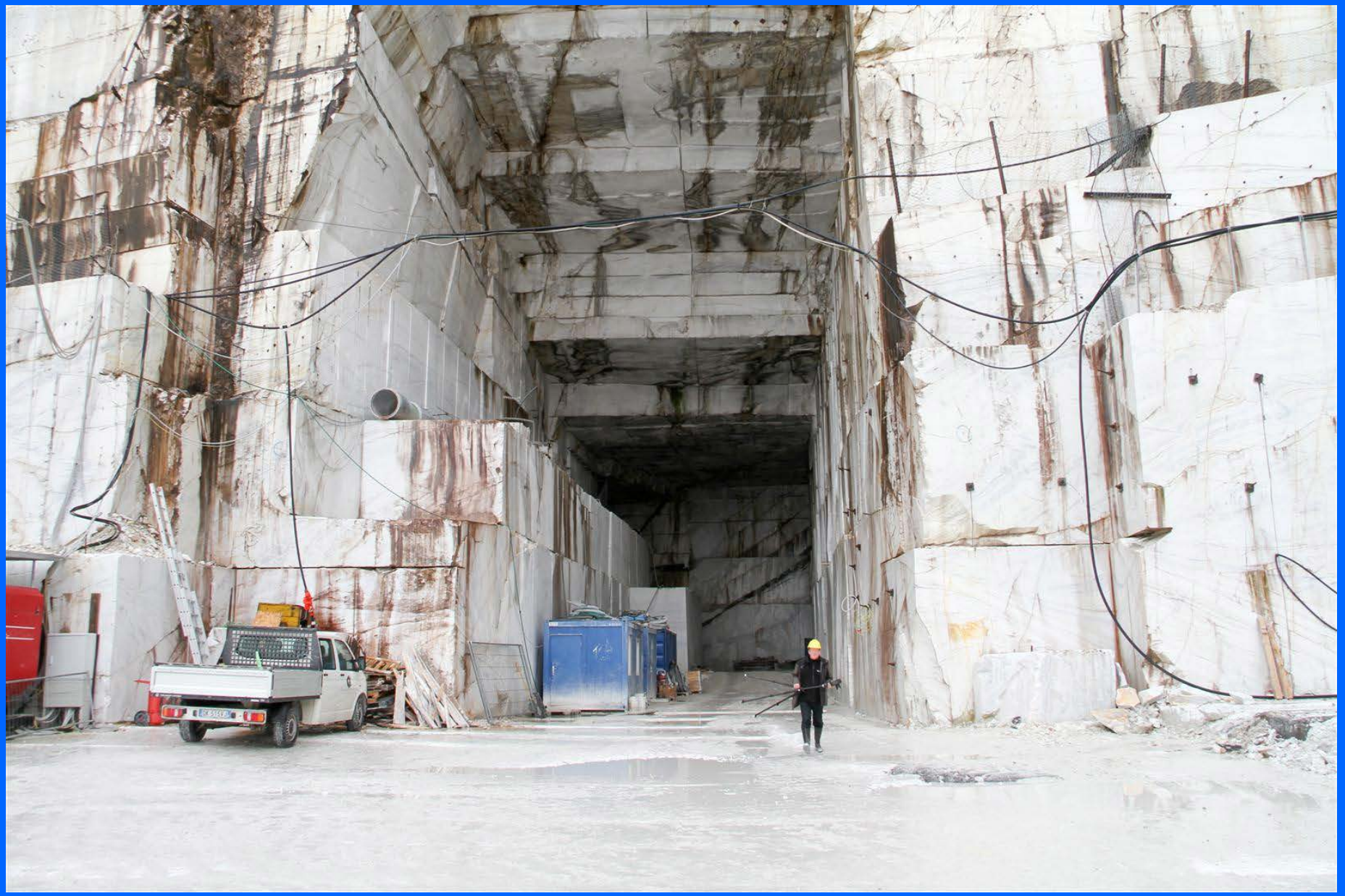


Slika 7.71 Dio masiva Carrara s oko 200 površinskih i podzemnih kopova a-gk

Komorno-stupna (galerijska) metoda eksploatacije a-gk, u masivnom ležištu s nepravilnim rasporedom stupova-primjer Bianco Lassa



Slika 7.72 Ulaz u podzemni kop



Slika 7.73 Pogled kroz glavnu galeriju



Slika 7.74 Bager u galeriji



Slika 7.75 Galerija u eksploataciji



Slika 7.76 Zaštita stropa u raspucaloj stijeni

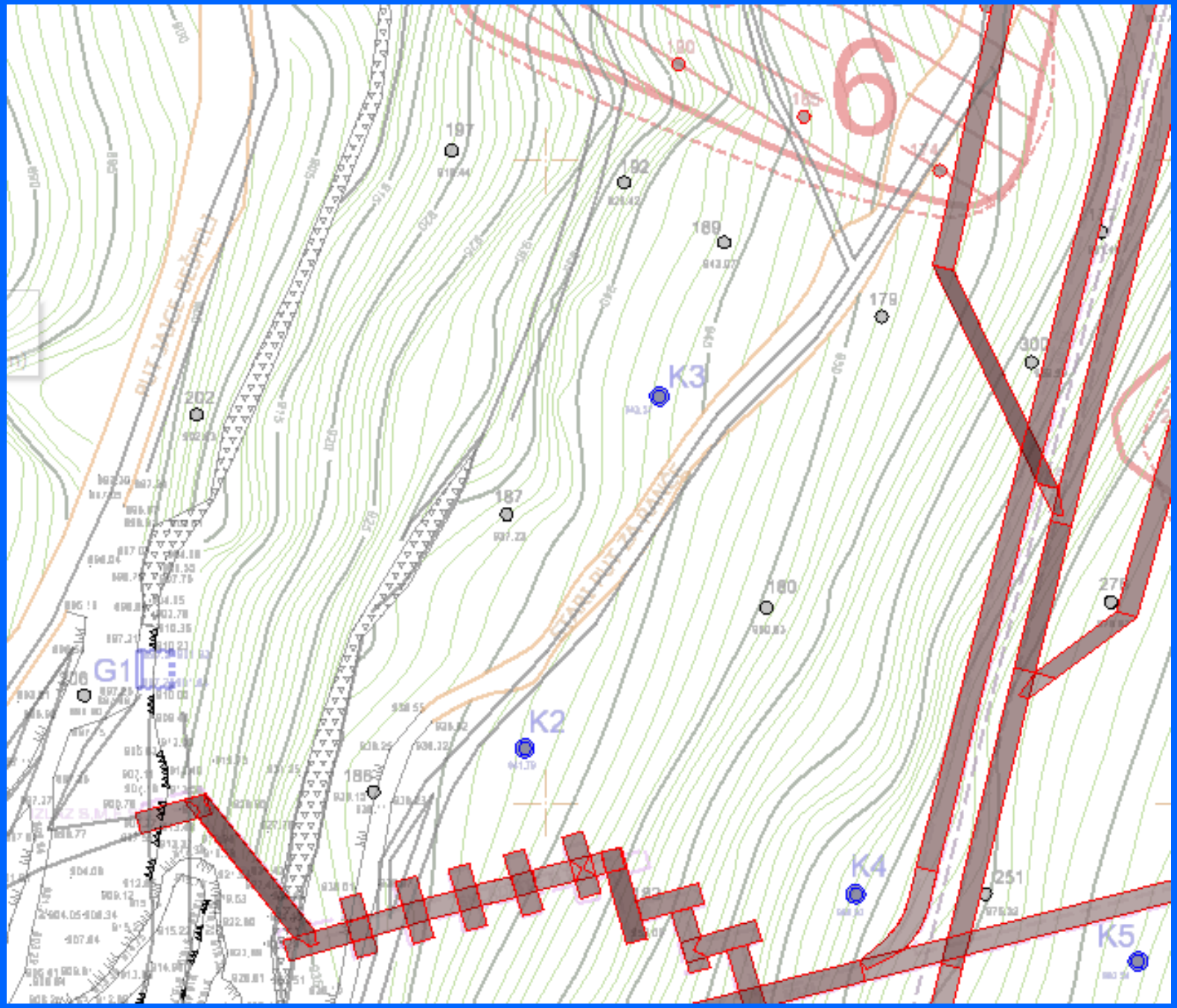


Slika 7.77 Predavanja u galeriji

Komorno-stupna (galerijska) metoda eksploatacije a-gk, u slojevitom ležištu s pravilnim rasporedom stupova



Slika 7.78 Šire područje ležišta a-gk Crvene Stijene



Slika 7.79 Tlocrt, situacija prije početka radova (Crvene Stijene)





Vađenje prvog bloka

Slika 7.80 Izrada istražne galerije u prvom produktivnom sloju a-gk (Orso rosso)



Piljenje stražnjeg reze DŽP-om



Promjena smjera kretanja žice

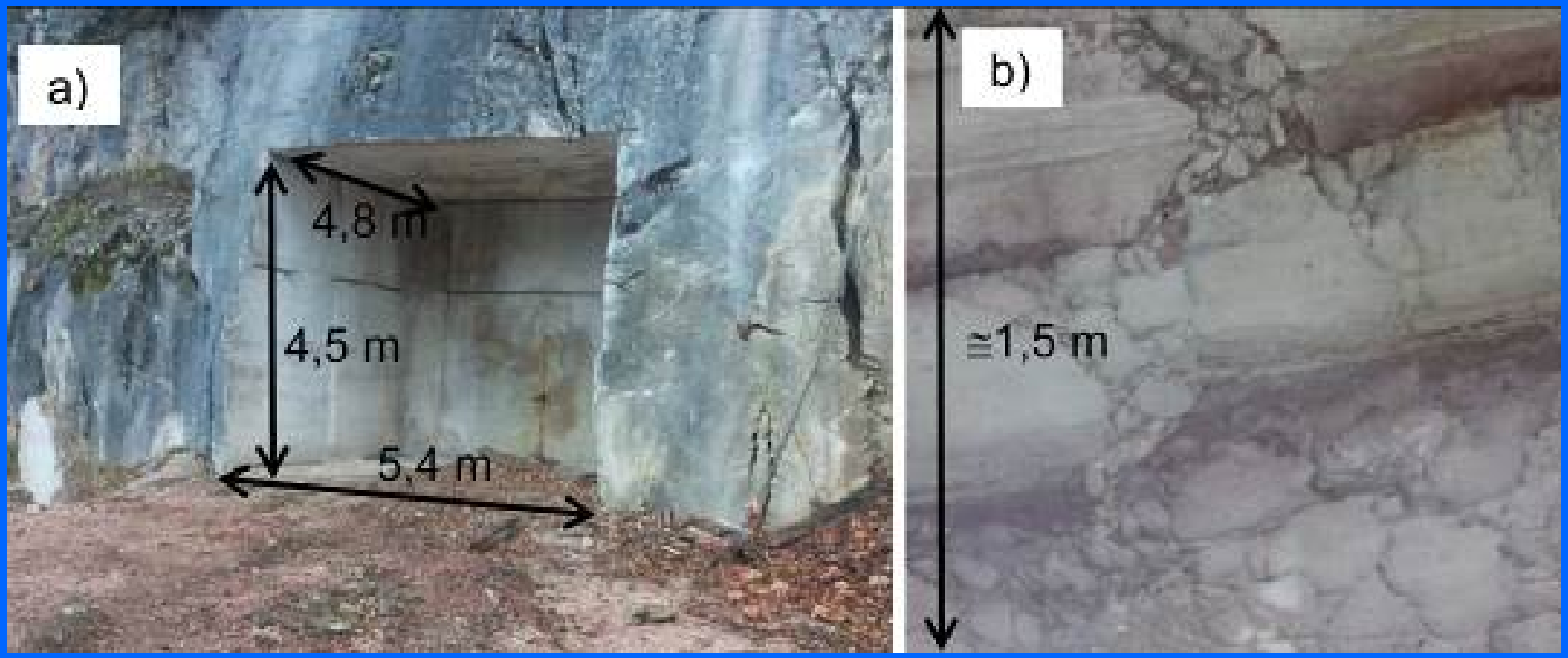
Slika 7.81



Slika 7.82 Obaranje gornjeg bloka



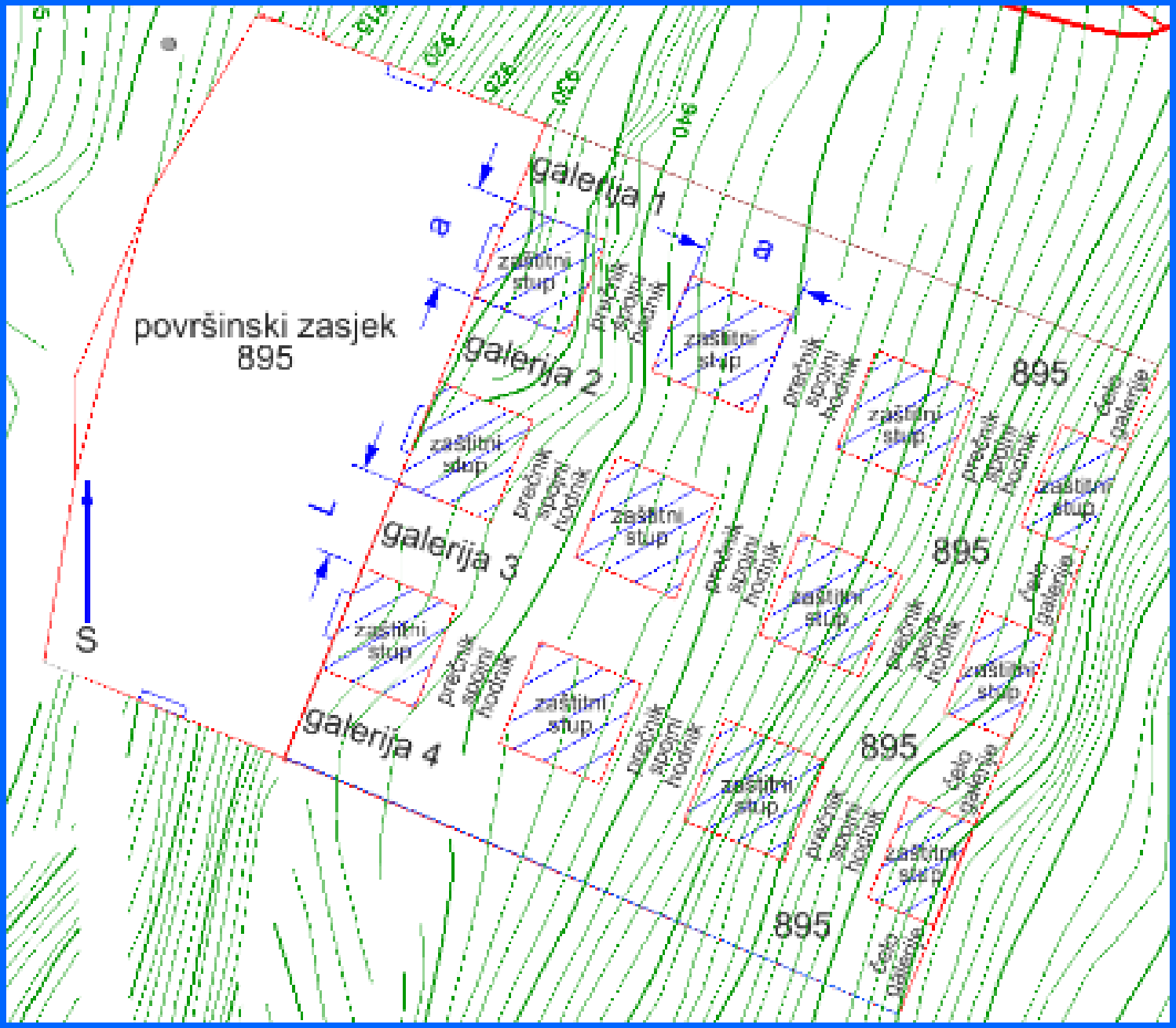
Slika 7.83 Obaranje donjeg bloka



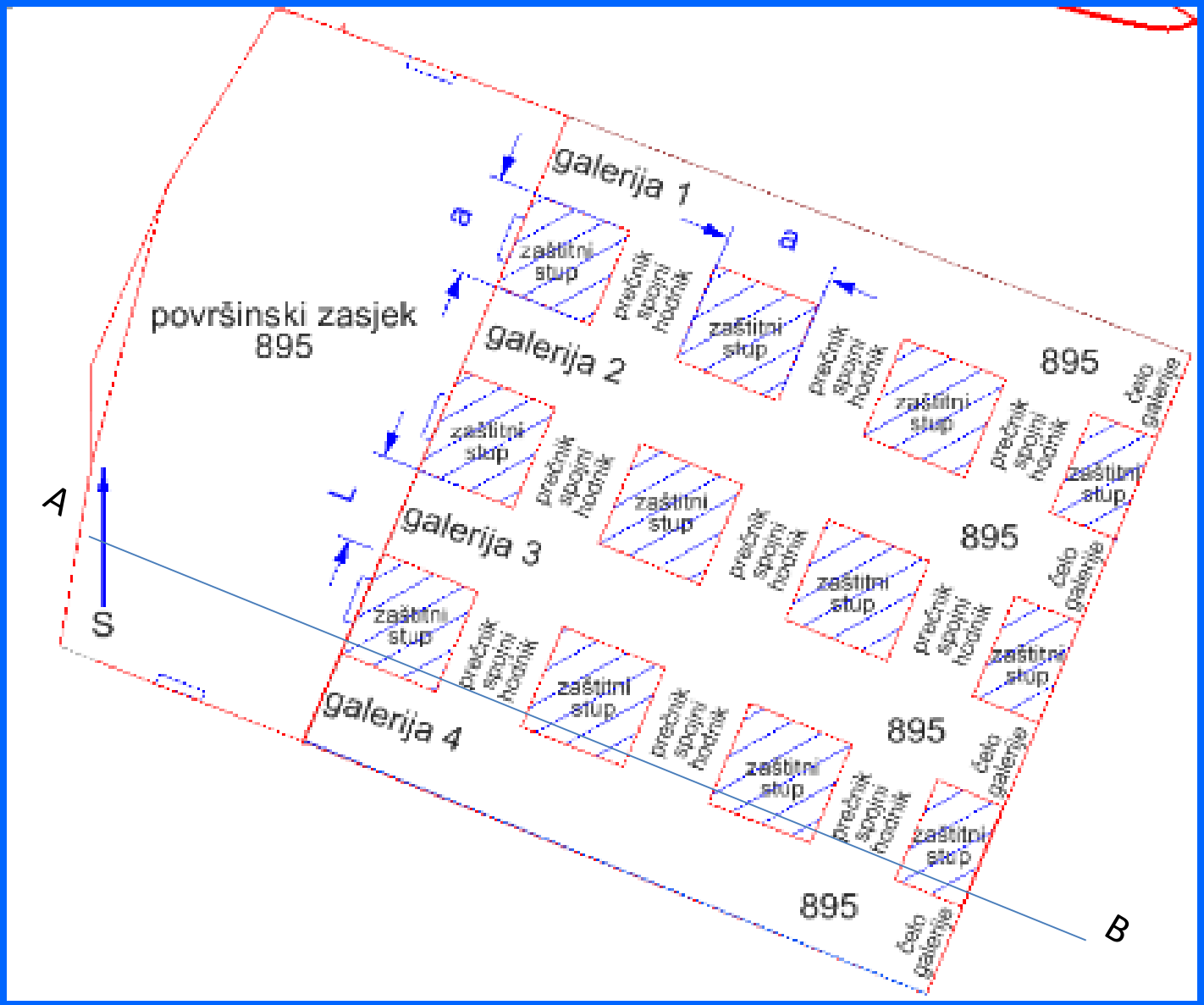
Dimenzije galerije

rezna ploha breče

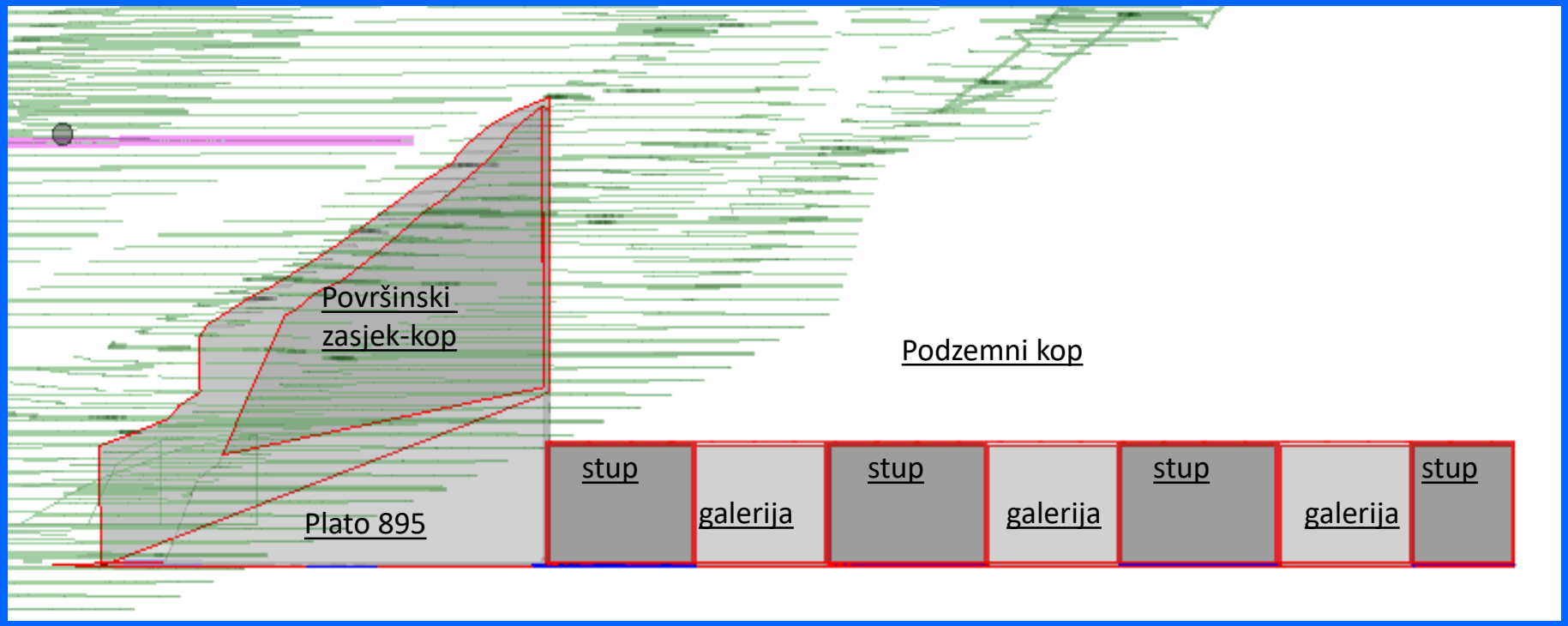
Slika 7.84 Prikaz izrađene istražne galerije u prvom produktivnom sloju a-gk (Orso rosso)



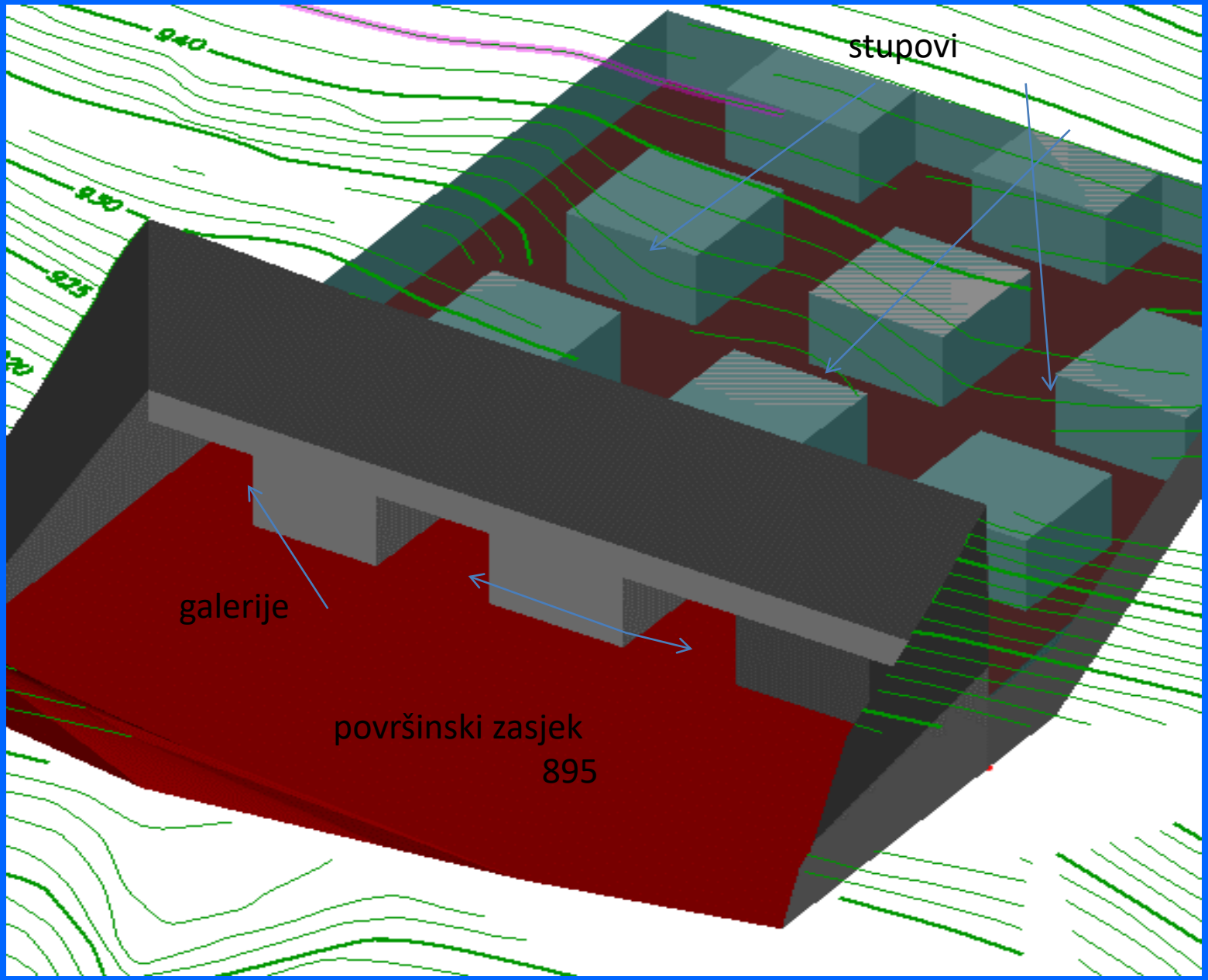
Slika 7.85 Priprema terena s planom izrade galerija (C.S.)



Slika 7.86 Tlocrt (bez terena)



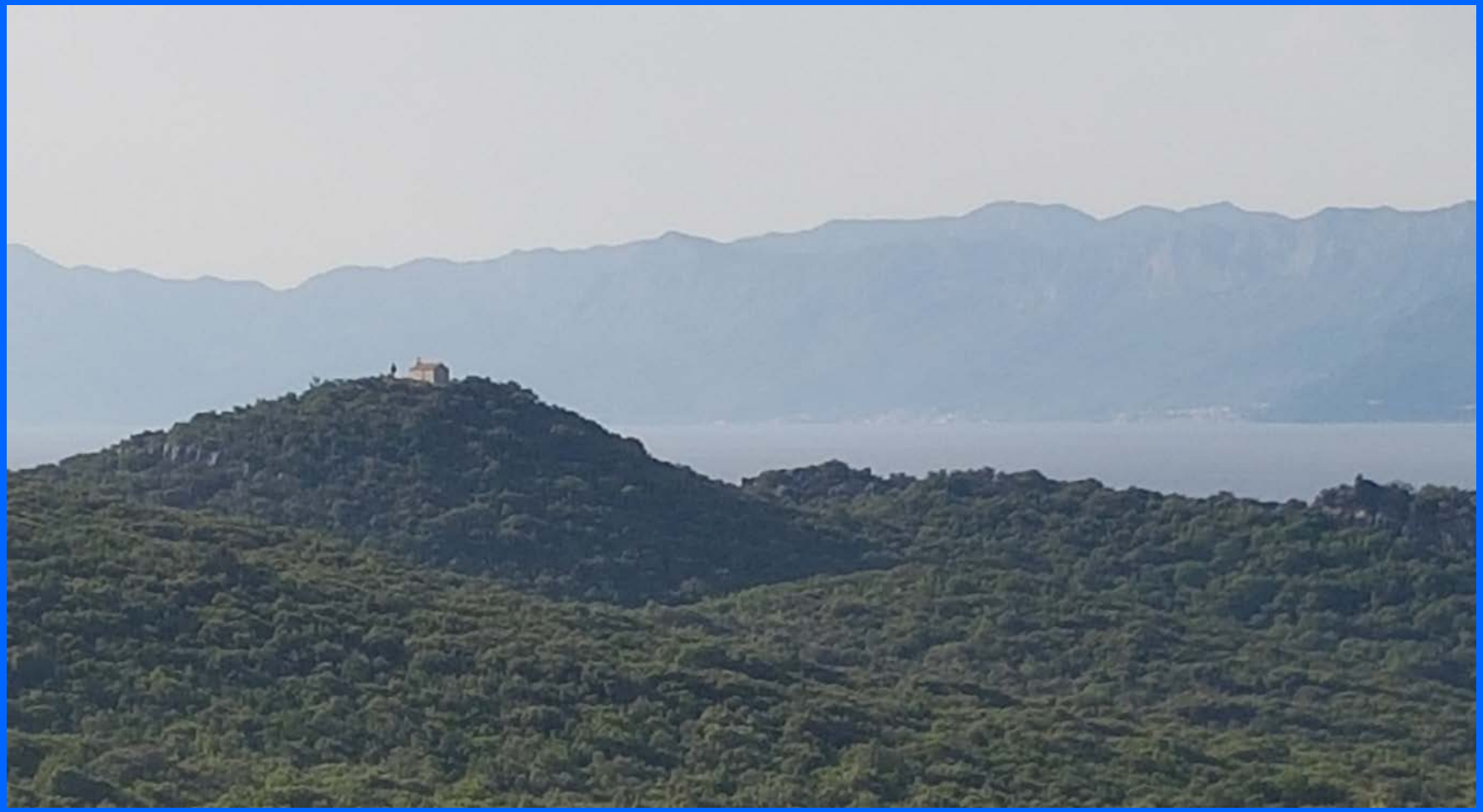
Slika 7.87 Presjek A-B



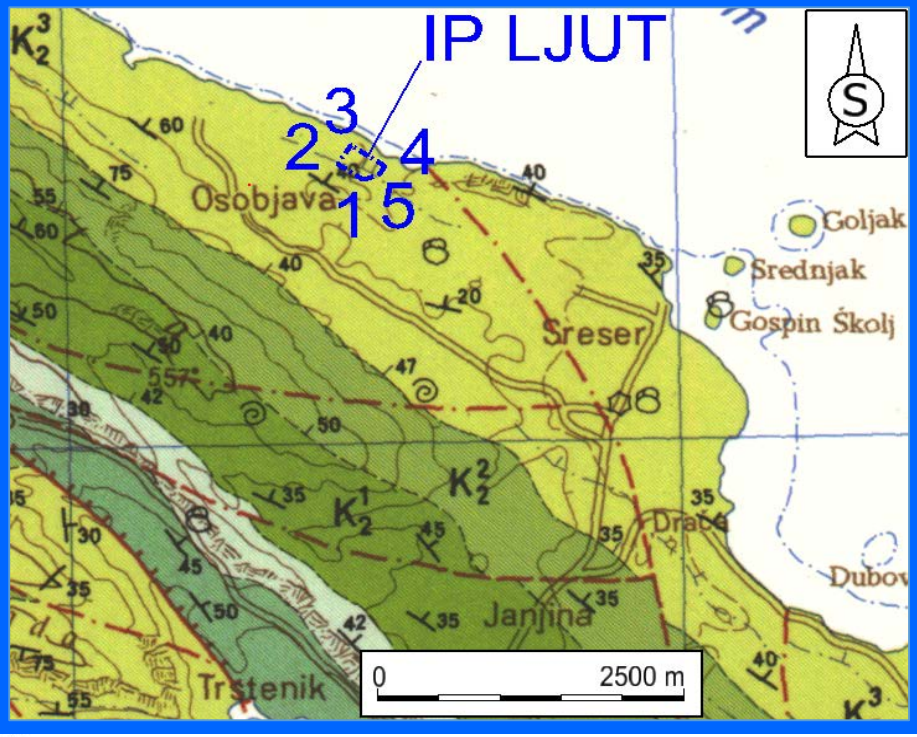
Slika 7.88 3D model galerija

Komorno-stupna (galerijska) metoda eksploatacije a-gk, u slojevitom ležištu s pravilnim rasporedom stupova

-IDEJNA RJEŠENJA ZA LEŽIŠTE „LJUT”



Slika 7.89 Šire područje ležišta

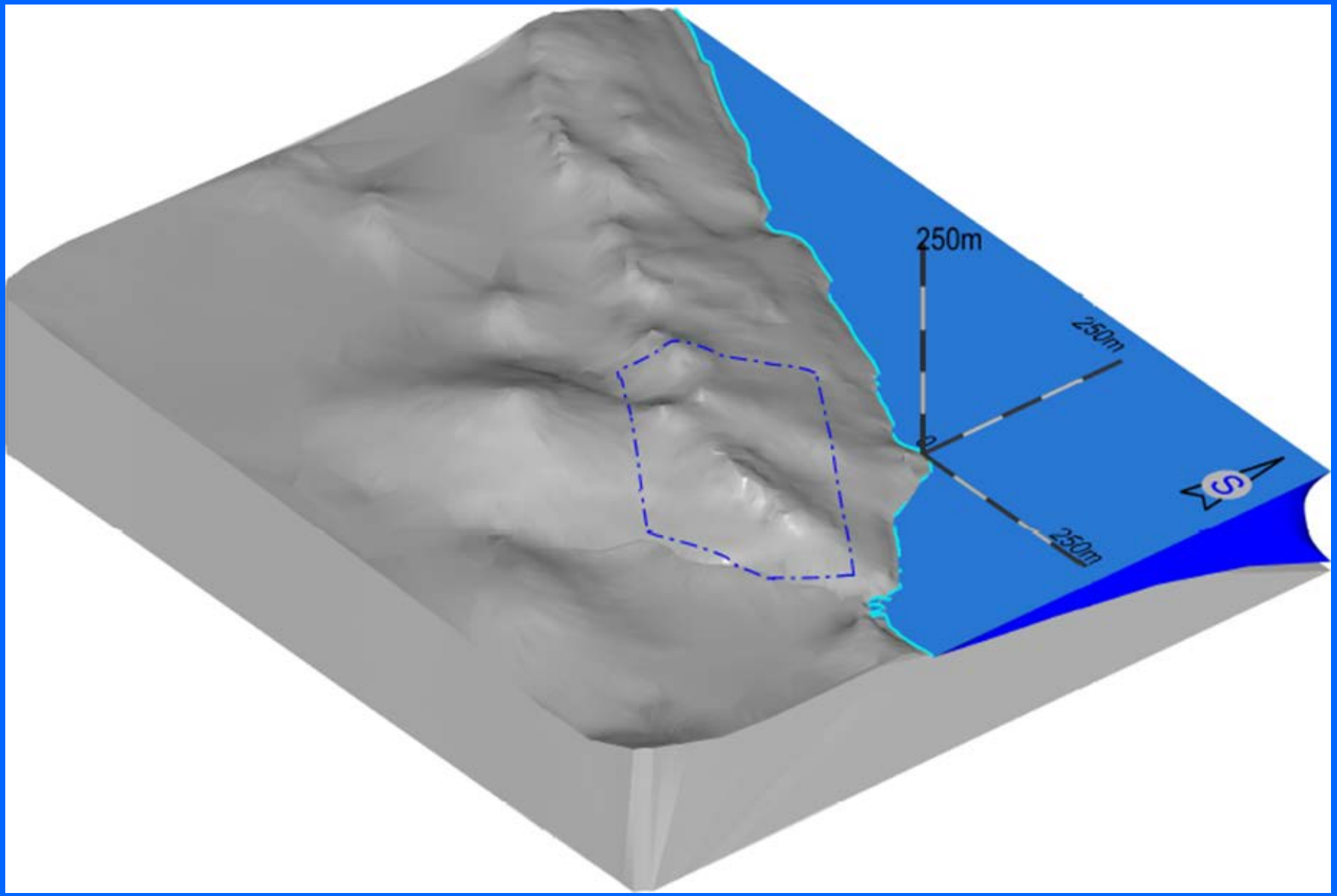


Tumač:

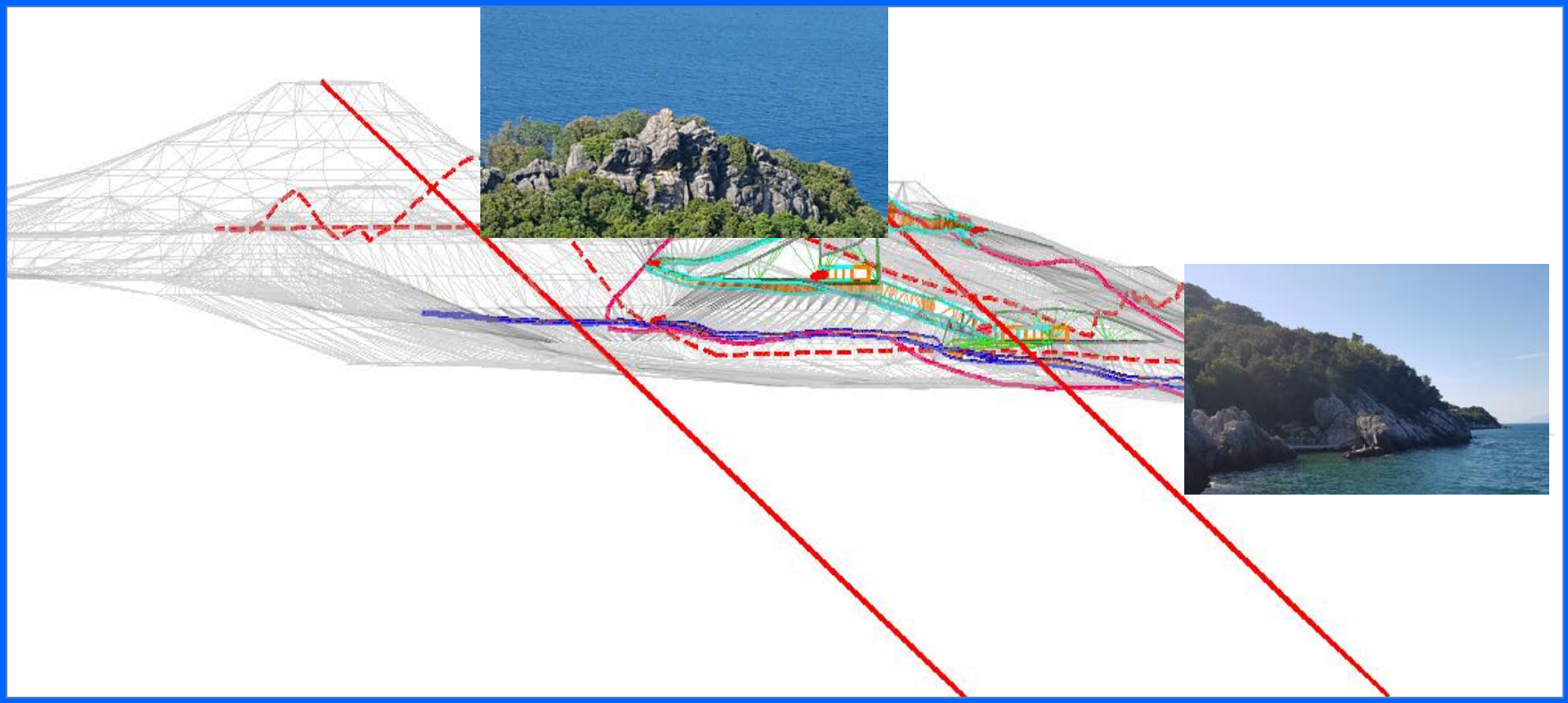
- K_2^3 Vapnenci (O. Korčula, O. Mljet): vapnenci i dolomiti (Pol . Pelješac)-senon
- K_2^2 Vapnenci–turon
- K_2^1 Vapnenci i dolomiti–cenoman
- K_1^5 Vapnenci s uloščima dolomita–alb
- K_1^{3-5} Vapnenci–barem, apt i alb

- Normalna granica: utvrđena (s padom) i aproksimativno locirana (s padom)
- Rasjed bez oznake karaktera: utvrđen, aproksimativno lociran i fotogeološki utvrđen
- Čelo ljuske: utvrđeno i aproksimativno locirano
- Elementi pada sloja: normalan i prevrnut
- Marinska makrofauna
- Mikrofauna; mikroflora
- 1,2,3,4,5 Oznaka vršnih točaka
- istražnog prostora

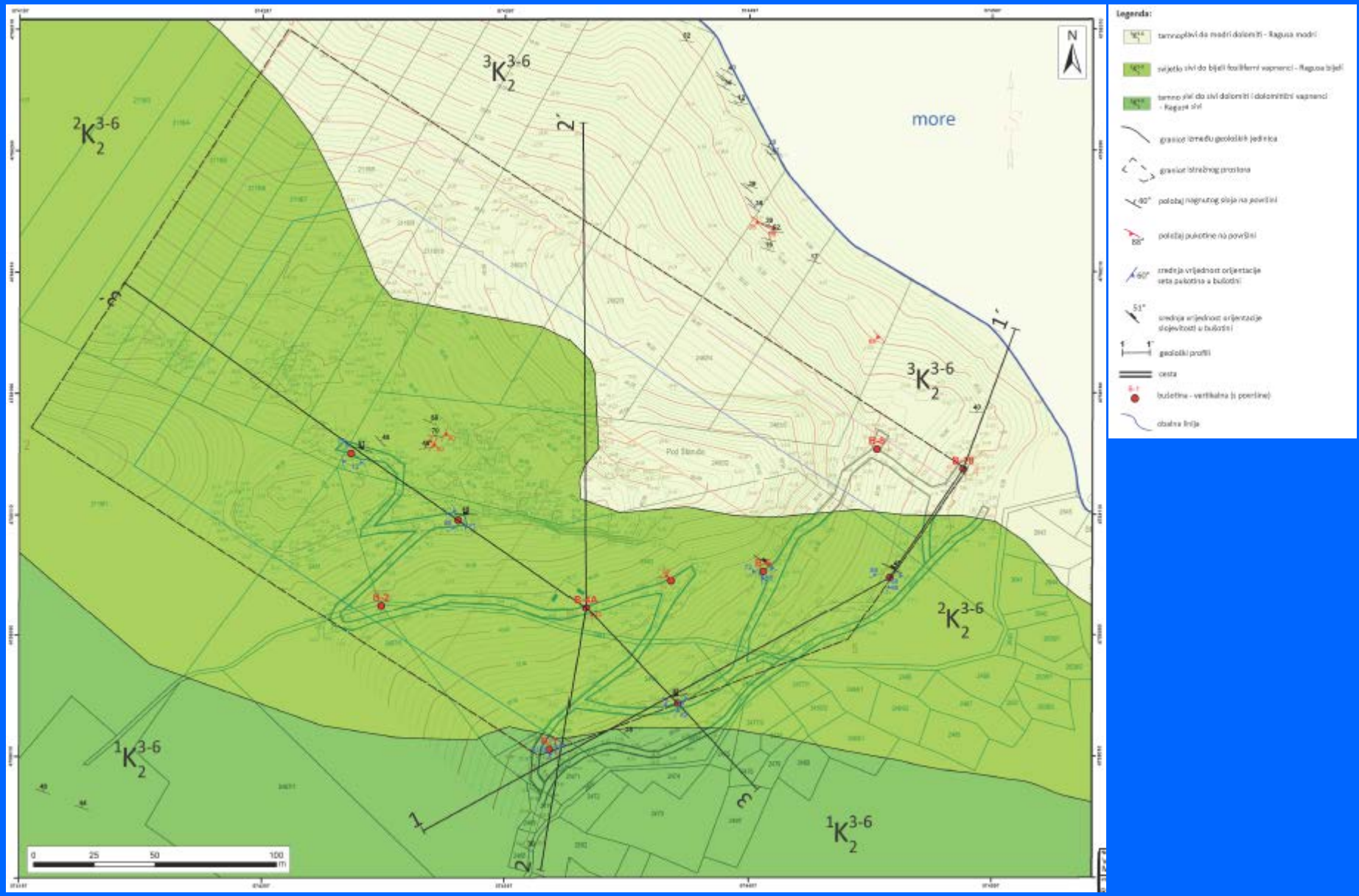
Slika 7.90 Geološka karta šireg područja istražnog prostora arhitektonsko-građevnog kamena



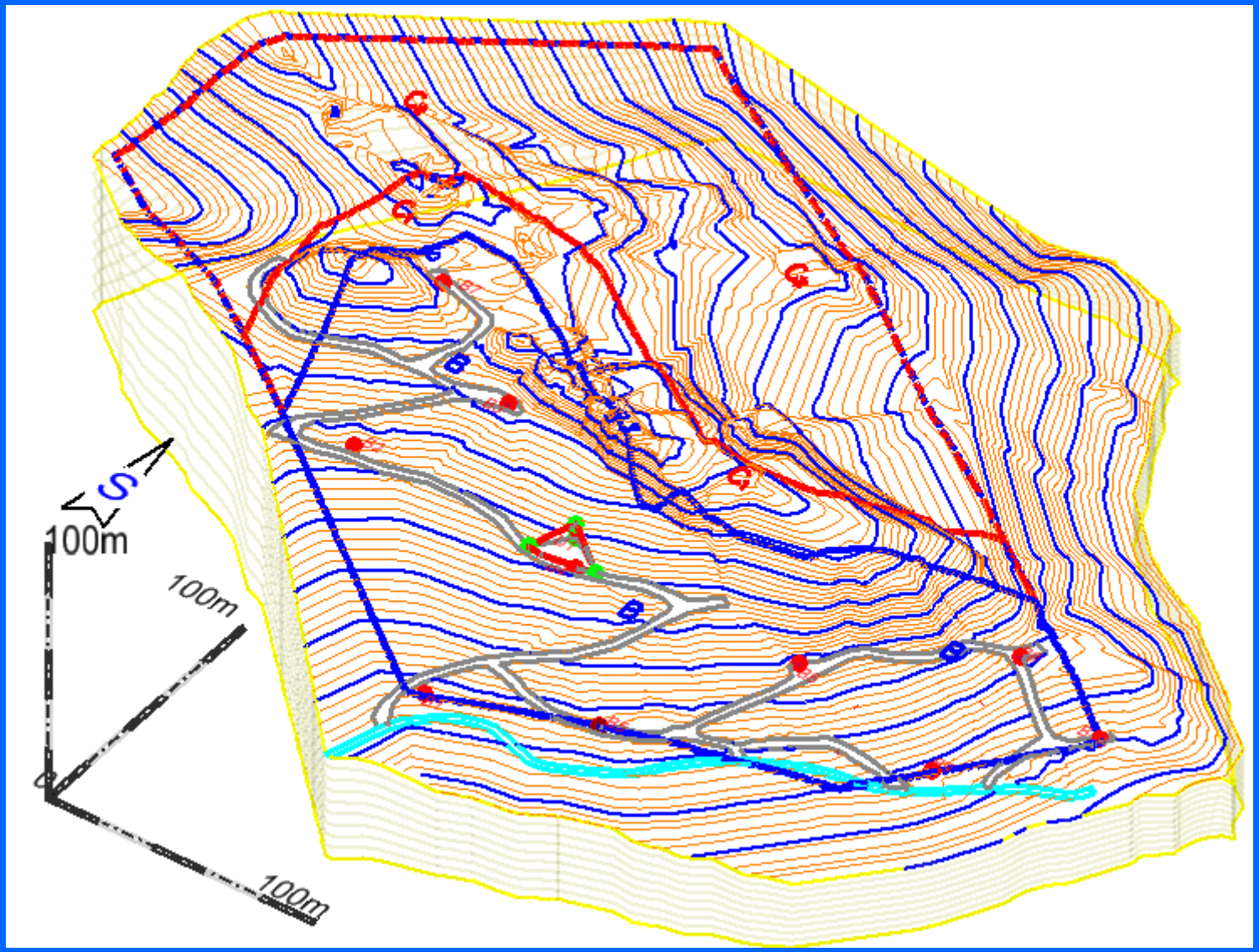
Slika 7.91 3D šireg područja ležišta a-gk



Slika 7.92 Nagib slojeva

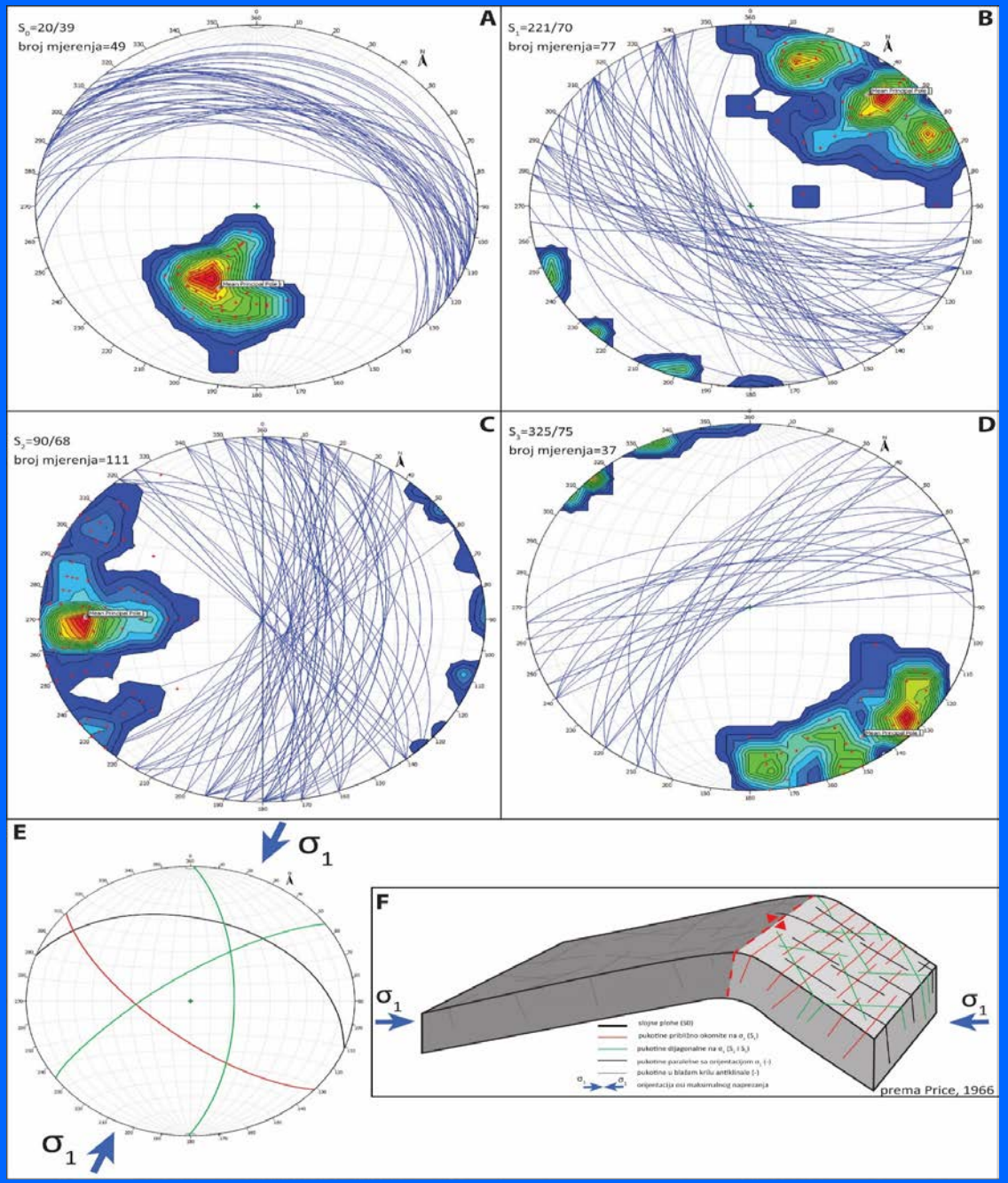


Slika 7.93 Situacijska i geološka karta ležišta

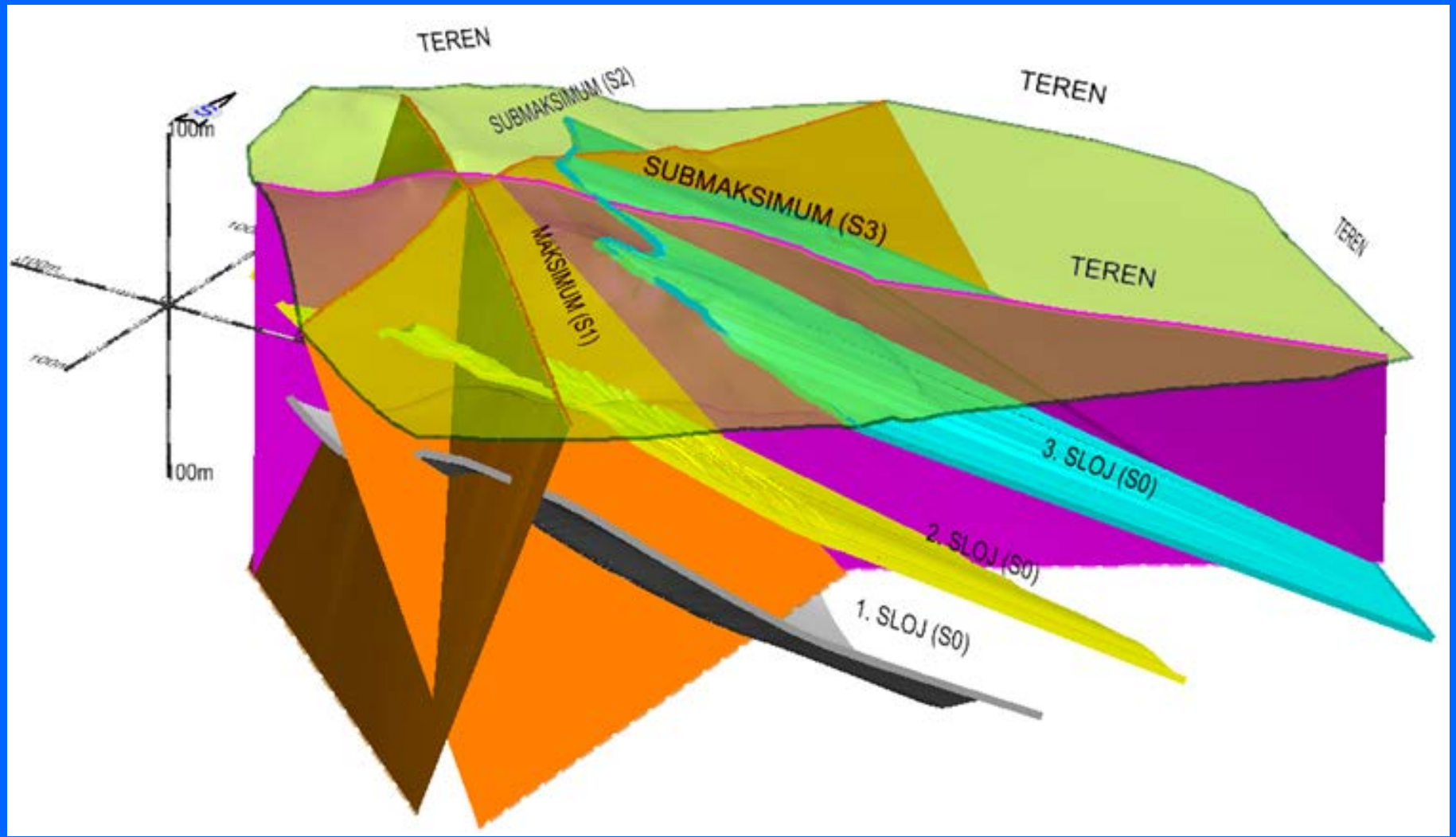


Slika 7.94 Izrada 3D modela ležišta i granica rezervi a-gk

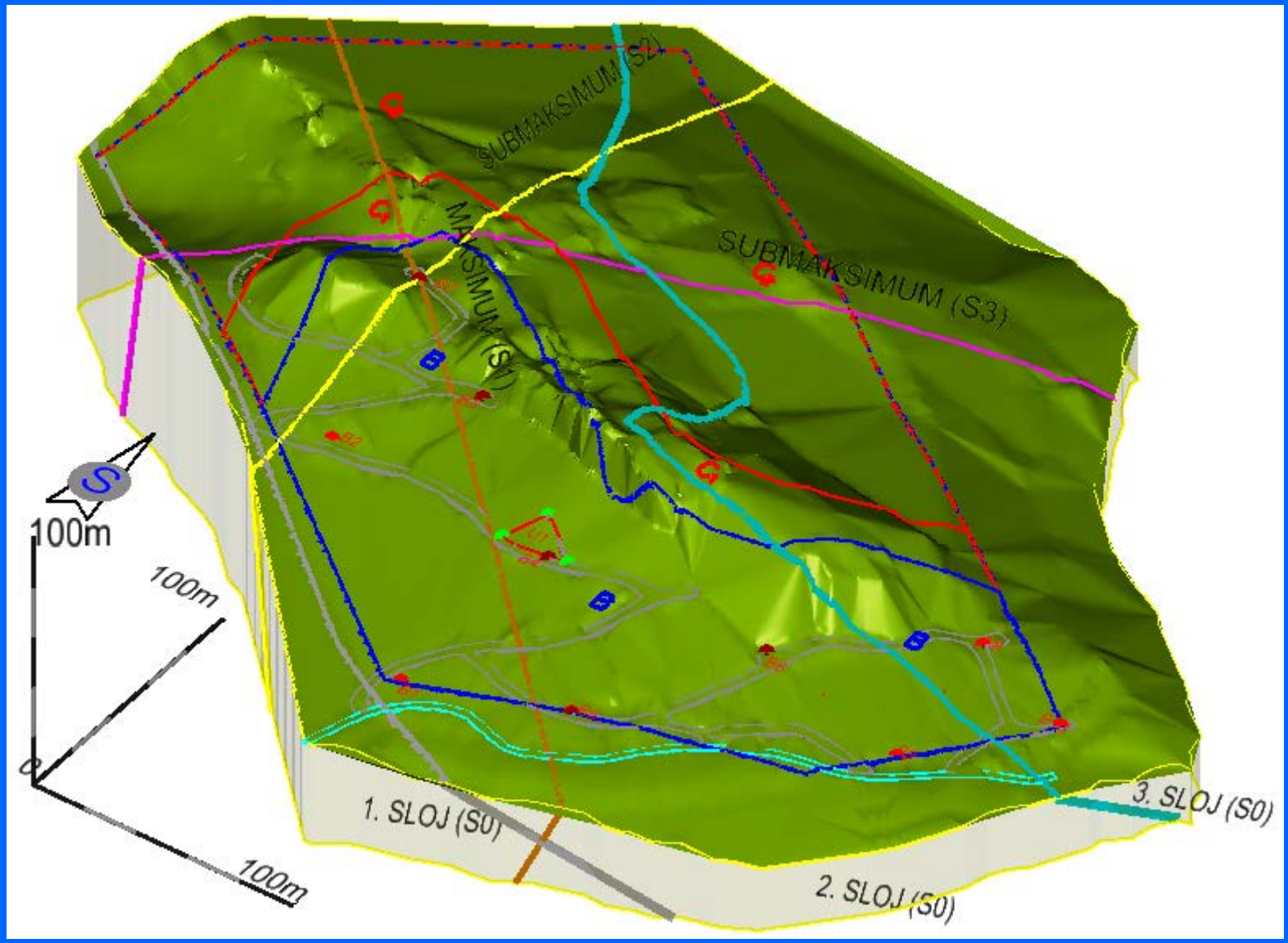
A) S0 – slojevitost;
B) S1 – tenzijske pukotine;
C i D) S2 i S3 – konjugirane smične pukotine;
E) Stereogram sa osrednjenim orijentacijama svih setova diskontinuiteta i orijentacijom osi maksimalnog naprezanja;
F) Strukturna interpretacija razvoja pukotina u istražnom prostoru „Ljut“.



Slika 7.95 Stereogrami pojedinih setova diskontinuiteta:



Slika 7.96 Prostorni položaj (3D) osnovnih sustava diskontinuiteta u ležištu



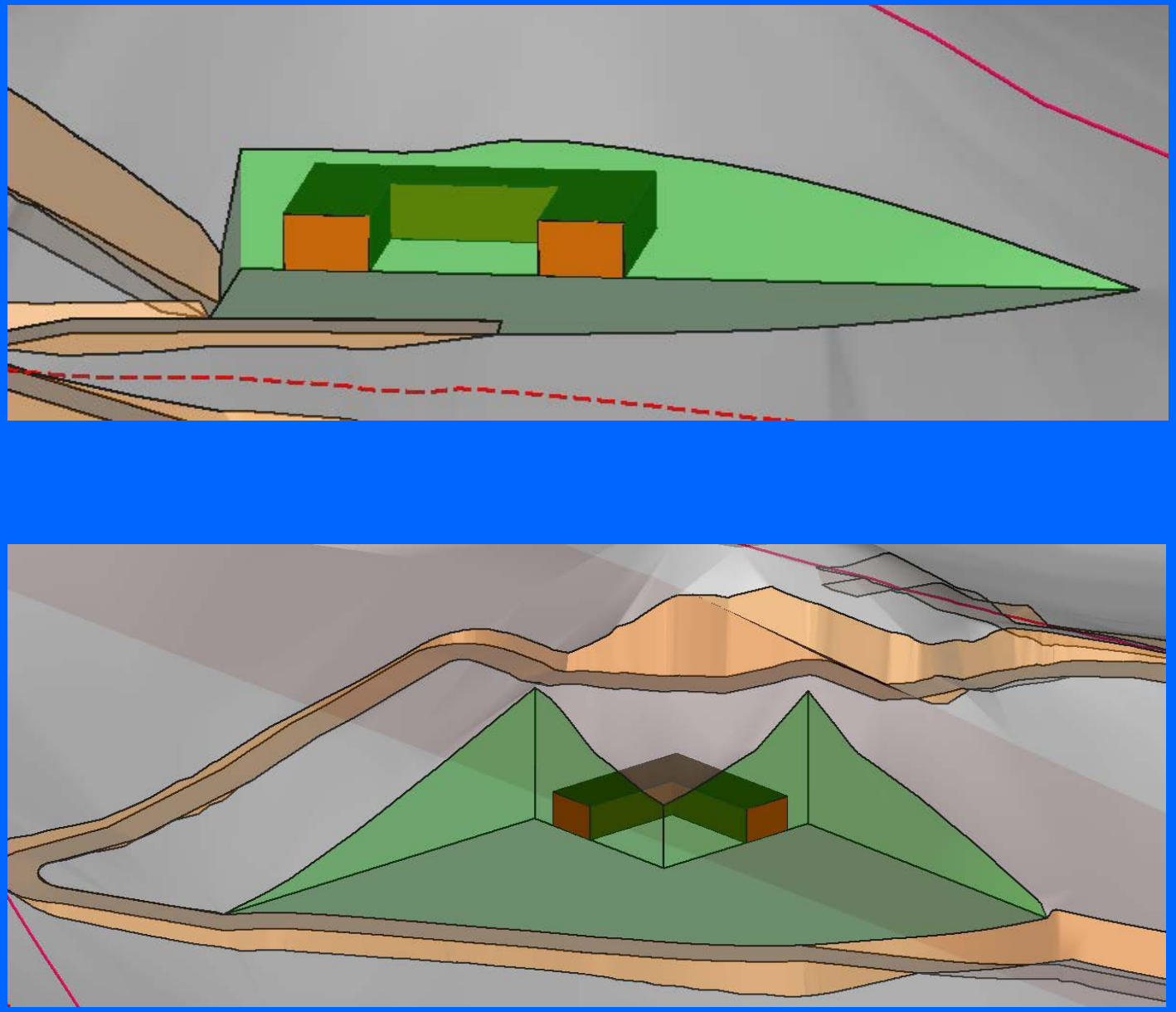
Slika 7.97 Prikaz geološkog modela ležišta a-gk



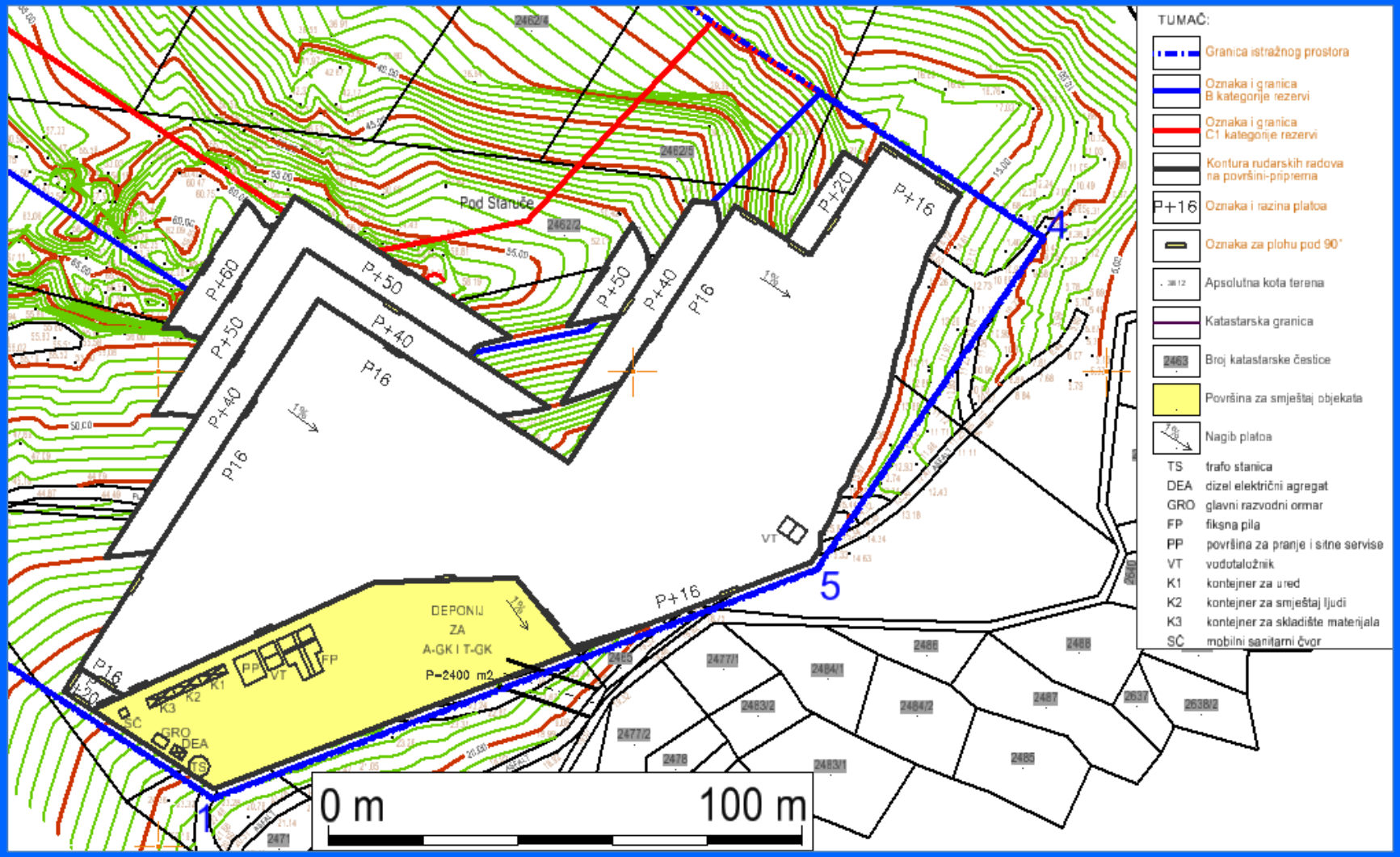




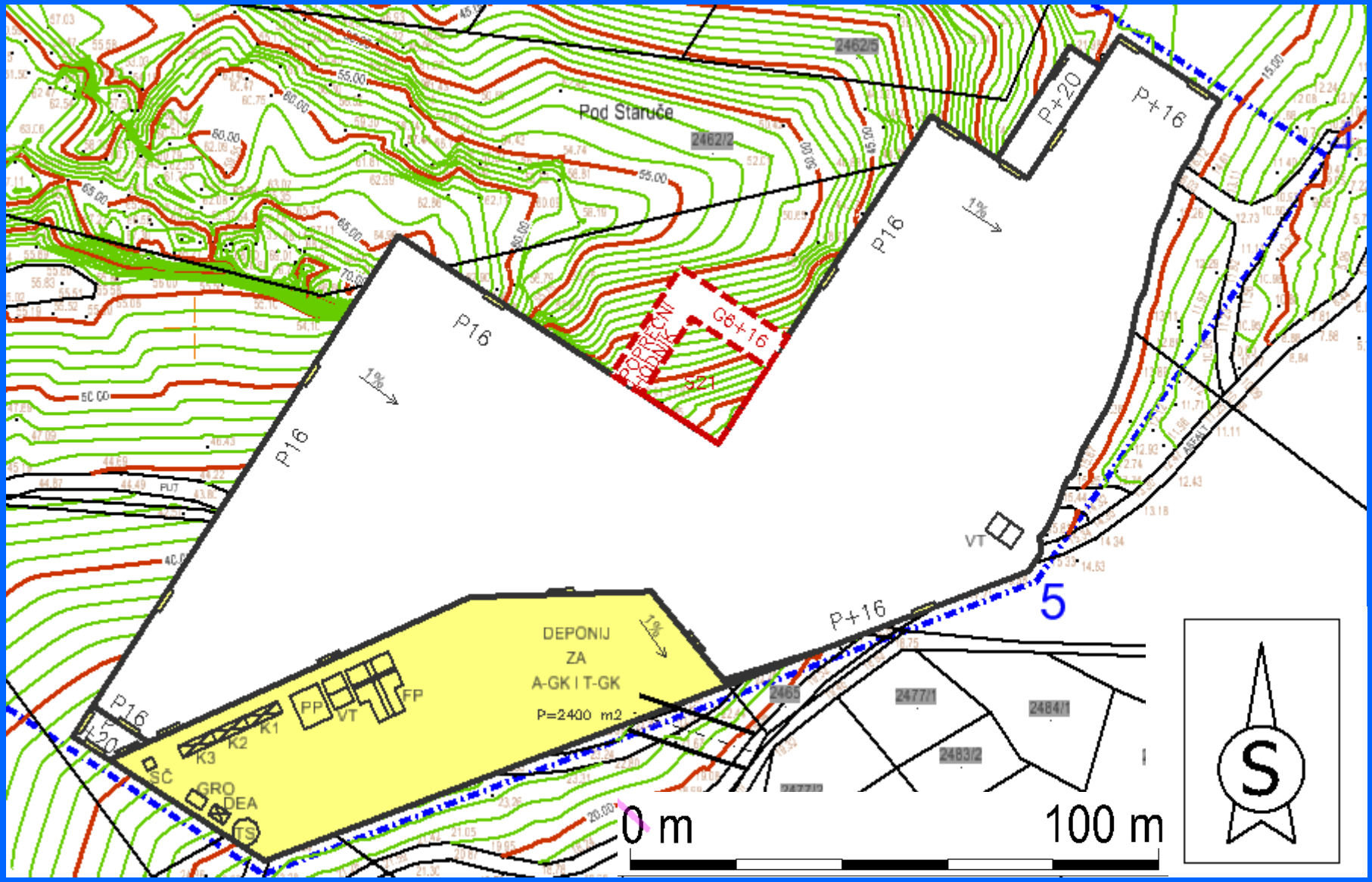
Slika 7.98 Jezgre iz strukturne istražne bušotine B-9



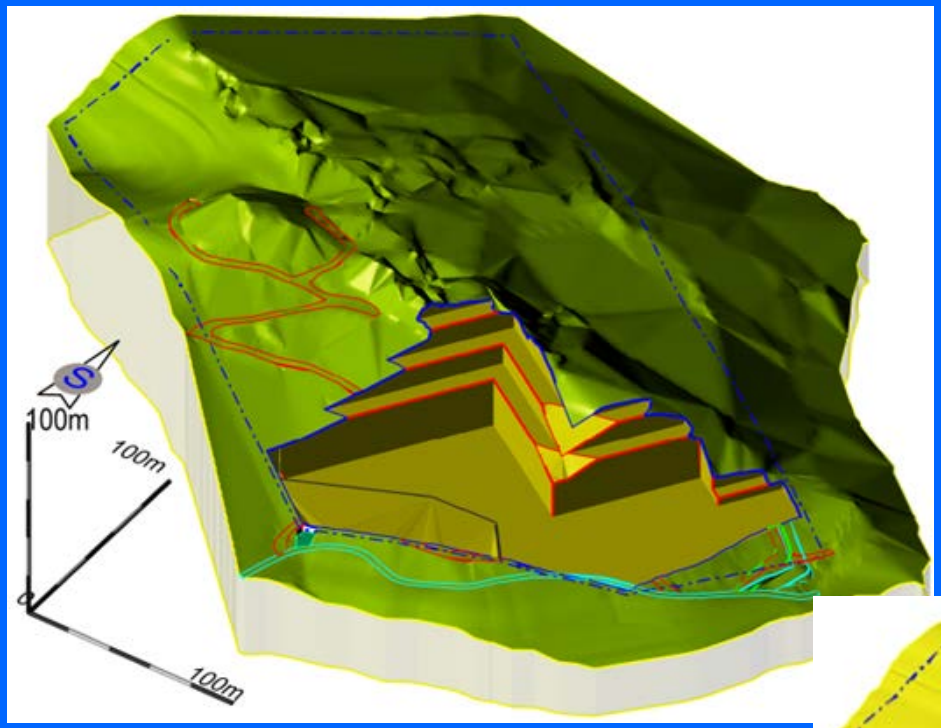
Slika 7.99 Istražni usjeci i probne galerije



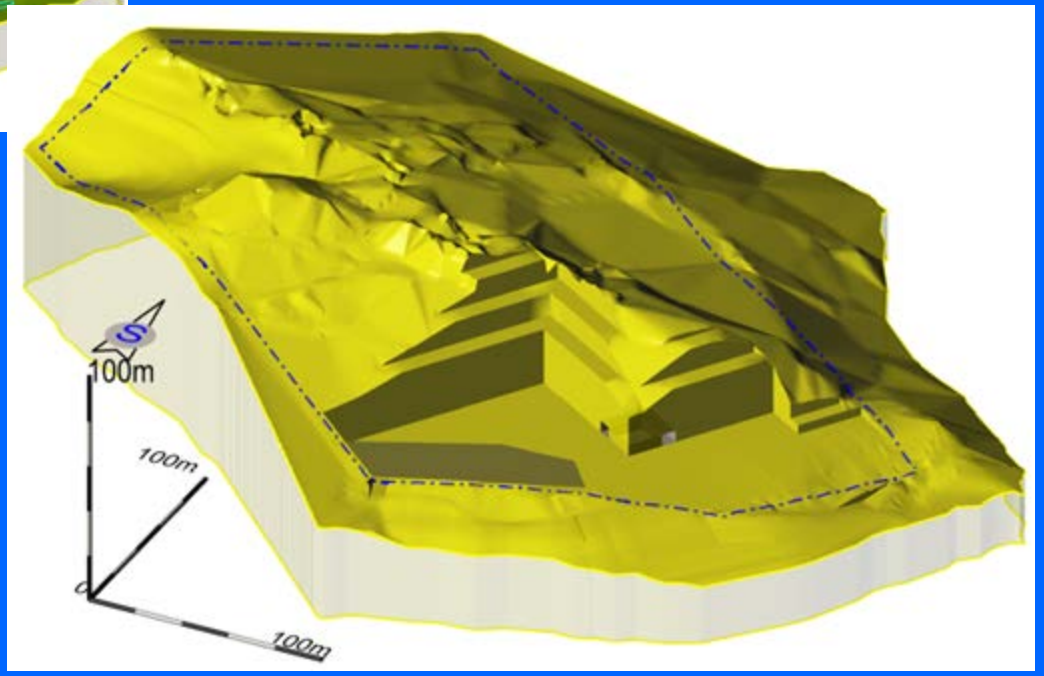
Slika 7.100 Idejno rješenje prve faze podzemne eksploatacije – pripremni plato



Slika 7.101 Idejno rješenje prve faze podzemne eksploatacije – otvaranje jedne galerije

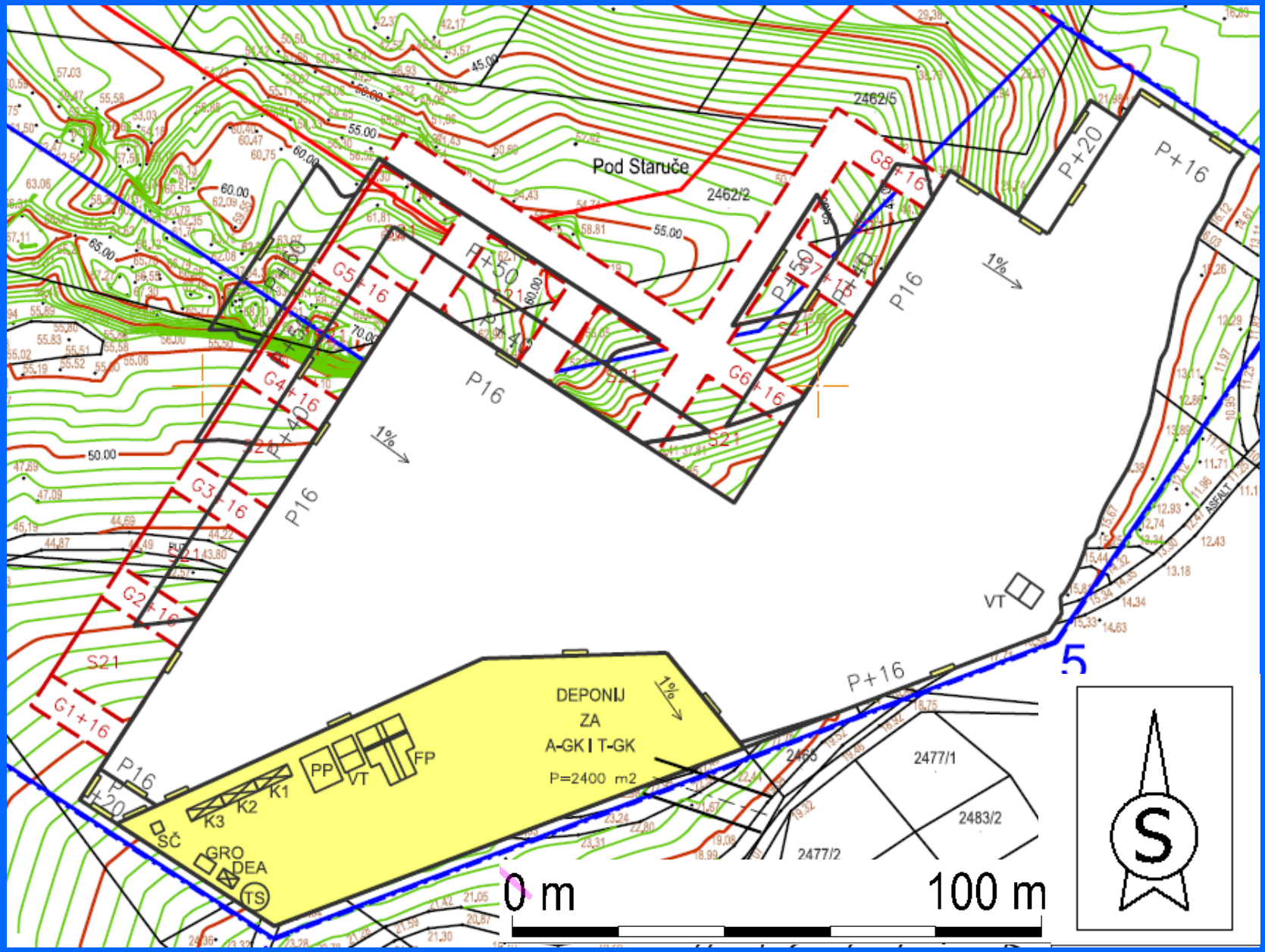


pripremni plato

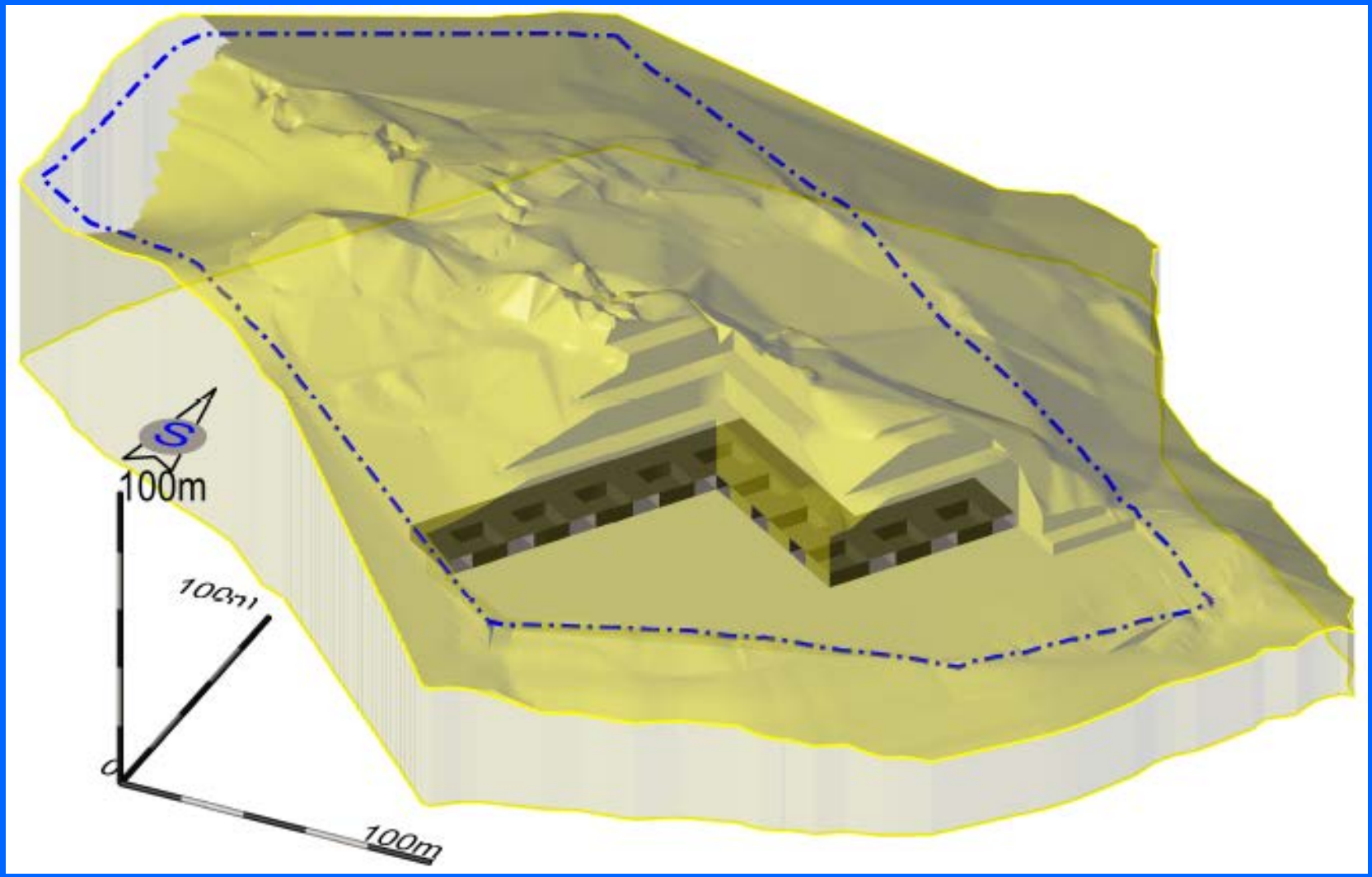


otvaranje jedne galerije

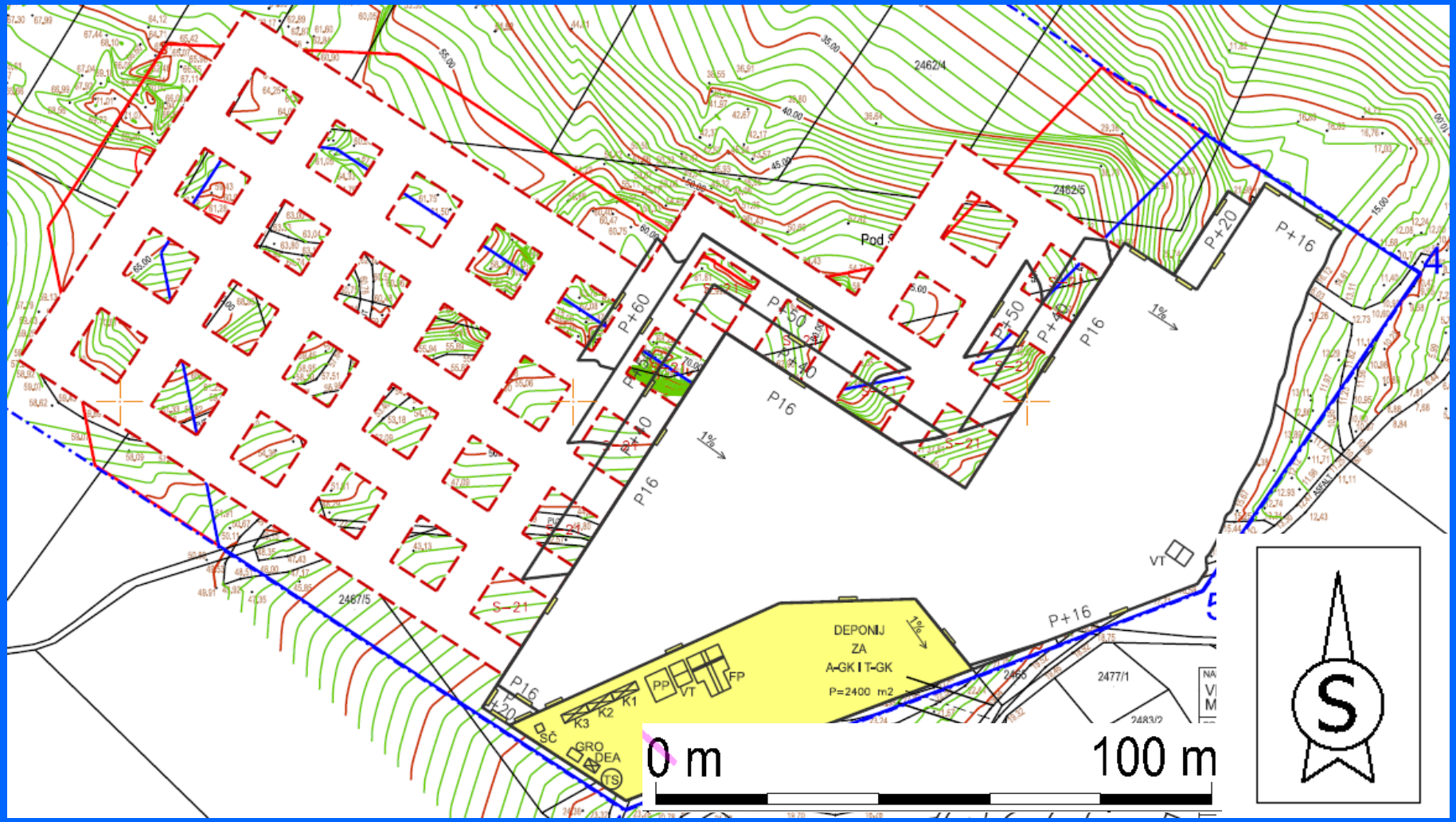
Slika 7.102 3D model prve faze podzemne eksploatacije – otvaranje jedne galerije



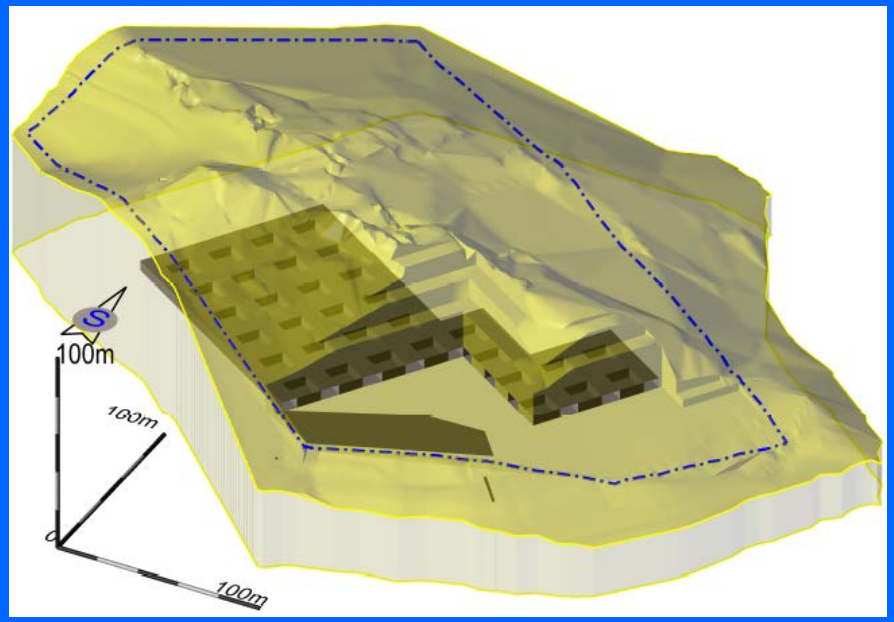
Slika 7.103 Idejno rješenje druge faze podzemne eksploatacije – otvaranje svih galerija



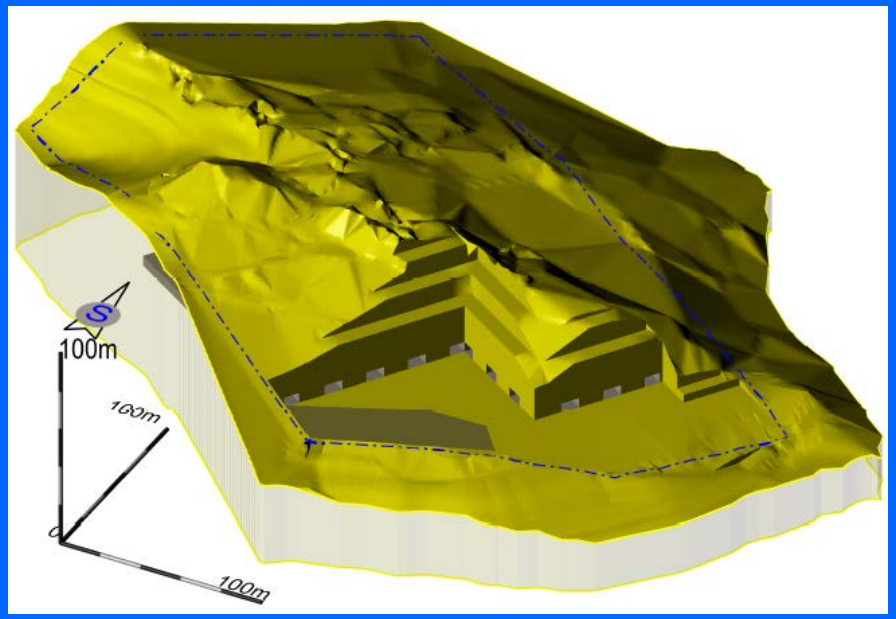
Slika 7.104 3D model otvaranja svih galerija



Slika 7.105 Idejno rješenje treće faze podzemne eksploatacije – razvoj svih galerija na razini +16 m

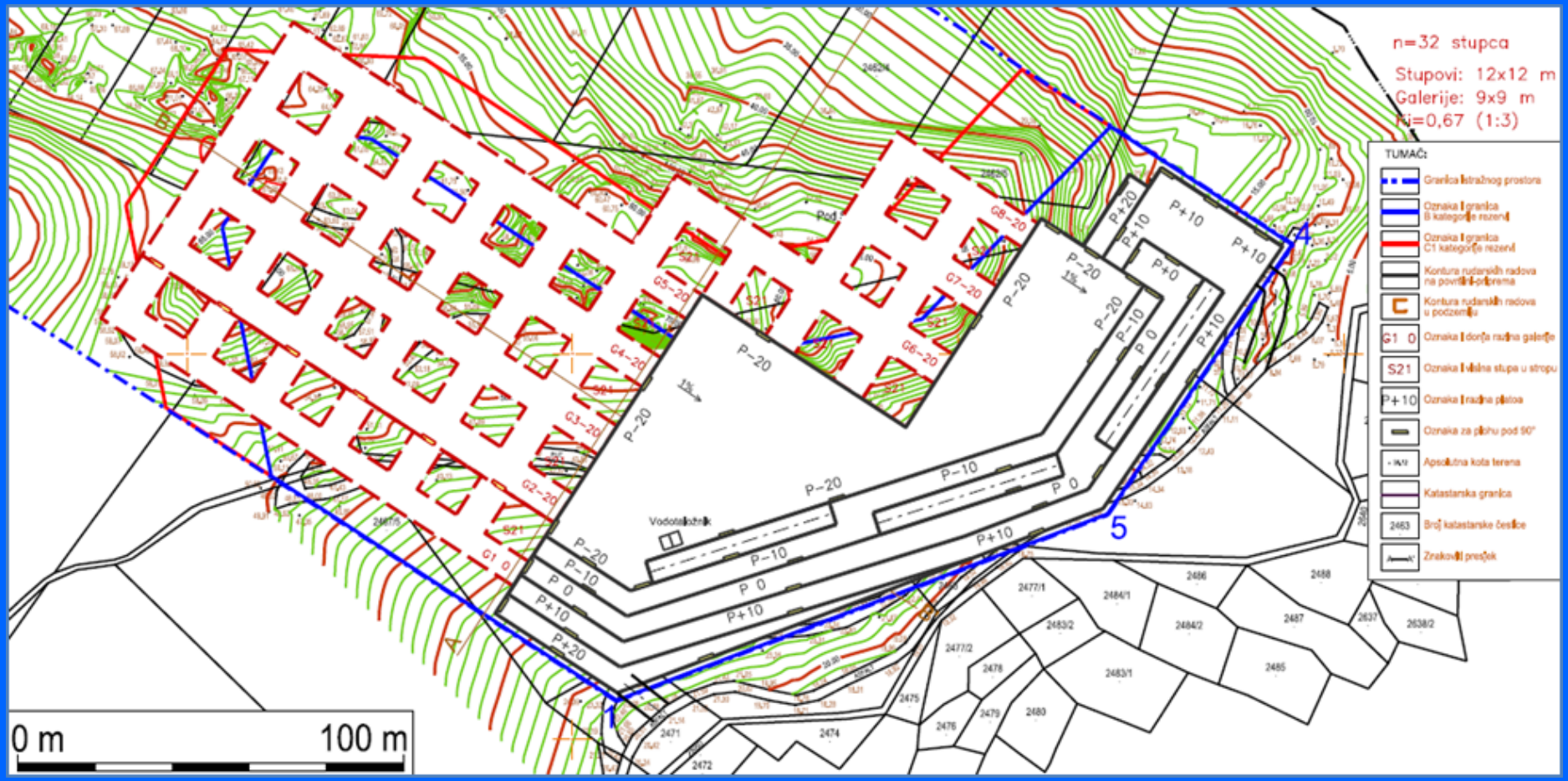


prozirni pogled galerija

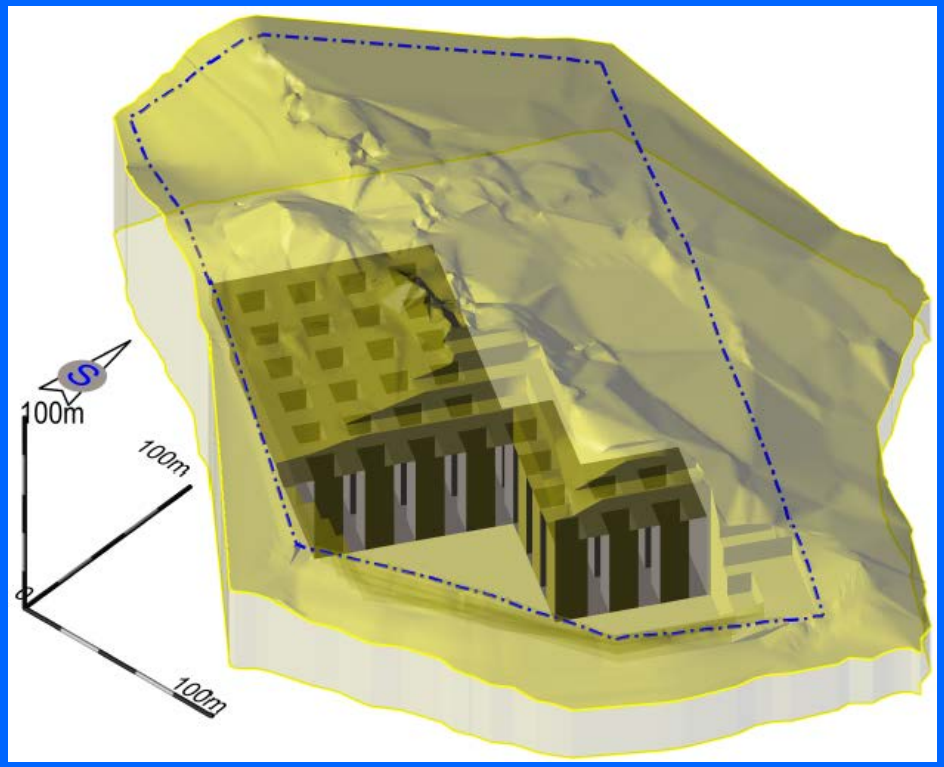


stvarni pogled galerija

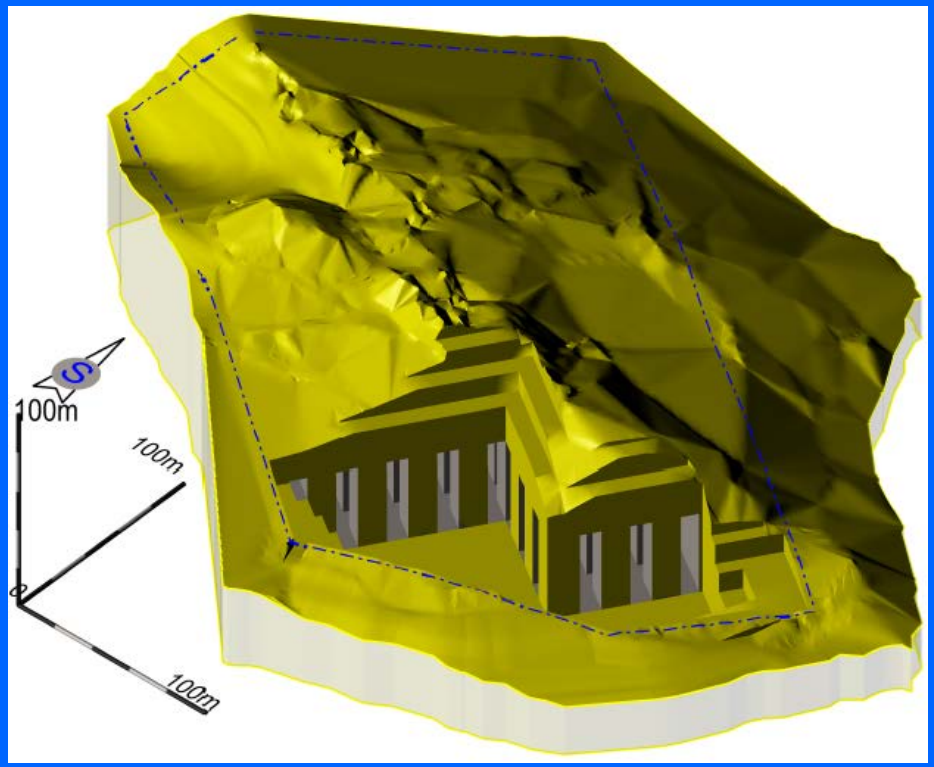
Slika 7.106 3D model razvoja svih galerija na +16 m



Slika 7.107 Idejno rješenje završne faze podzemne eksploatacije – razvoj svih galerija na razini -20 m

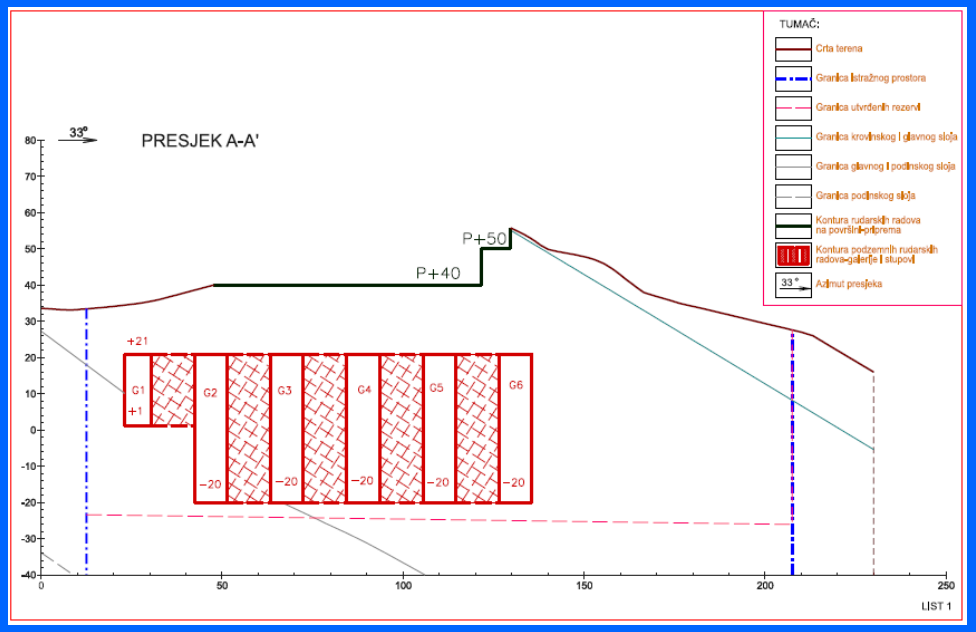


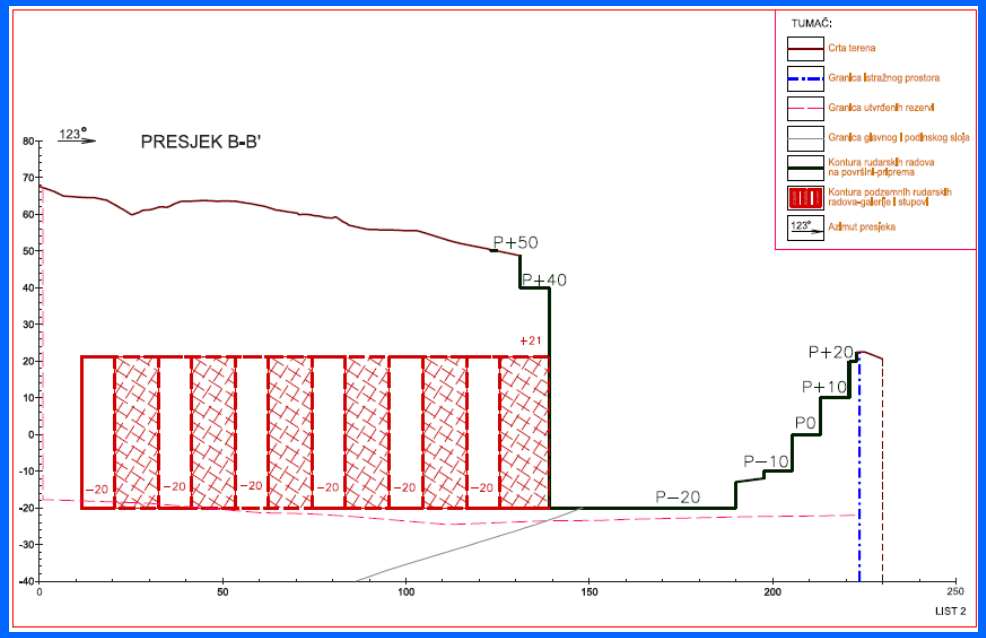
prozirni pogled galerija



stvarni pogled galerija

Slika 7.108 3D model razvoja svih galerija na -20 m





Slika 7.109 Poprečni presjeci galerija-završna faza

7.5.4. Širokočelne otkopne metode

7.5.4.1. Osnovne postavke

Osnovni elementi širokočelnog otkopavanja su:

- dobivanje korisne supstancije
- utovar i odvoz rovnih masa
- podgrađivanje radnog prostora otkopa
- postupak s otkopanim prostorom.

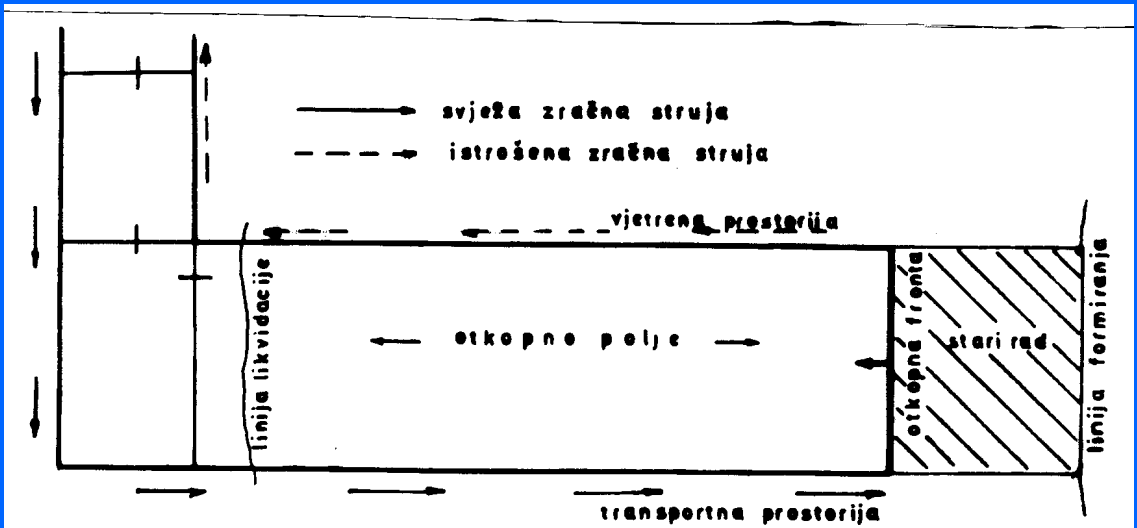
7.5.4.2. Sustav pripreme

Pod pristupnim prostorijama širokog čela podrazumijevaju se:

- transportna prostorija za odvoz iskopine i dopremu repromaterijala i opreme, te prijevoz ljudi neposredno do otkopnog radilišta

- ventilacijska prostorija za odvodnju istrošene zračne struje koja se transportnom prostorijom kao svježa dovodi na radilište

- pomoćne prostorije nužno potrebne u tehnološkom procesu otkopavanja kao što su: presipno-deponirajući bunkeri, komore za energetska postrojenja, pumpne stanice i dr.



Slika 7.110 **Shematski prikaz odstupnog otkopavanja**

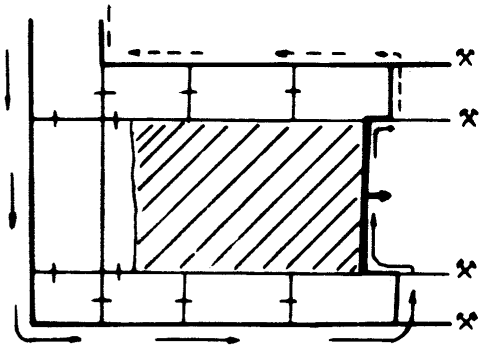
Prednosti odstupnog otkopavanja su:

- prethodno i detaljno istraženo otkopno polje
- koncentracija svih radova na otkopavanju
- otkopne prostorije se napredovanjem otkopne fronte skraćuju
- mogućnosti požara u starim radovima su maksimalno eliminirane
- kompletno pripremljeni otkop je siguran proizvodni kapacitet
- ventilacija otkopa je povoljna
- prostorije otkopa je lakše održavati.

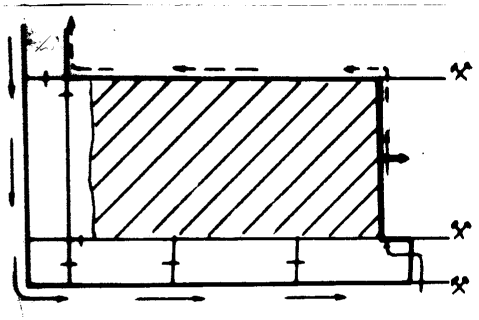
Nedostaci su:

- veliki obim prethodnih pripremnih radova
- kapacitet otkopa i pripremni radovi moraju biti strogo dinamički usklađeni, kako jama ne bi ostala bez otkopnih kapaciteta
- duže trajanje pripreme za prvo otkopno polje, tj. postoji prazan hod kada nema otkopnog kapaciteta.

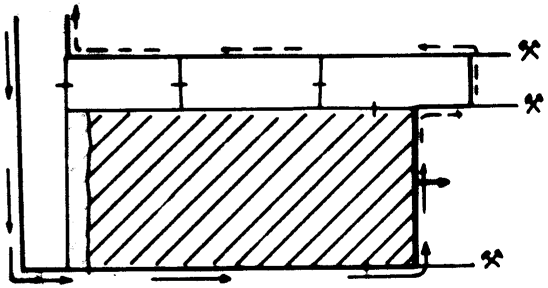
a - pristupne prostorije, tj. transportna i vjetrena prostorija izrađuju se dalje od otkopne fronte i zasebno vode.



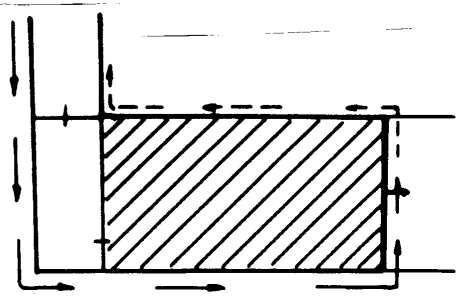
b - transportna prostorija zasebno se izrađuje i odvojeno vodi, a vjetrena prostorija održava neposredno do starog rada.



c - vjetrena se prostorija zasebno izrađuje i odvojeno vodi, a transportna se održava do starog rada.



d - transportna i vjetrena prostorija vode se i održavaju neposredno do starog rada



Slika 7.111 **Shematski prikaz nastupnog otkopavanja**

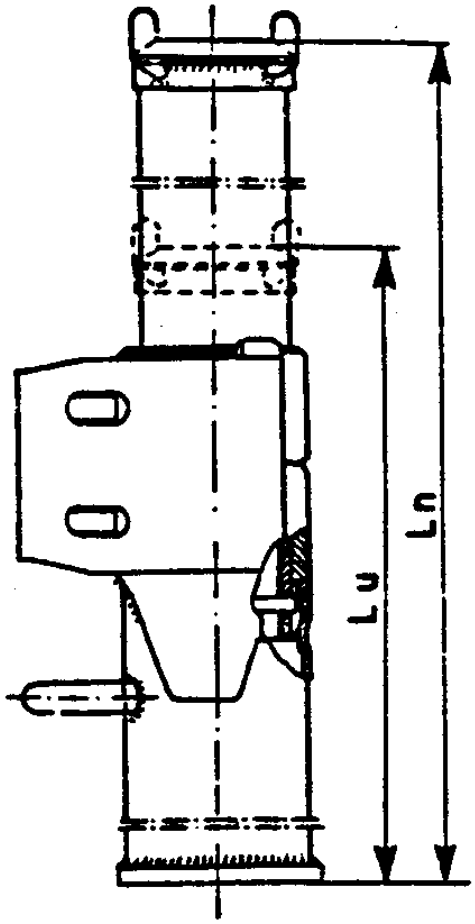
Prednosti nastupnog otkopavanja:

- otkopna priprema izvodi se u fazi napredovanja otkopa tj. otkop sam sebe formira
- mali dio pripremnih prostorija prethodi otkopu
- maksimalna koncentracija otkopne pripreme i otkopa, što omogućava kompletnu koncentraciju opreme, ljudi i nadzora.

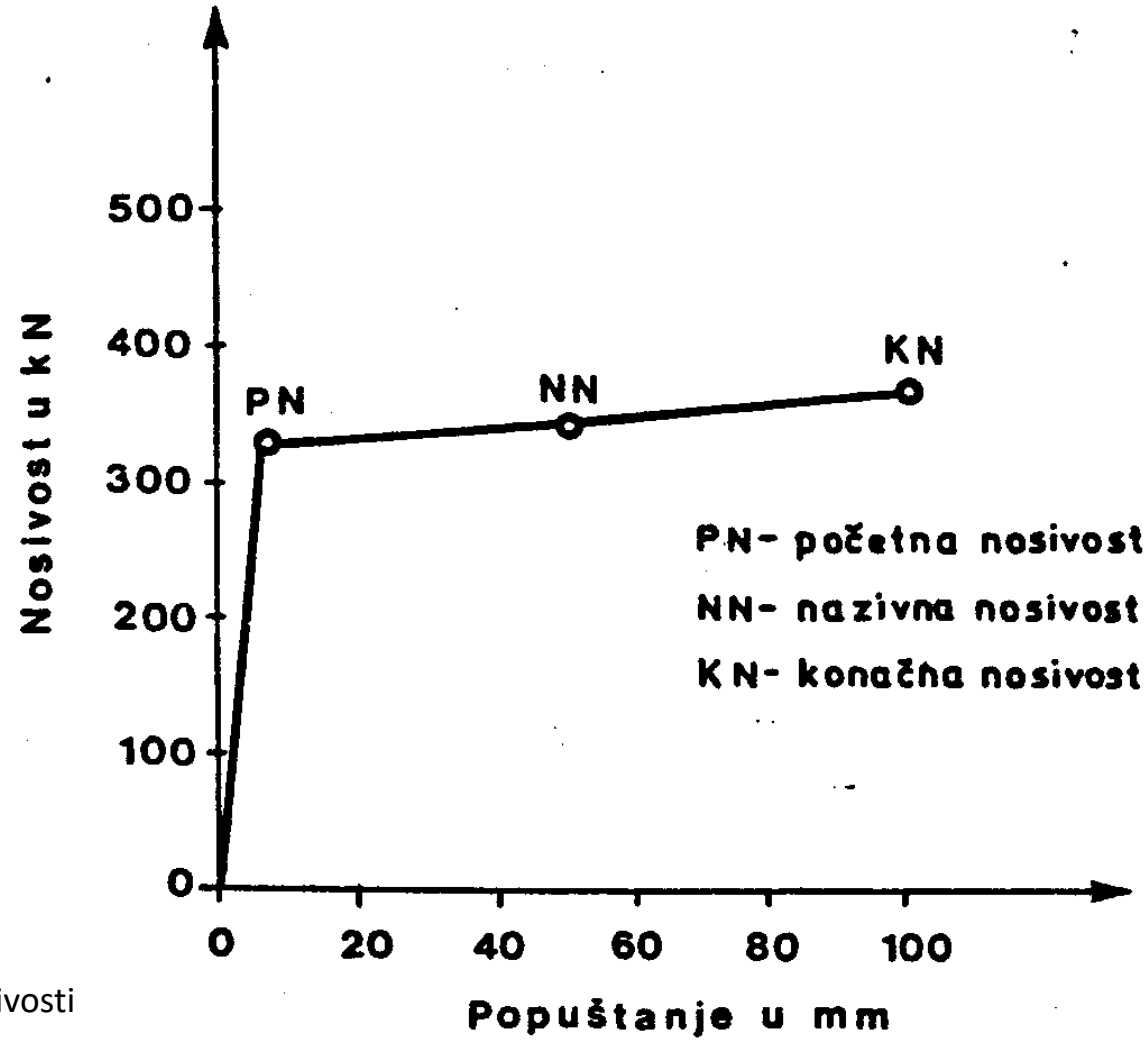
Nedostaci su:

- otkopno polje nije prethodno detaljno ispitano, što može praviti smetnje u napredovanju
- problemi u ventilaciji pripremnih radilišta, osobito ako je metanski režim rada
- neophodna je dobra izolacija i trasportne i ventilacijske prostorije međusobno, i prema starim radovima, naročito ako je ugljeni sloj sklon samoupali,
- transportne prostorije se stalno produljuju
- održavanje transportne prostorije neposredno do starog rada zahtijeva poseban tretman.

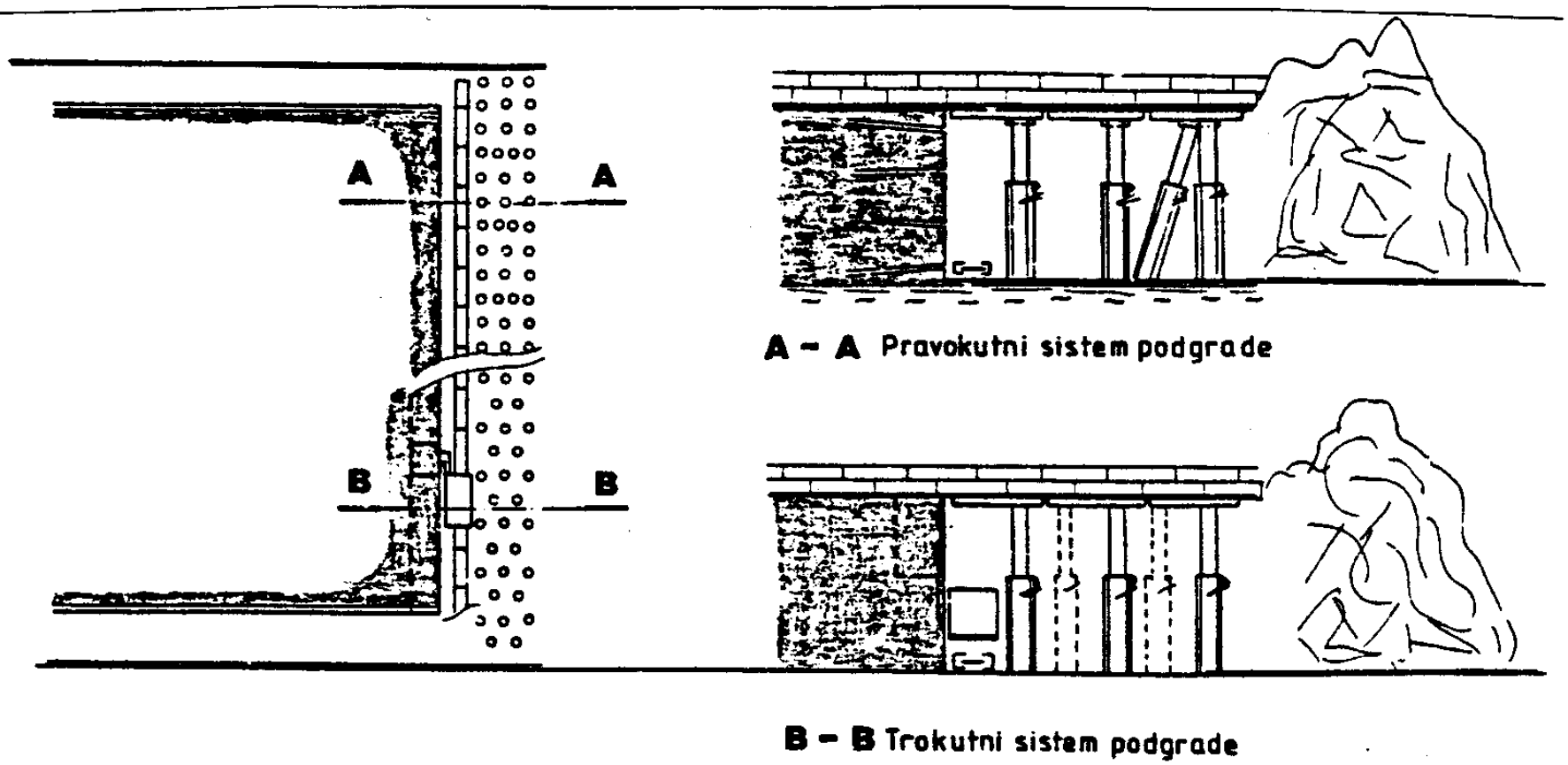
7.5.4.3. Klasični širokočelni otkopi



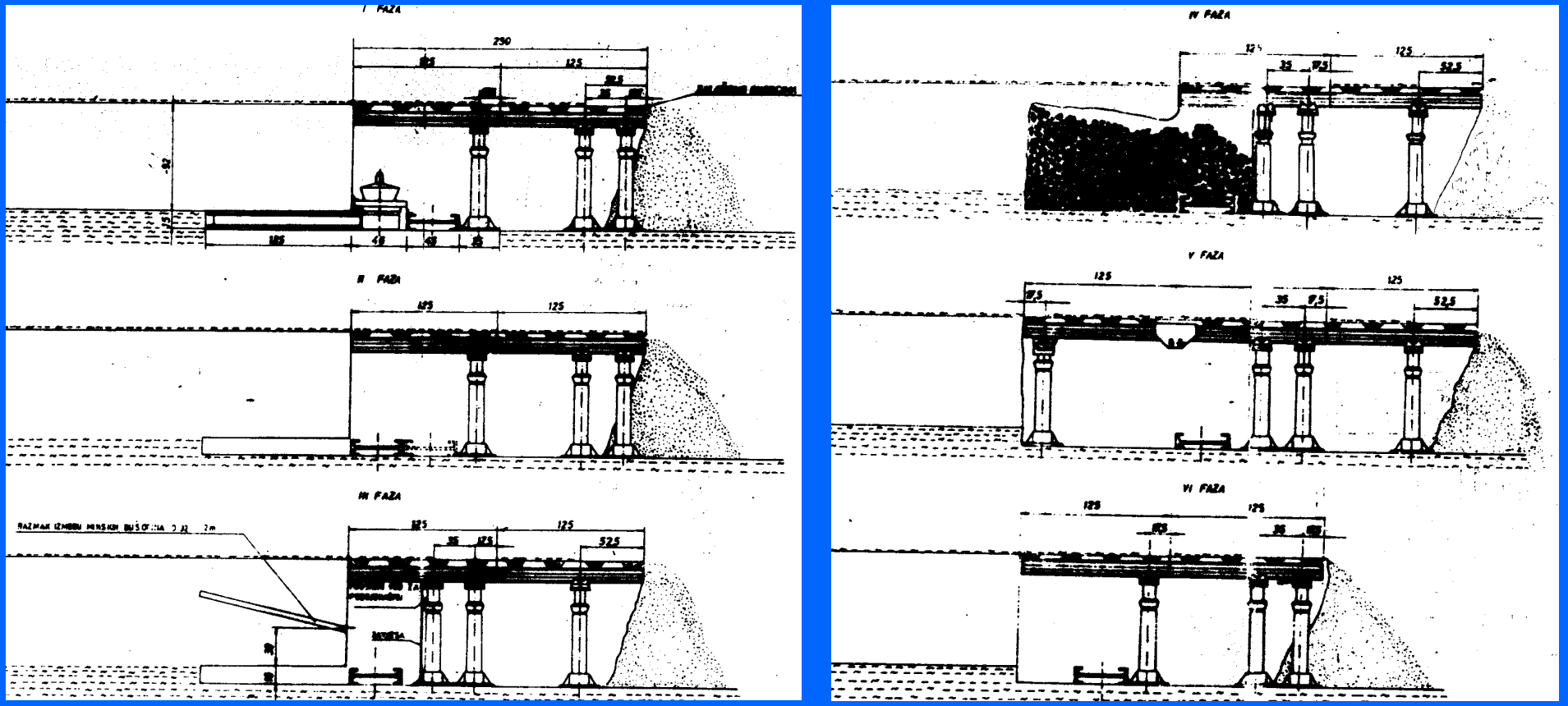
Ln-početni položaj podgrade
Lu-krajnji položaj (nakon popuštanja nosivosti
presjek frikcionog stupca



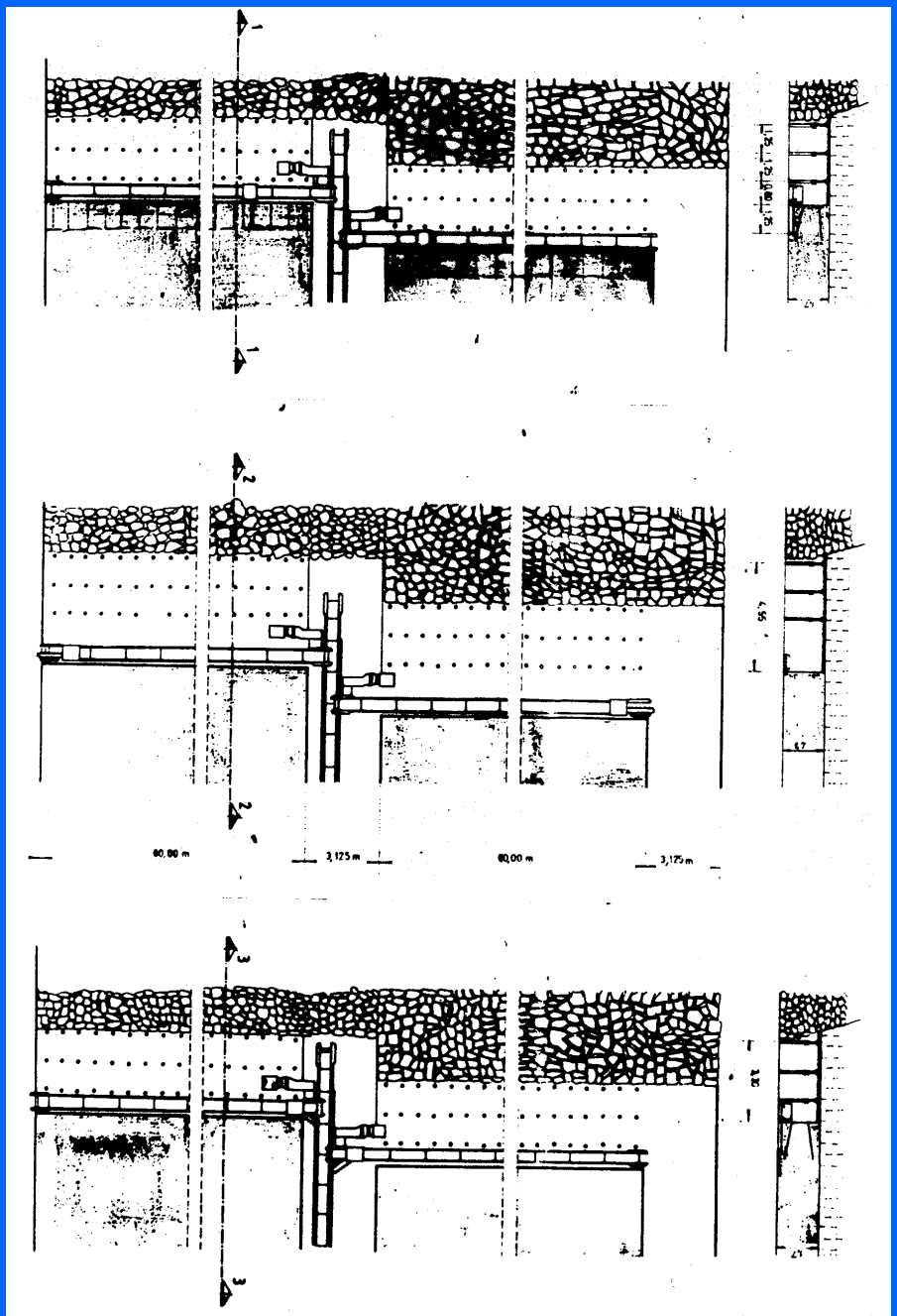
Slika 7.112 **Krivulja popuštanja frikcijskog stupca tipa "Valent"**



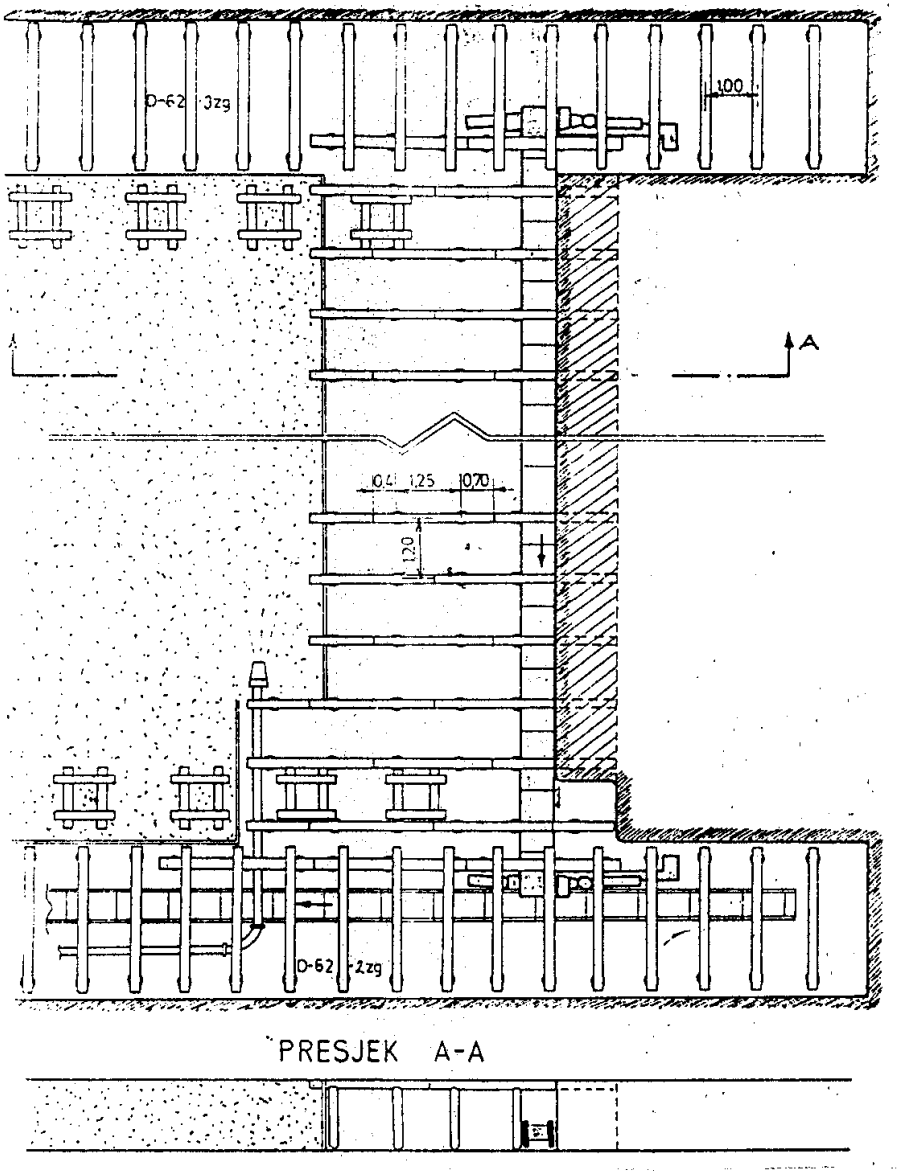
Slika 7.113 **Klasični širokočelni otkop - trokutno i pravokutno podgrađivanje**



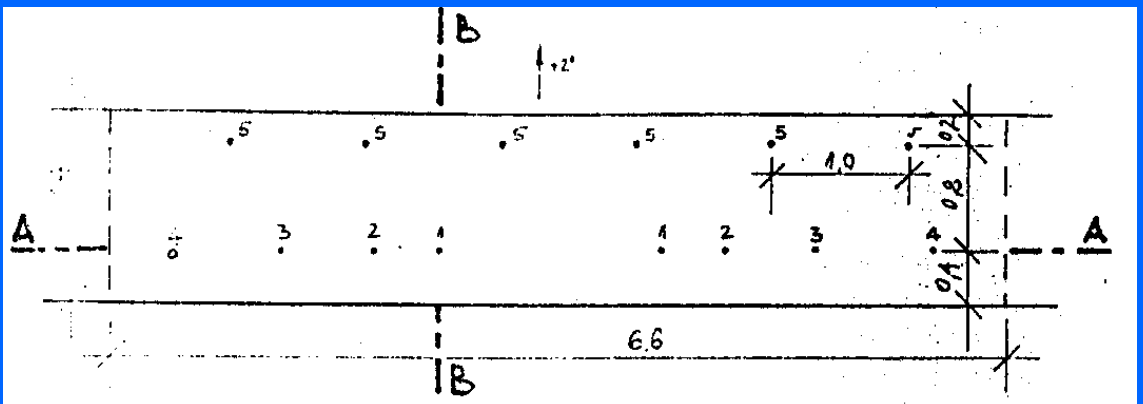
Slika 7.114 **Klasična širokočelna metoda u tankom ugljenom sloju - jama "Petrov dol"**



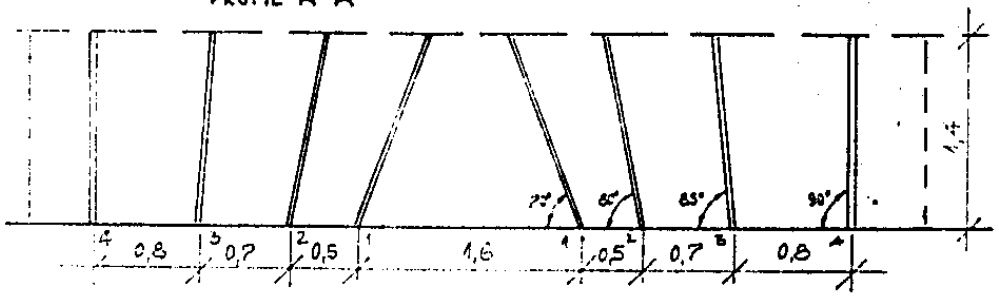
Slika 7.115 Klasični širokočelni otkop u tankim ugljenim slojevima - ležište Vojakovački Kloštar



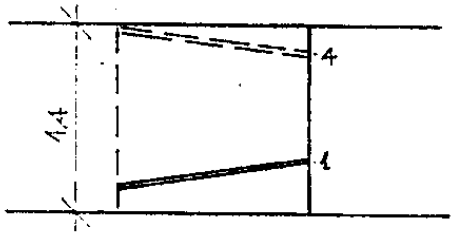
Slika 7.116 Klasični širokočelni otkop - jama Tupljak



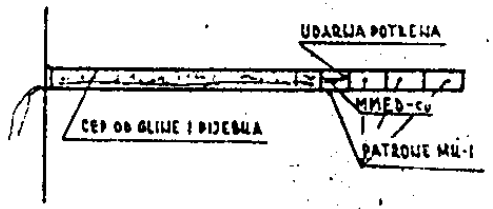
PROFIL A-A



PROFIL B-B

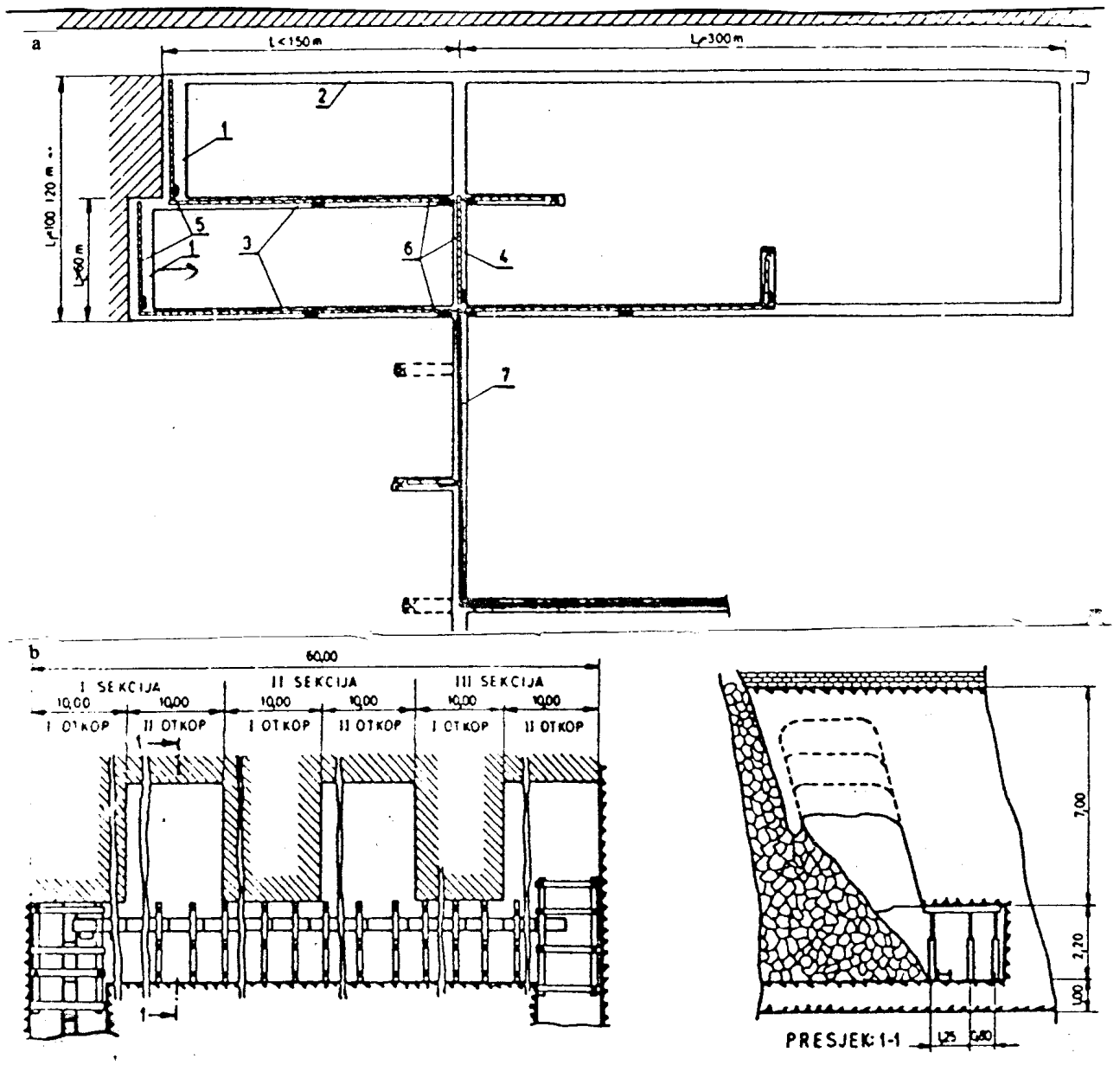


KONSTRUKCIJA EKSPLOZIVNOG PUNJENJA MINSKE BUŠOTINE



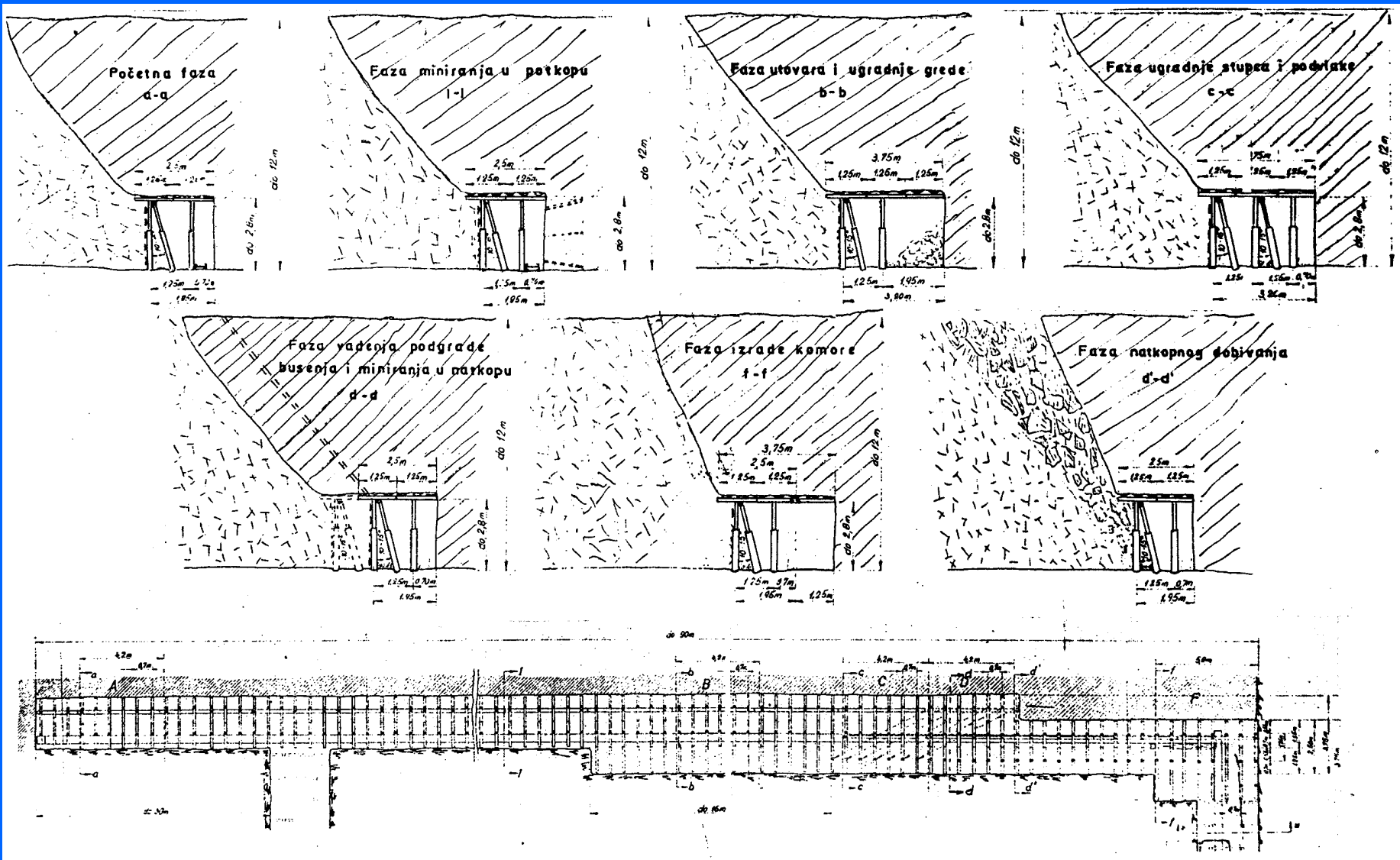
54-MMED-Cu-0-10		EKSPL. PUNJENJE MR 1.		GEOMETRIJA BUŠ.		PRIMJEDBA
BR. MS	KOM.	PO BUŠOT. gr	UKUPNO KG	DUBINA m'	KUT BUŠ. °	
1	2	500	1,0	1,5	70	NA DUŽINI OTKOPA OD 76 m : 6,6 m = 12 ZALOMA = 14 mina = 168 mma ILI 69,6 kg MR-1
2	2	400	0,8	1,5	80	
3	2	400	0,8	1,5	85	
4	2	400	0,8	1,5	90	
5	6	400	2,4	1,5	90	
UKUPNO	14	414	5,6			

Slika 7.117 **Shema bušenja minskih vrtina na otkopu**

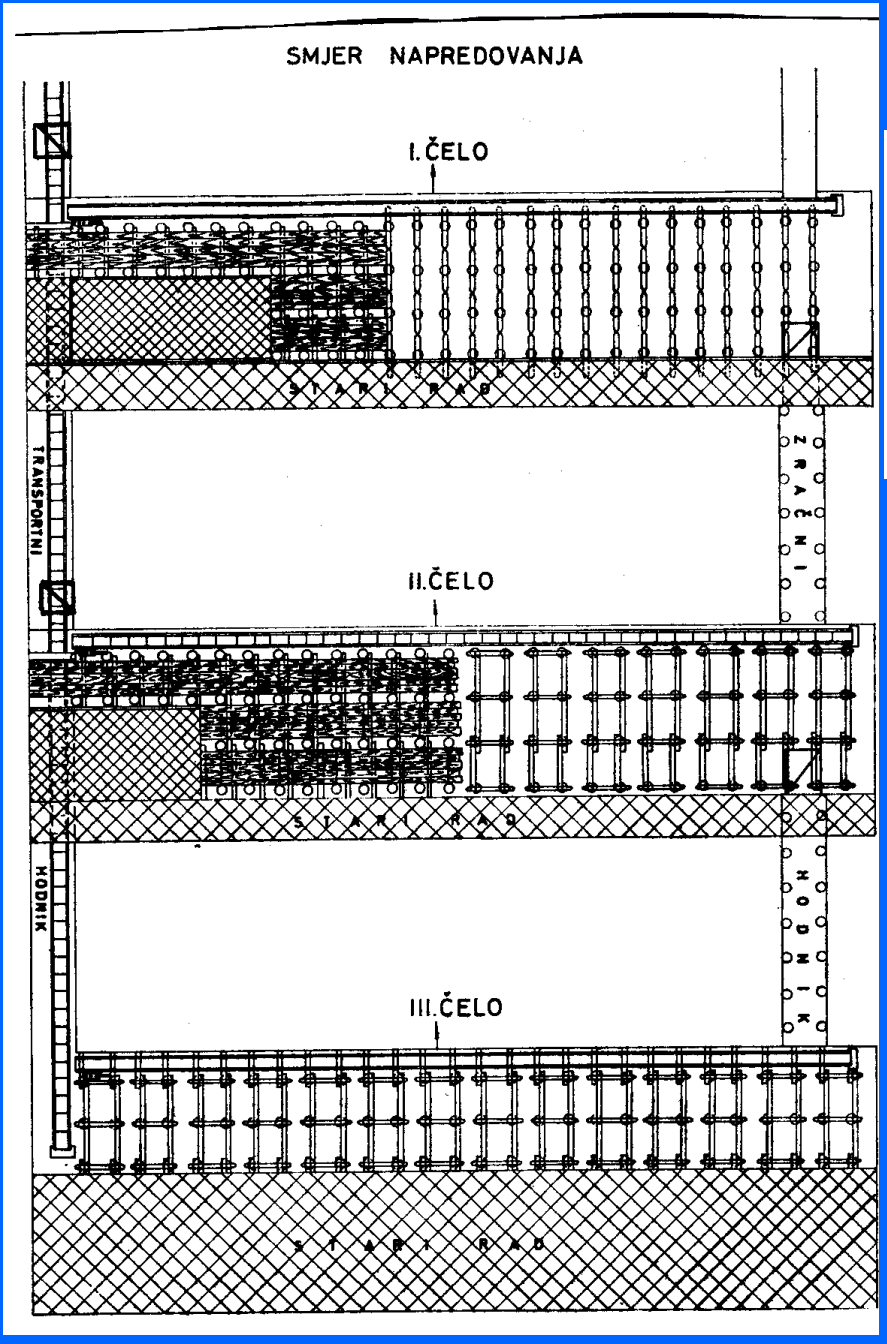


Slika 7.118 **Klasična širokočelna metoda u debelim ugljenim slojevima - rudnik Kreka, (BiH)**

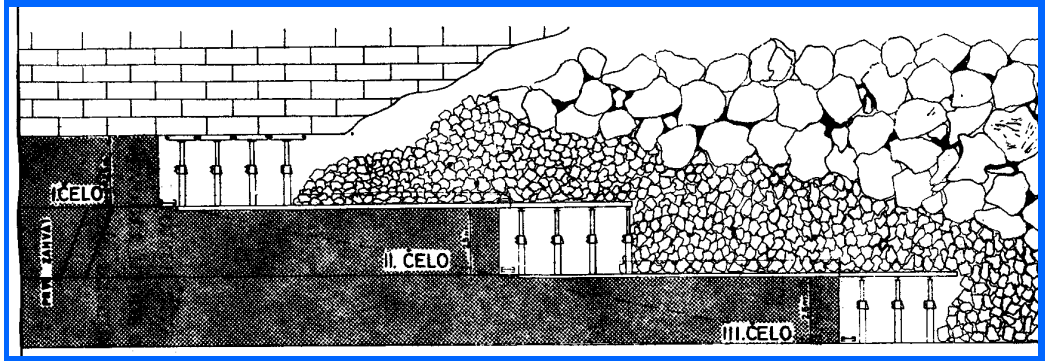
a - priprema ***b - otkopavanje***



Slika 7.119 **Klasična širokočelna metoda u moćnijim ugljenim slojevima - rudnik Kanjižarica, Slovenija**



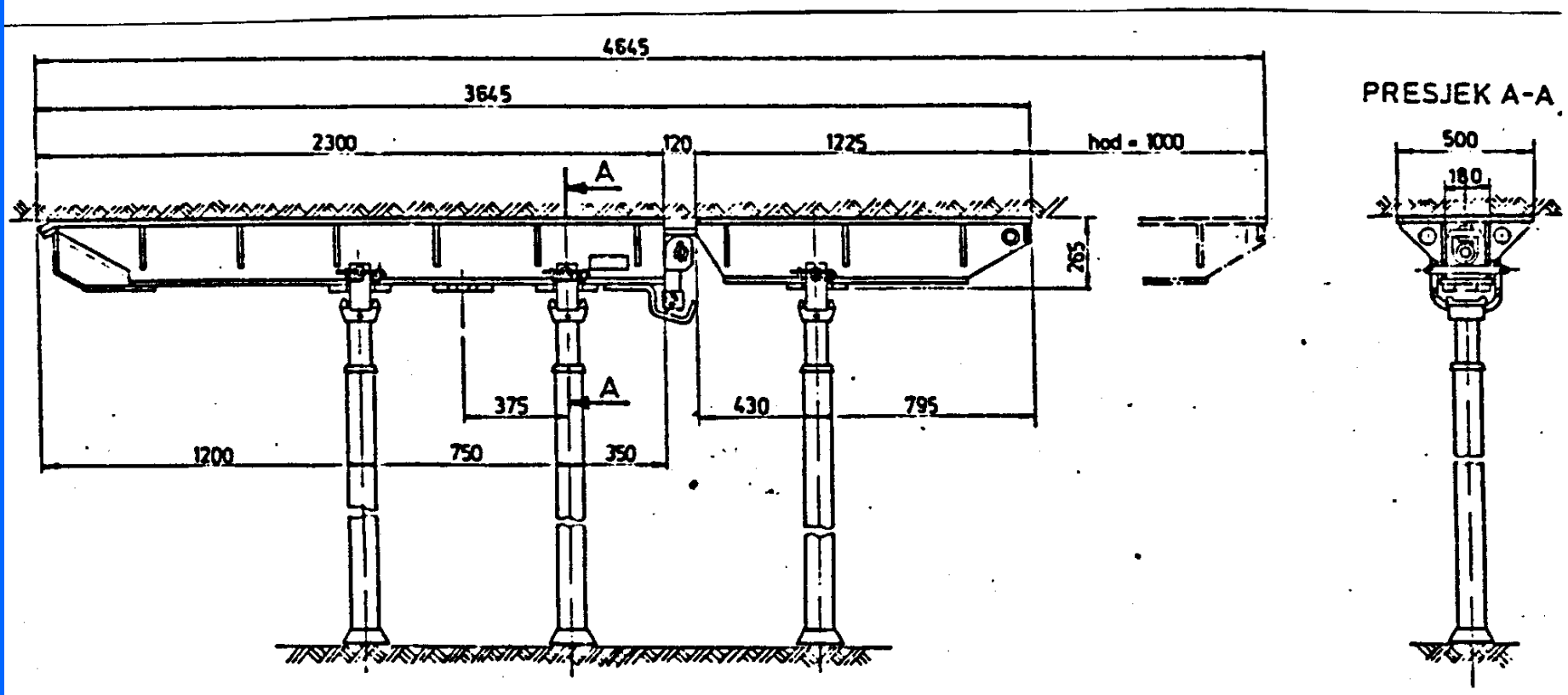
Tlocrt



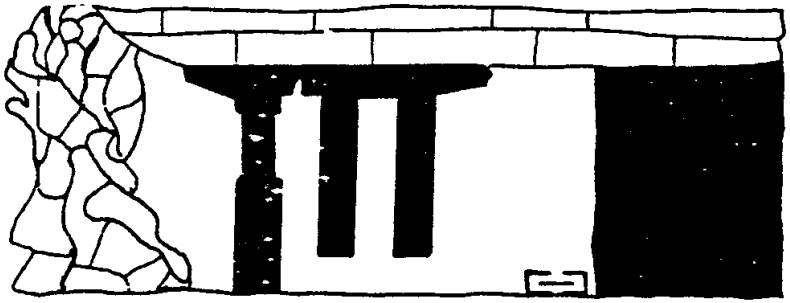
Presjek

Slika 7.120 **Radinska otkopna metoda - otkopavanje debljeg sloja u više etaža**

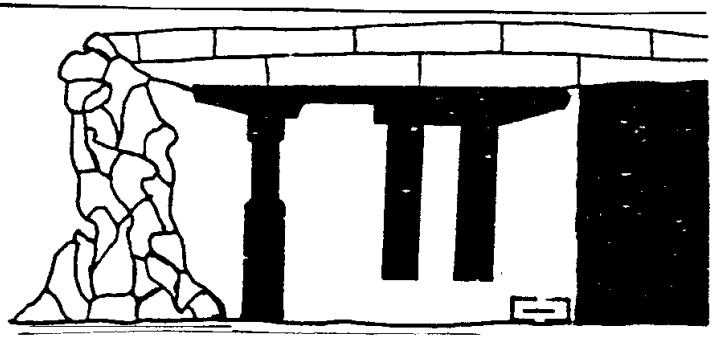
7.5.4.4. Širokočelni otkopi s hidrauličnom koračajućom podgradom



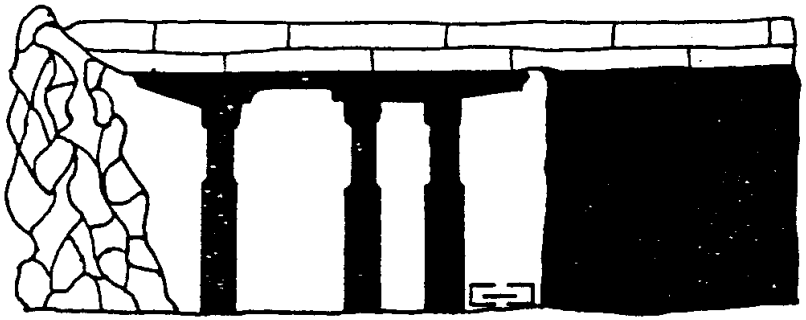
Slika 7.121 **Koračajuća hidraulična podgrada "Salzgitter" (Njemačka)**



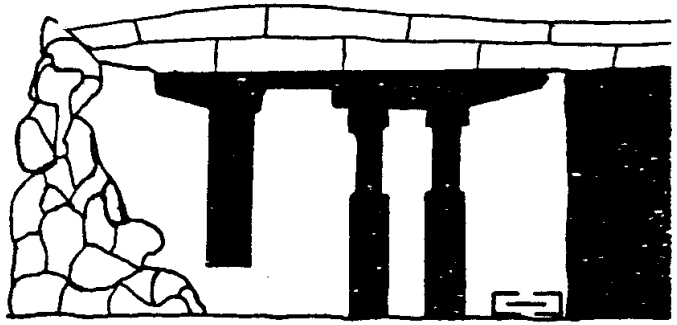
1. PODIZANJE DVA PREDNJA STUPCA



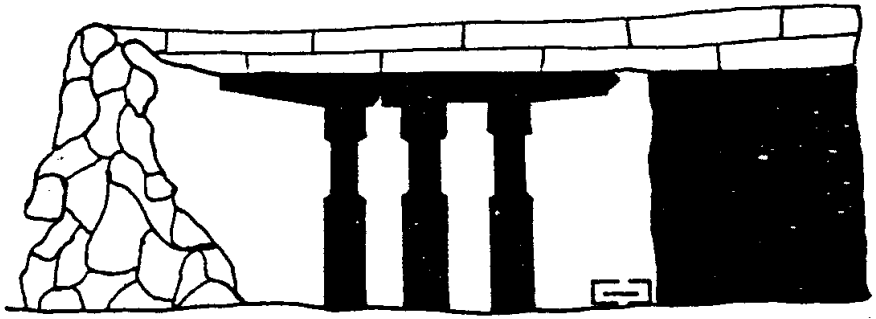
2. POMICANJE PREDNJE GREDE SA STUPCIMA



3. ZATEZANJE PREDNJIH STUPACA

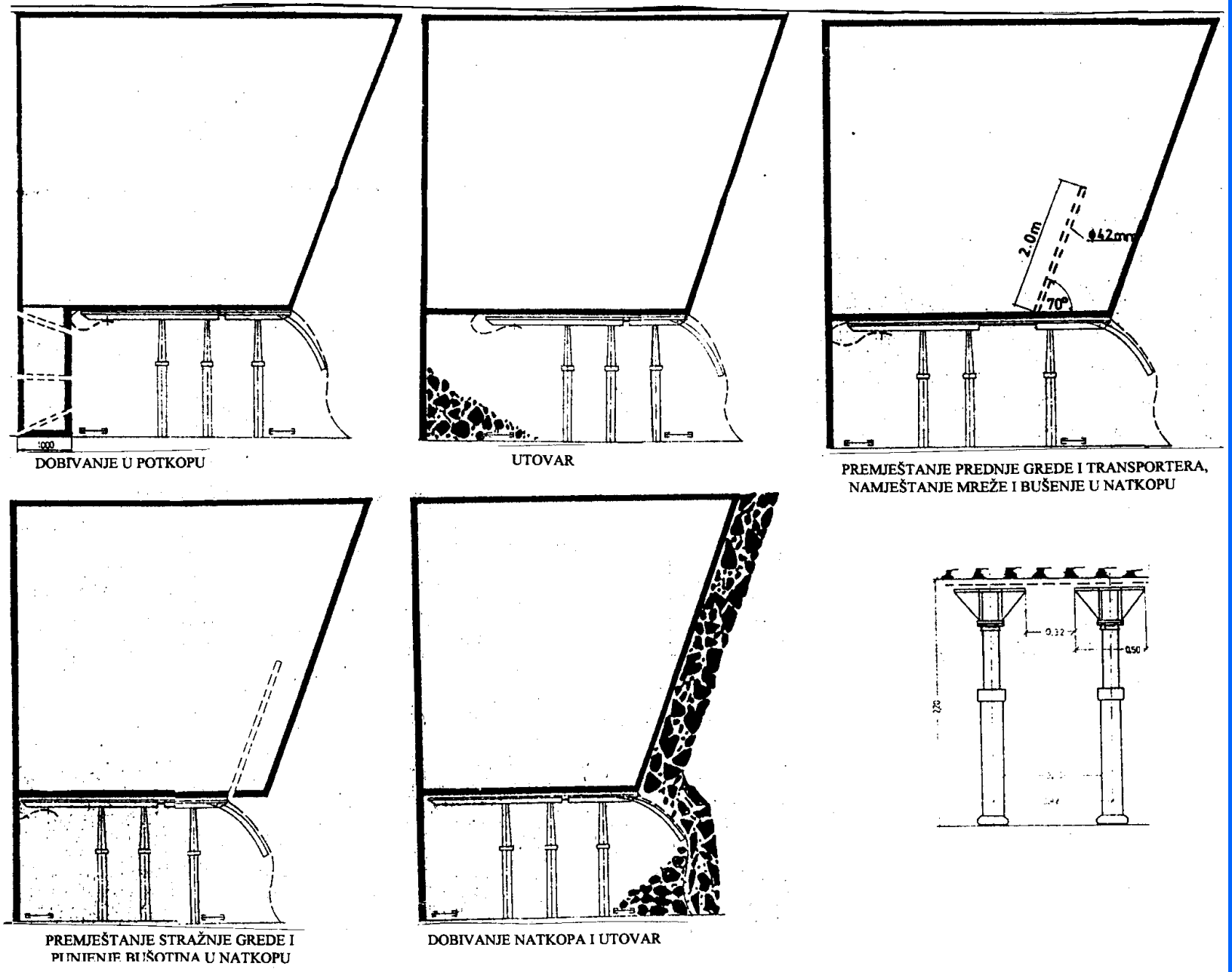


4. PODIZANJE ZADNJEG STUPCA



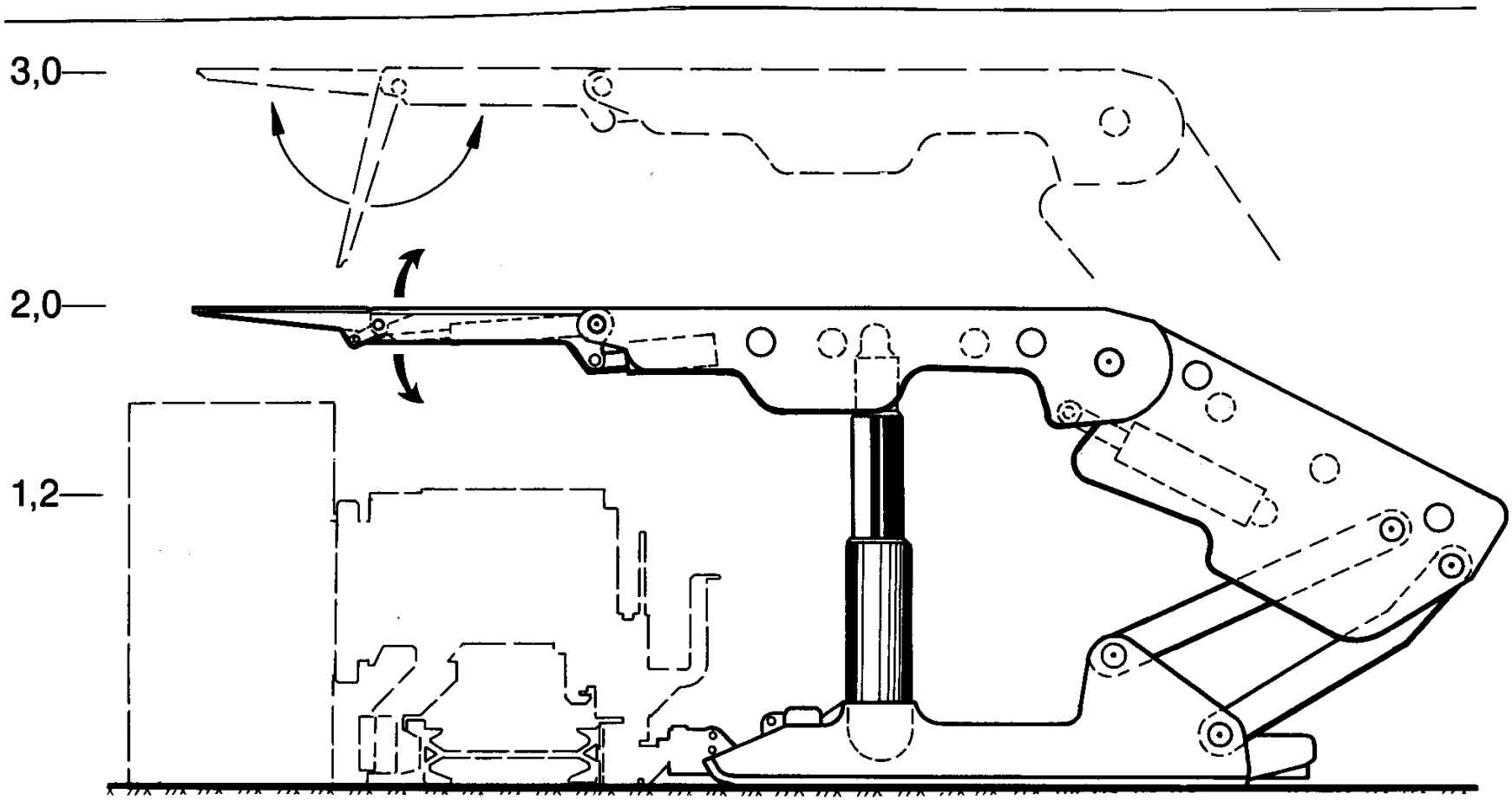
5. POVLAČENJE ZADNJE GREDE I ZATEZANJE STUPCA

Slika 7.122 **Premještanje hidraulične koračajuće podgrade**

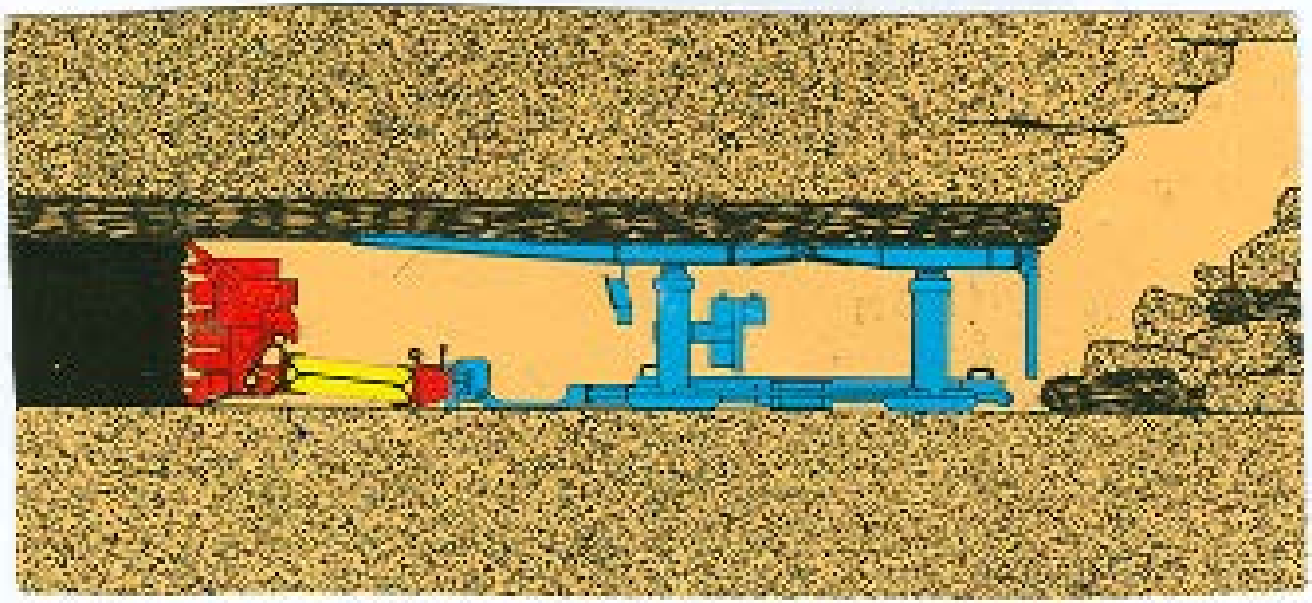


Slika 7.123 **Klasična širokočelna metoda s koračajućom hidrauličnom podgradom - vertikalna koncentracija**

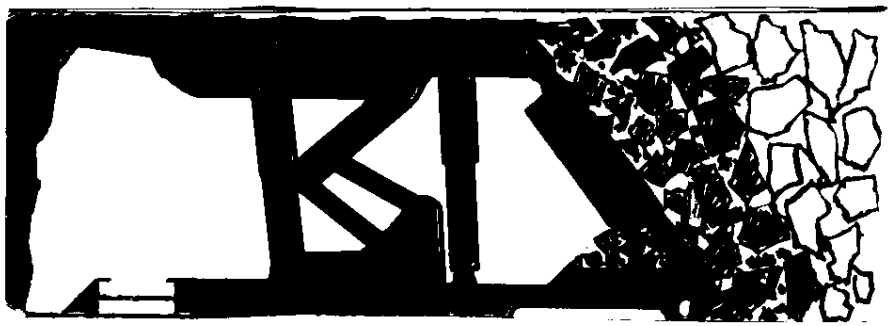
7.5.4.5. Širokočelne otkopne metode s primjenom kompleksne mehanizacije

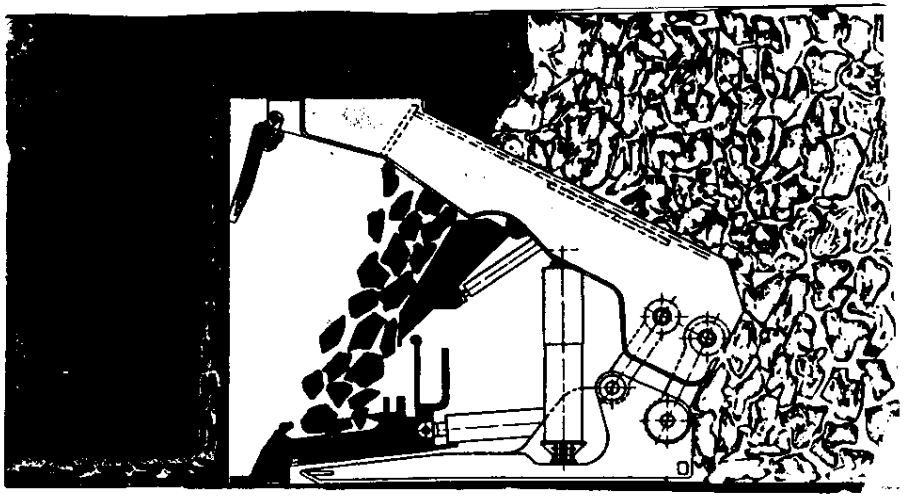


Slika 7.124 Štitna podgrada tvornice "Becorit", (Njemačka)



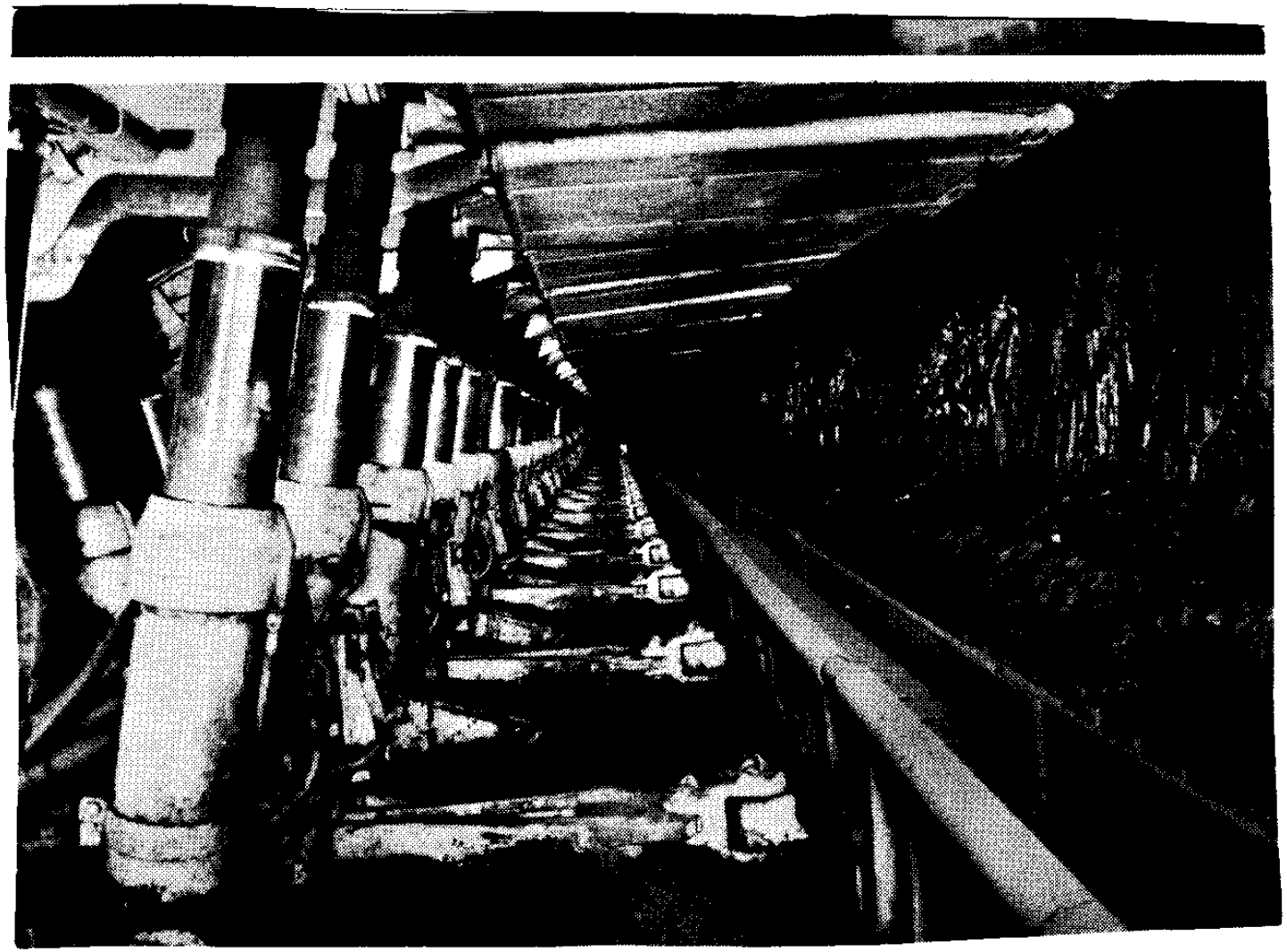
Slika 7.125 Slog podgrada s plugom tvornice "Thyssen", (Njemačka)



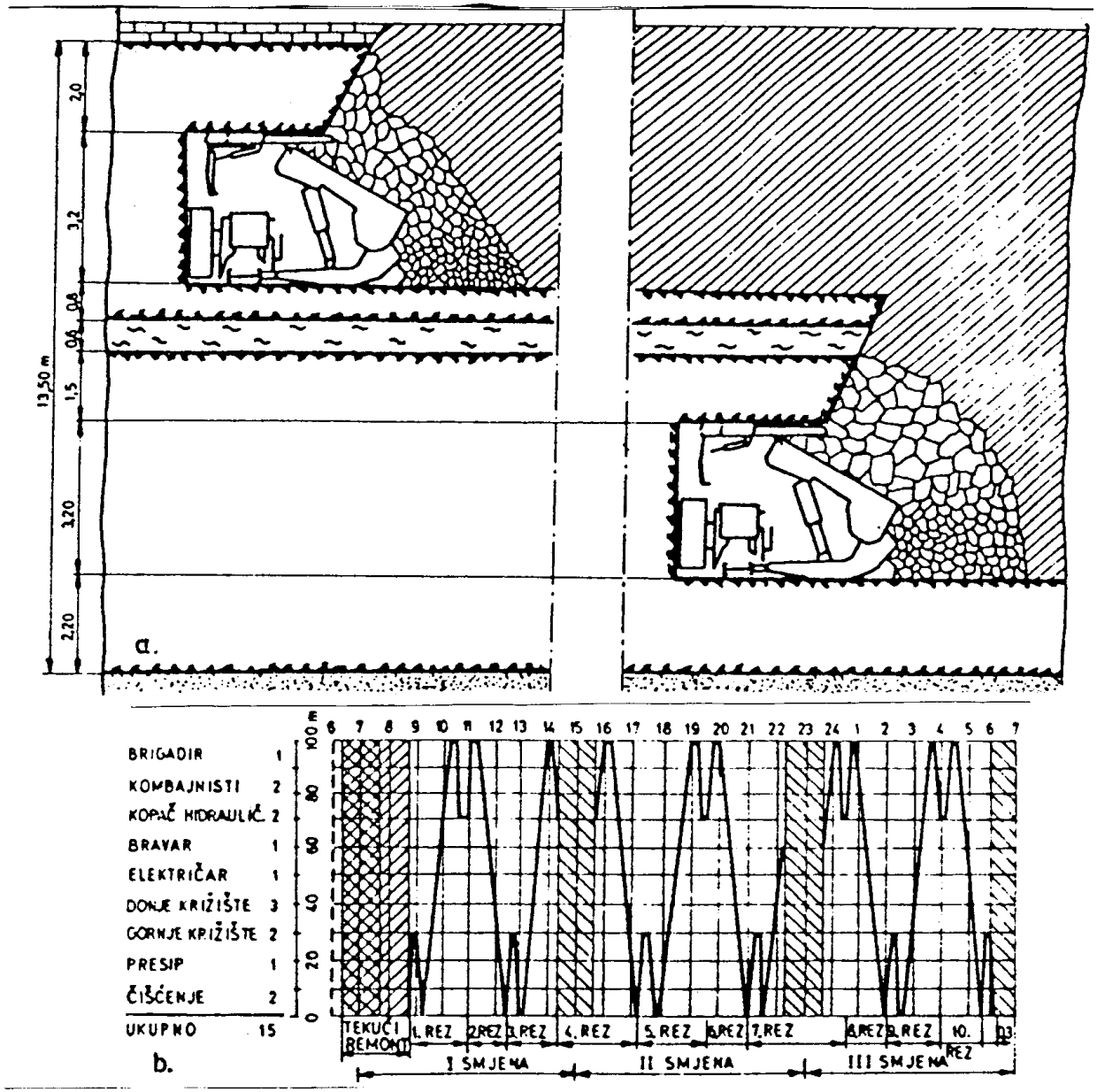


Slika 7.126 **Metoda vertikalne koncentracije**

a - s dva transportera ***b - s jednim transporterom***

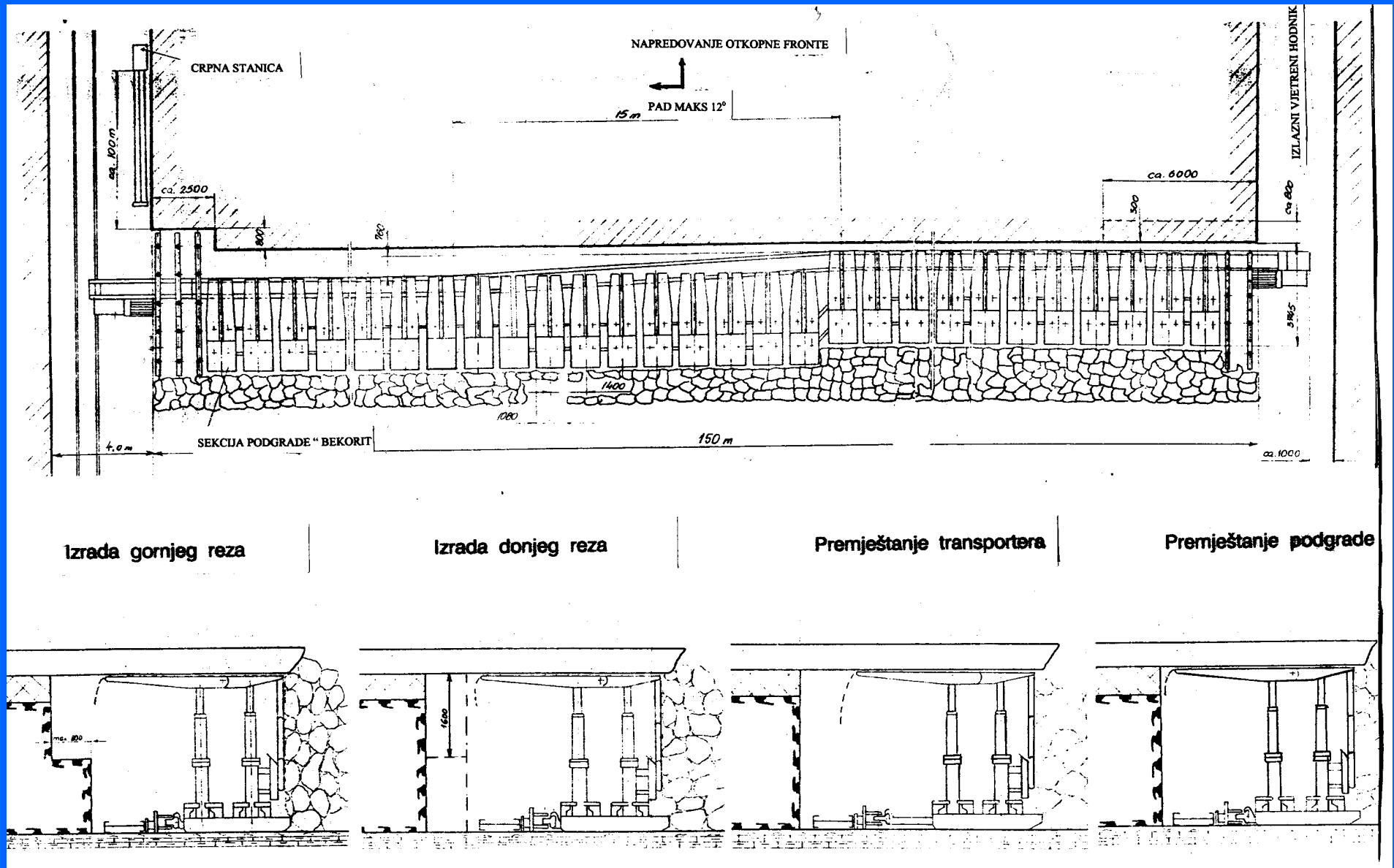


Slika 7.127 Širokočelni otkop sa samohodnom hidrauličnom podgradom (SHP)

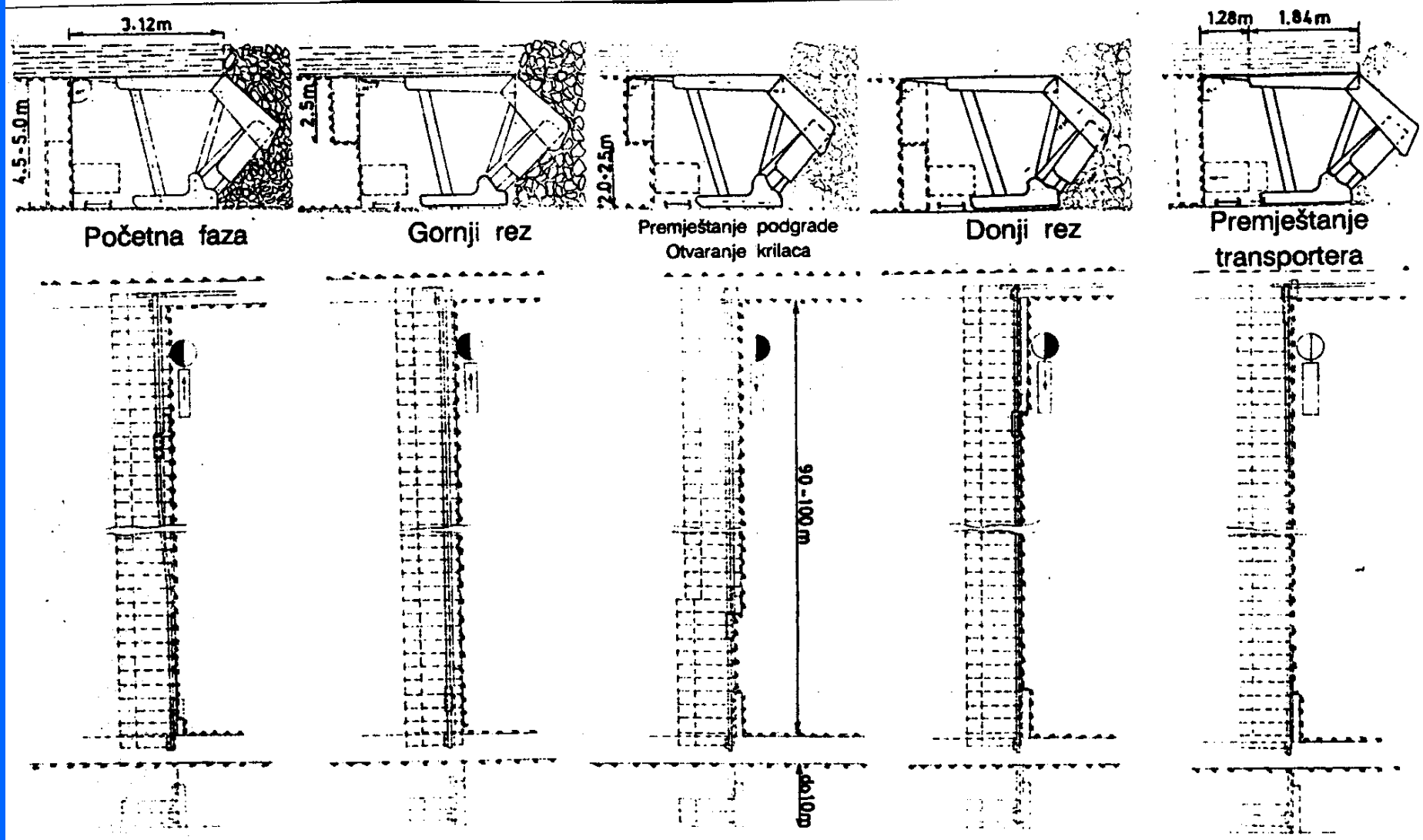


Slika 7.128 **Širokočelni otkop s kompleksnom mehanizacijom -horizontalna koncentracija, jama "Bukinje", krekanskli bazen, BiH**

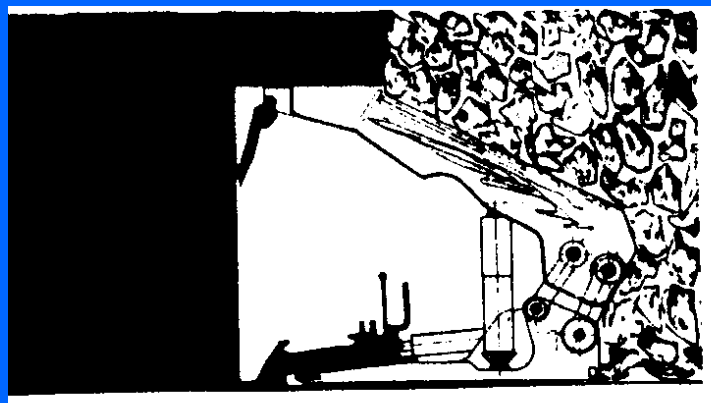
a - dvoetažno otkopavanje ***b - planogram rada kombajna***



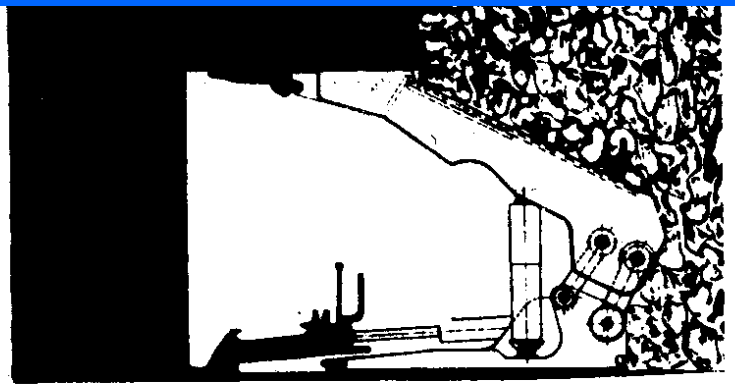
Slika 7.129 **Širokočelni otkop sa kompleksnom mehanizacijom - horizontalana koncentracija, jama 'Stara jama', Kakanj**



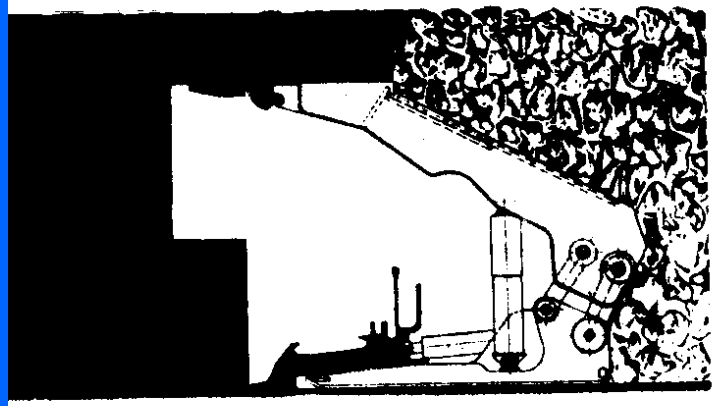
Slika 7.130 **Faze rada na širokočelnom otkopu povećane visine**



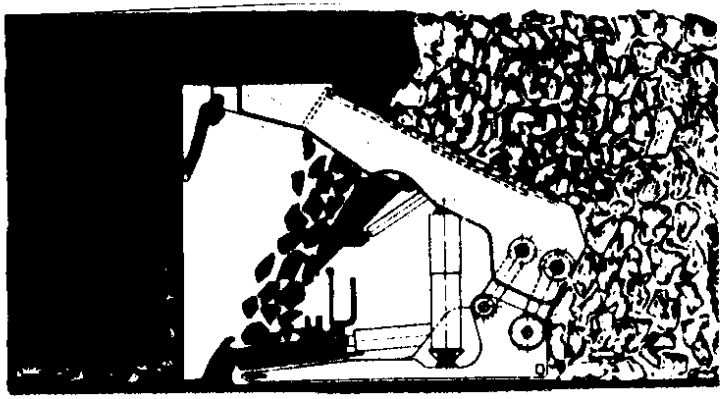
Početna faza



Izrada donjeg reza,
i izvlačenje transportera

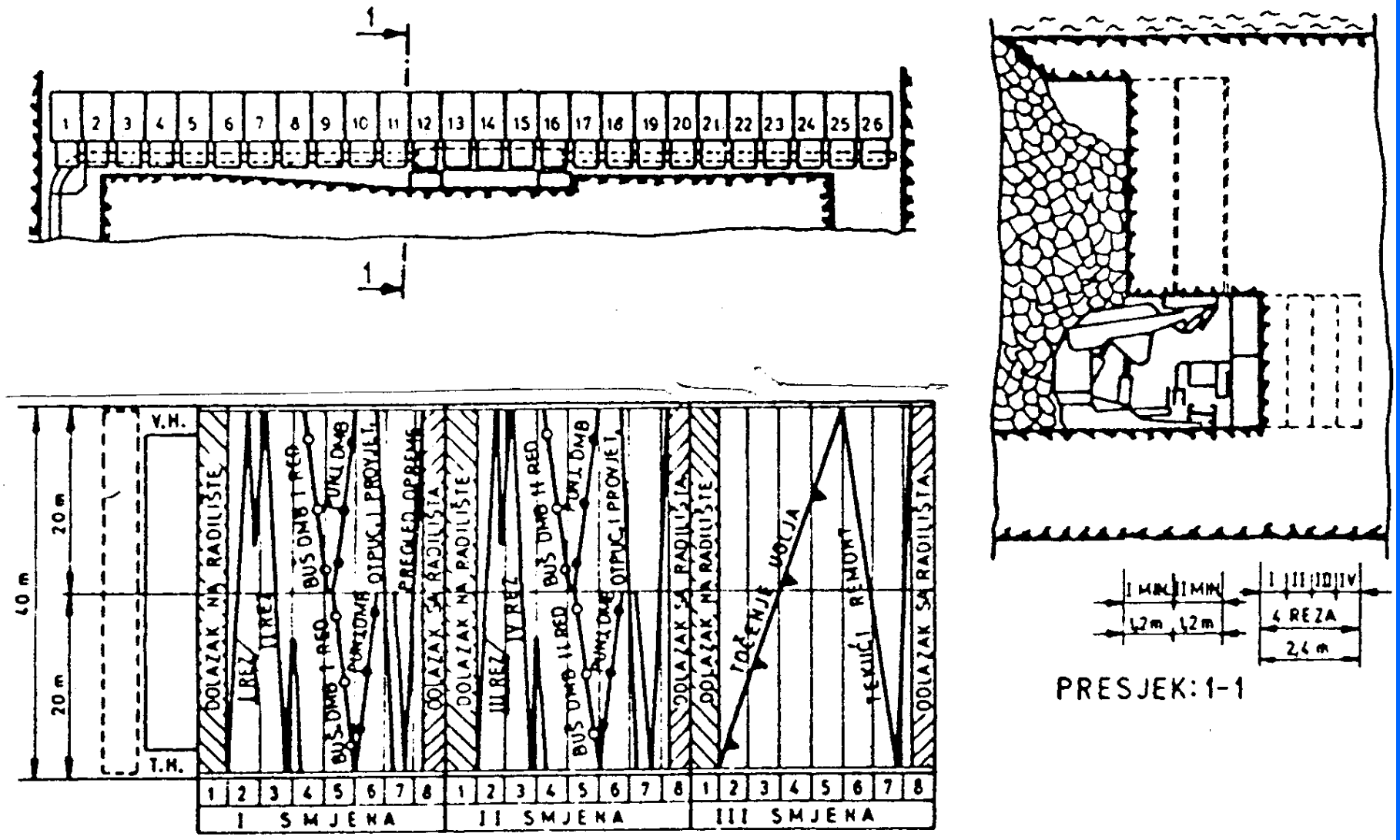


Izrada gornjeg reza,
izvučen produžetak grede

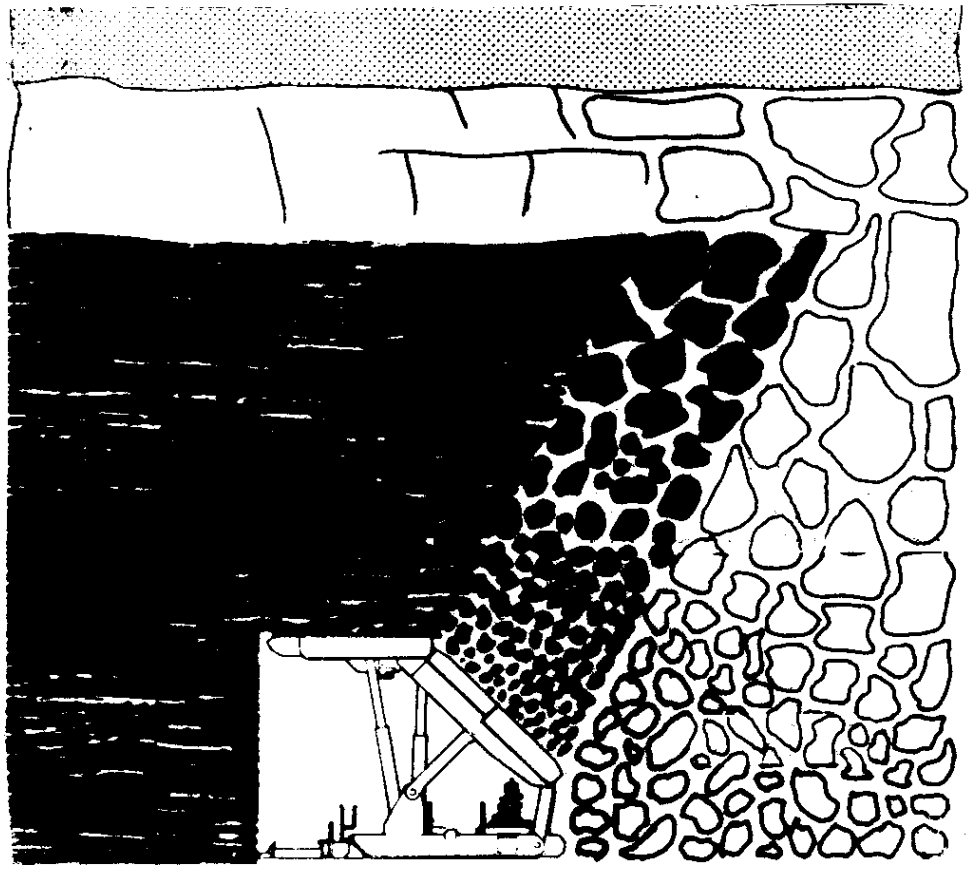


Podgrada premještena,
ispuštanje ugljena iz natkopa

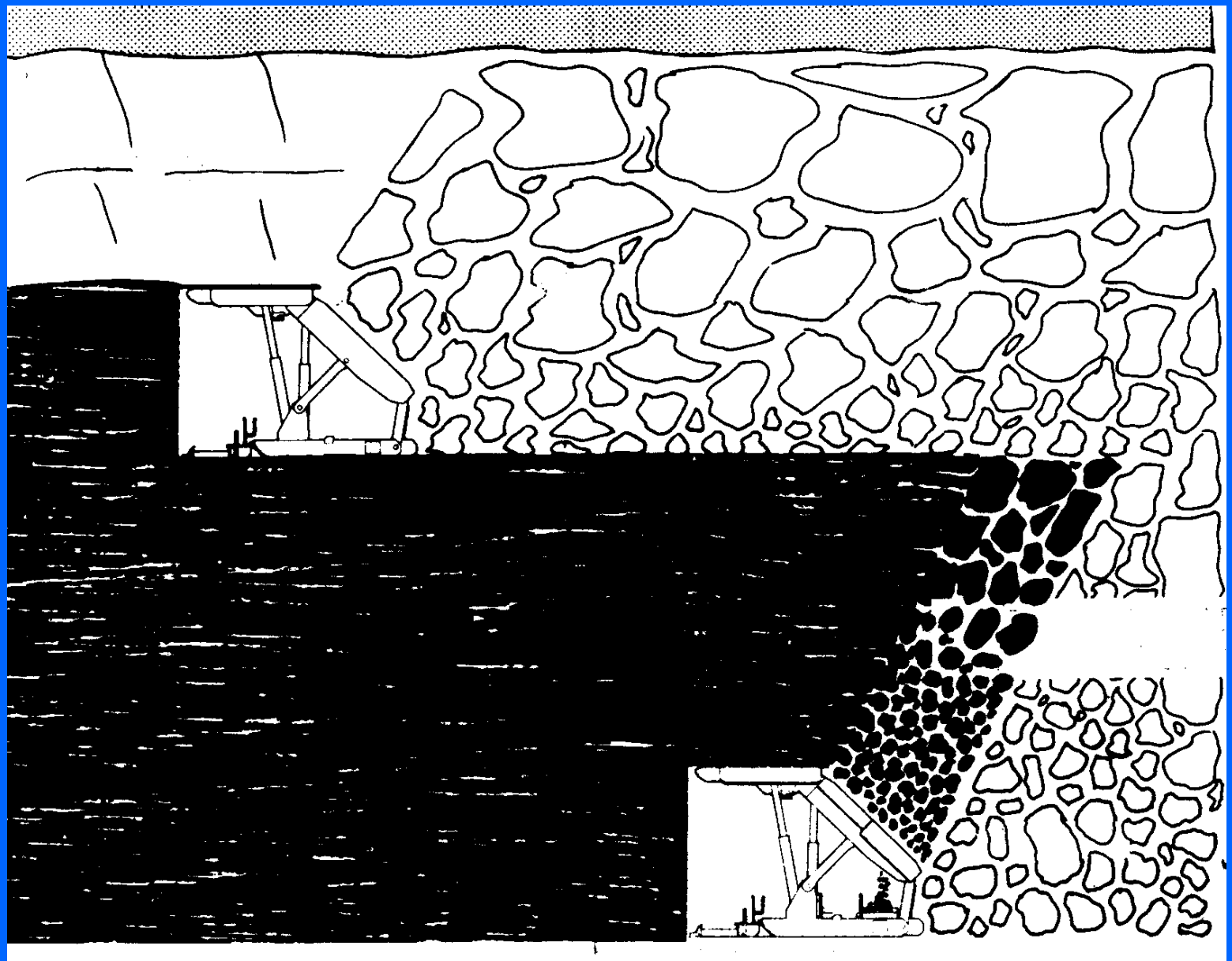
Slika 7.131 Tehnološke faze - vertikalna koncentracija s jednim transporterom



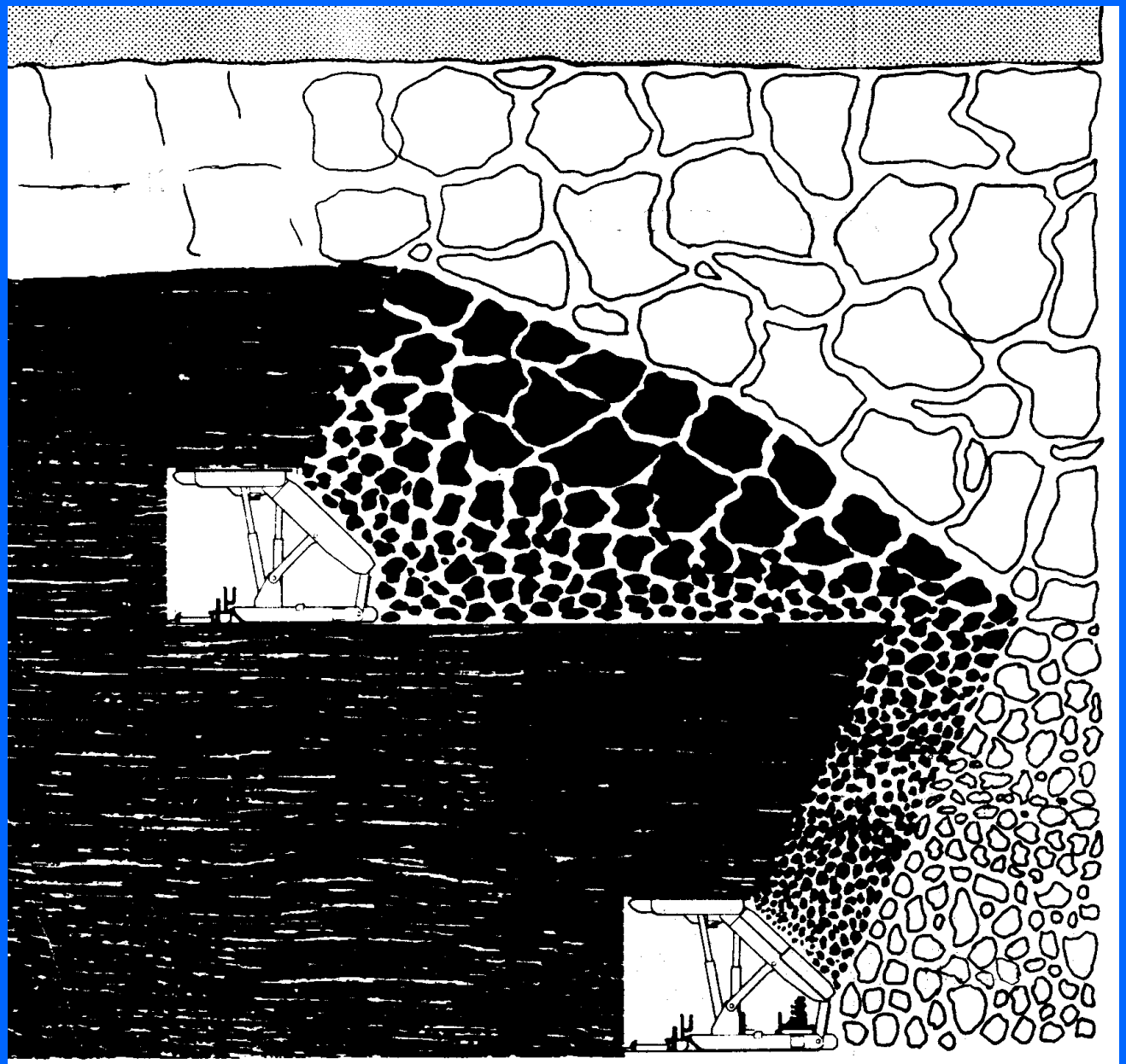
Slika 7.132 **Širokočelna otkopna metoda - vertikalna koncentracija, jama "Mramor", krekanski bazen, BiH**



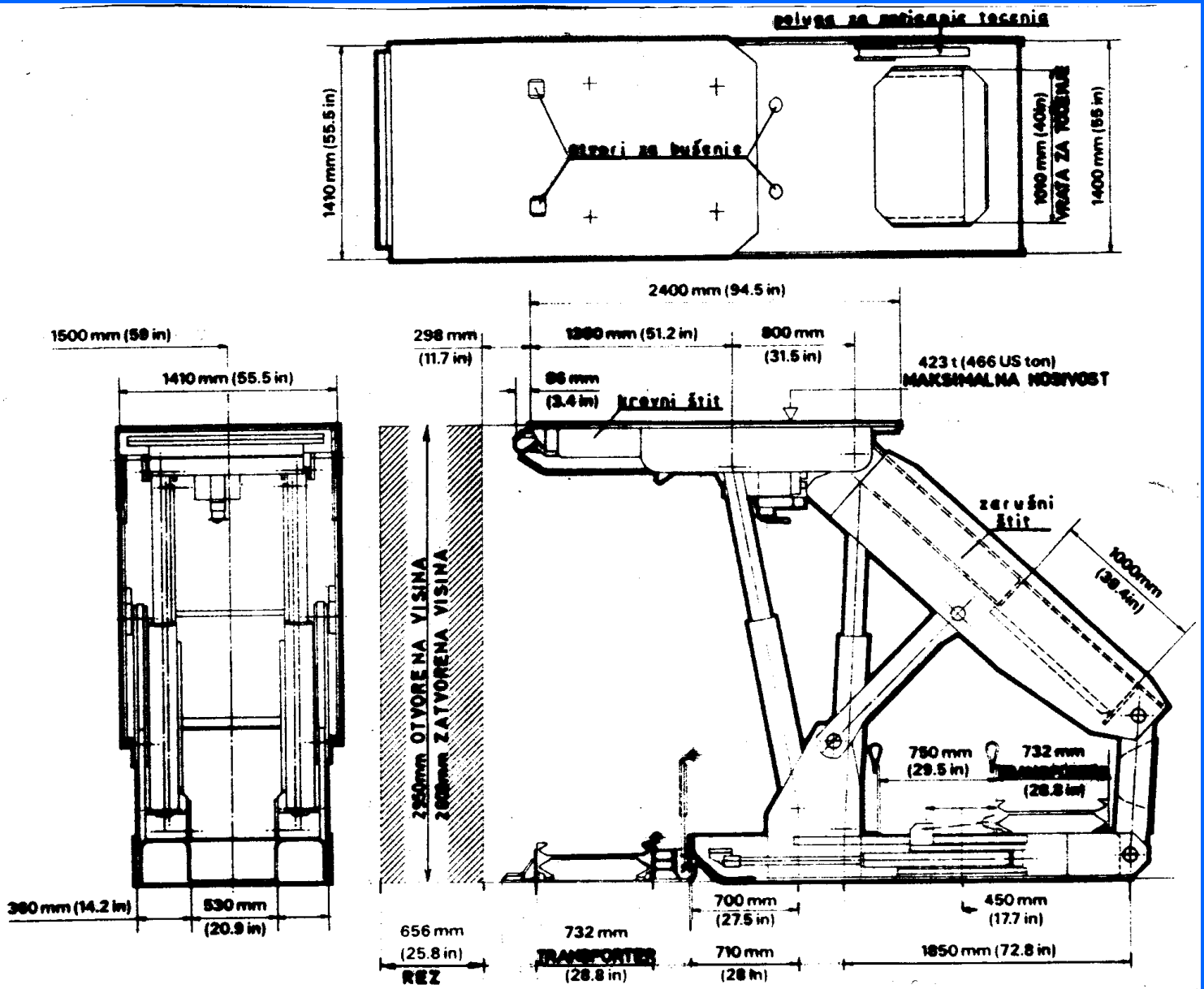
Slika 7.133 Osnovni princip vertikalne koncentracije ("sublevel")



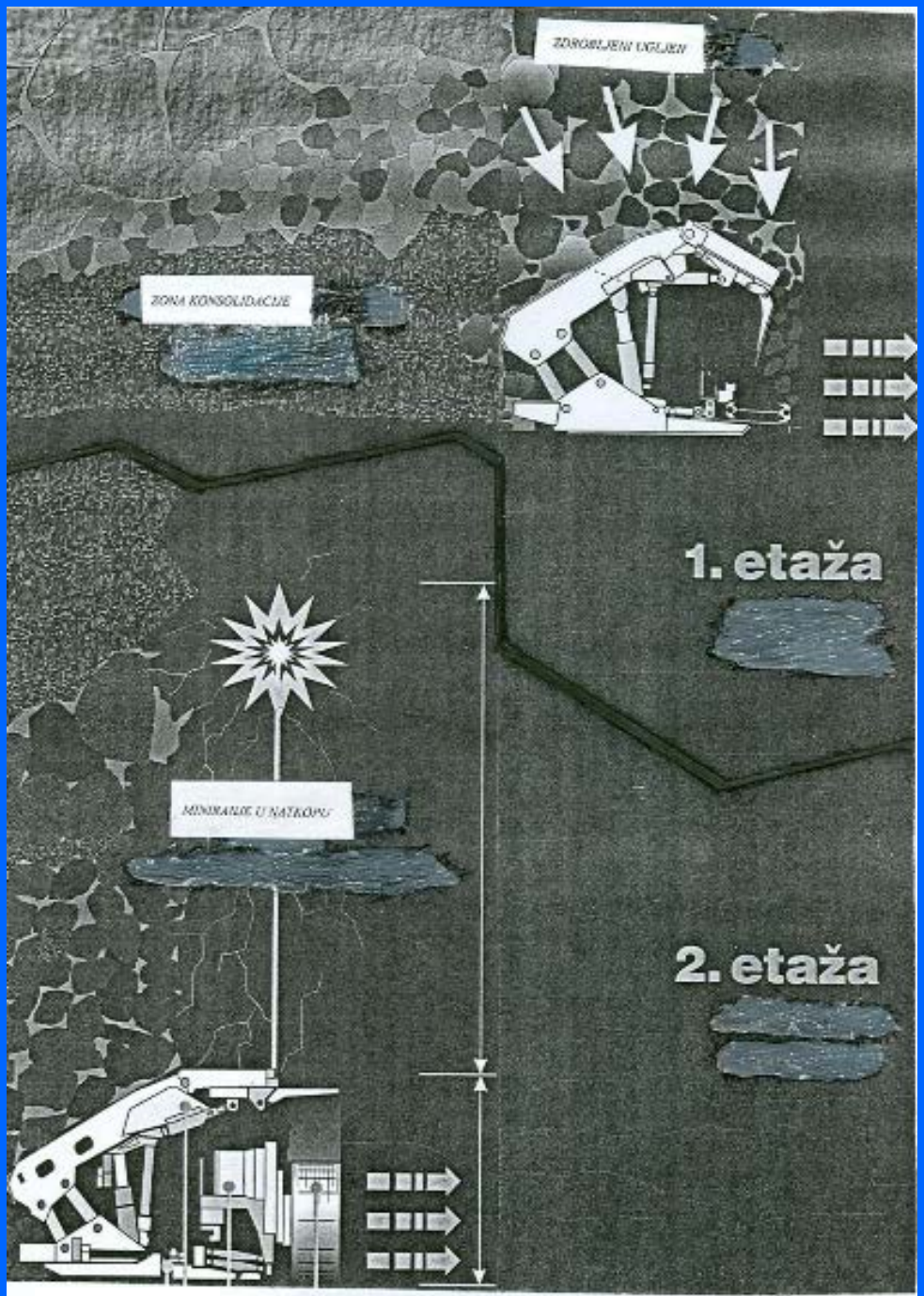
Slika 7.134 Varijanta vertikalne koncentracije ("sublevel") s dvije etaže



Slika 7.135 Varijanta vertikalne koncentracije za debele slojeve



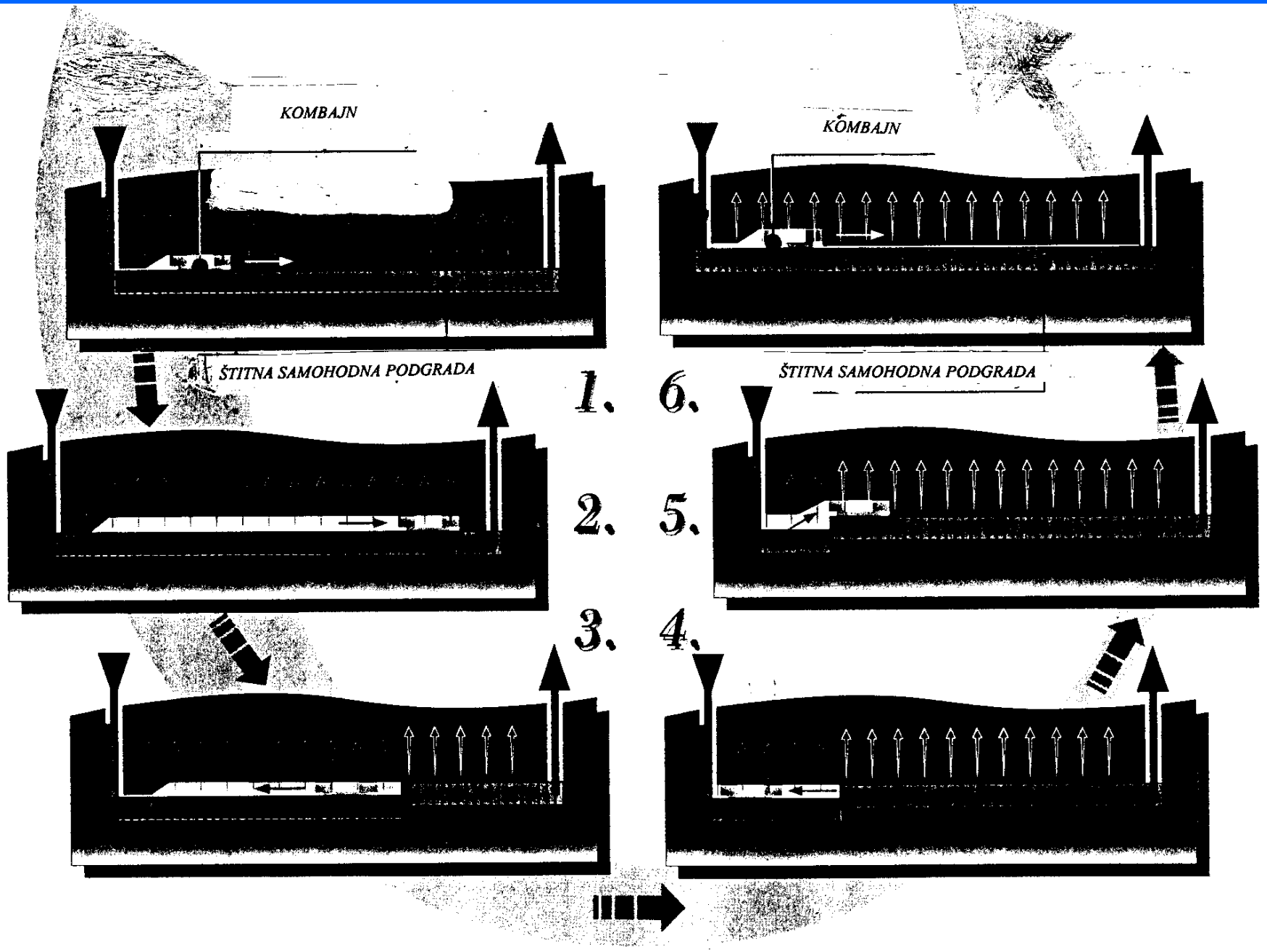
Slika 7.136 Štitna hidraulična podgrada tvornice 'Dowty', Engleska, za vertikalnu koncentraciju



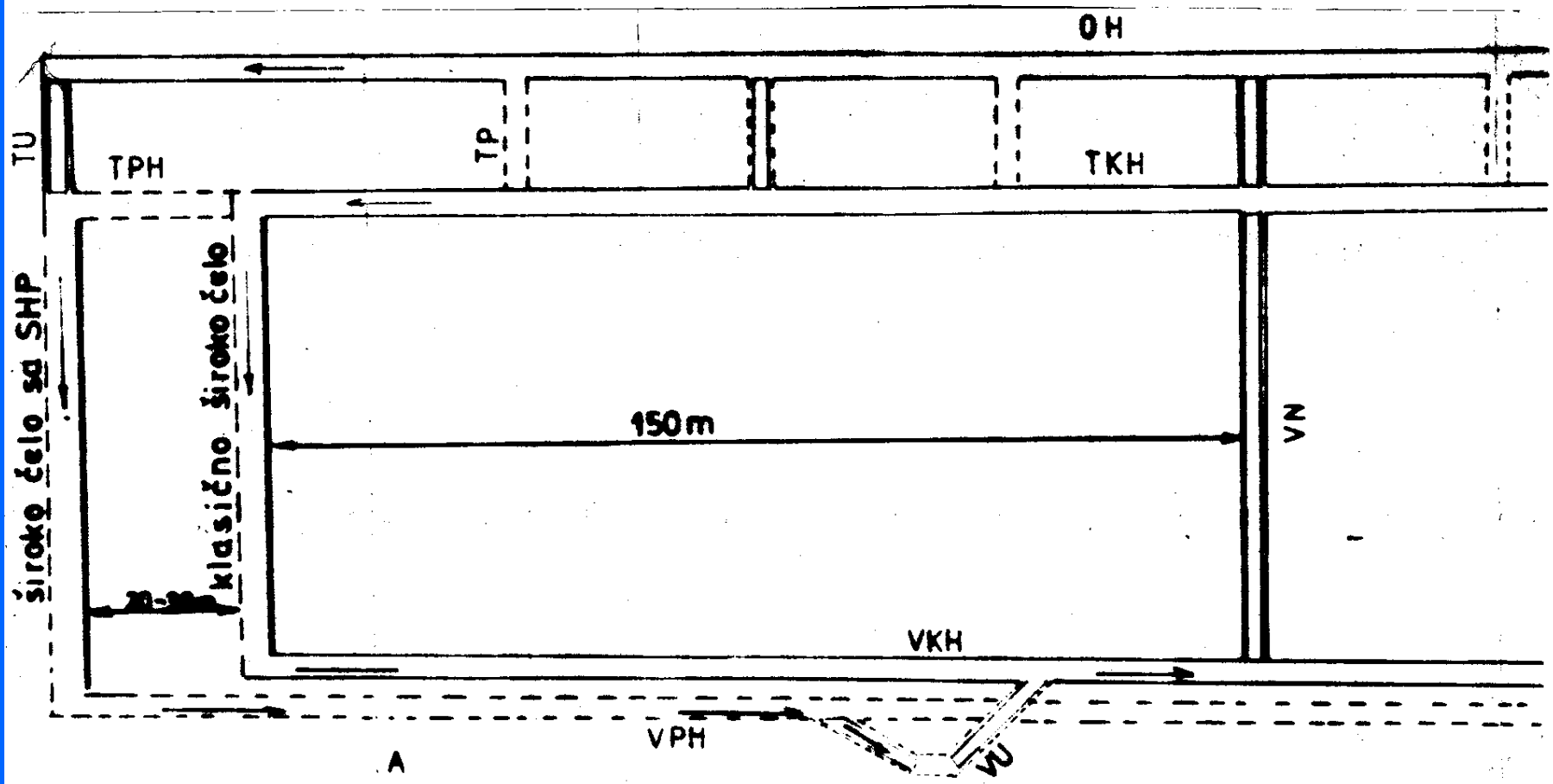
Slika 7.137 Velenjska otkopna metoda - otkopavanje u dvije etaže [47

Parametri širokočelnog otkopa:

- otkopna visina	10–20 m
- dužina	90–130 m
- proizvodnja otkopa	3000–10000 t/dan
- posada otkopa	55–65 nadnica/dan (18–22 nad/smjeni)
- produktivnost	30–90 t/dan

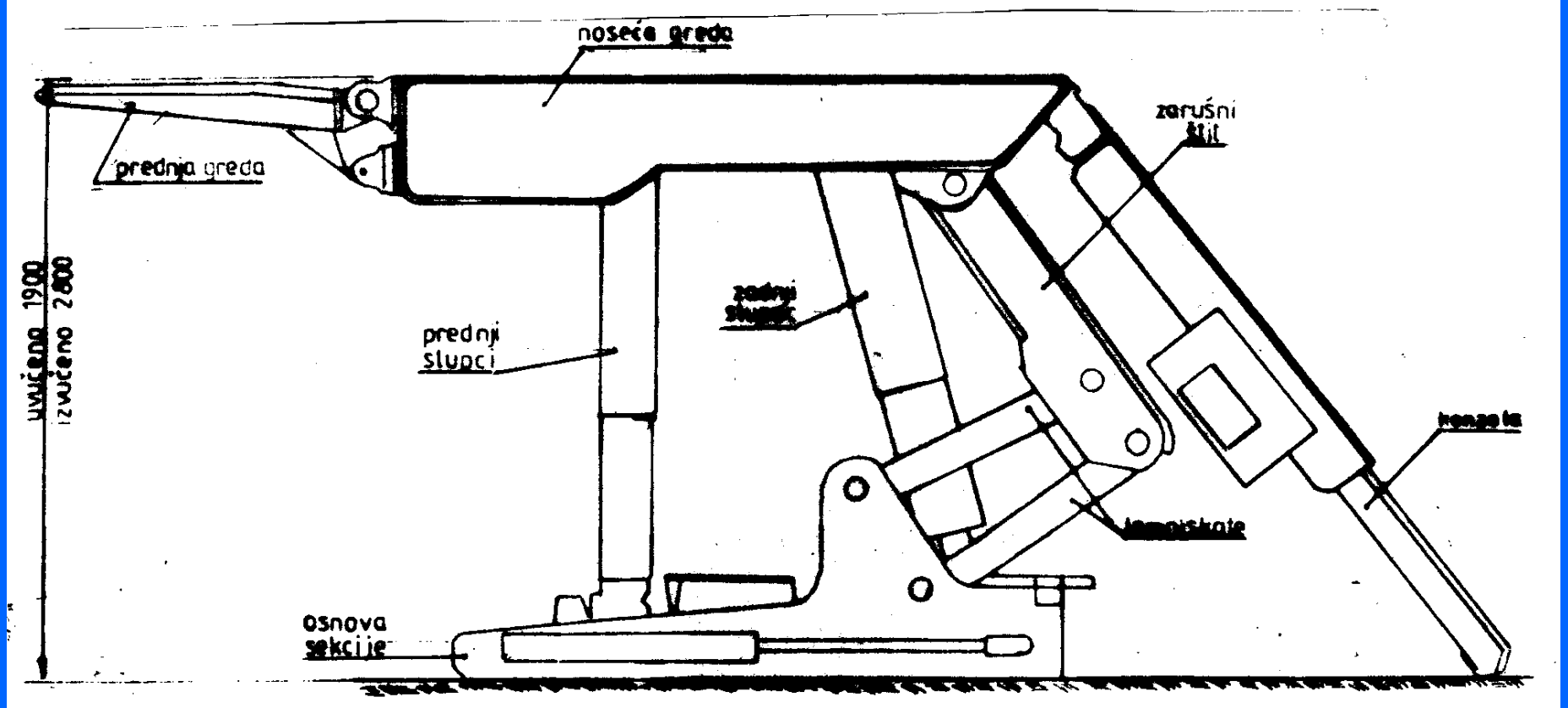


Slika 7.138 **Shema dobivanja i napredovanja otkopne fronte**

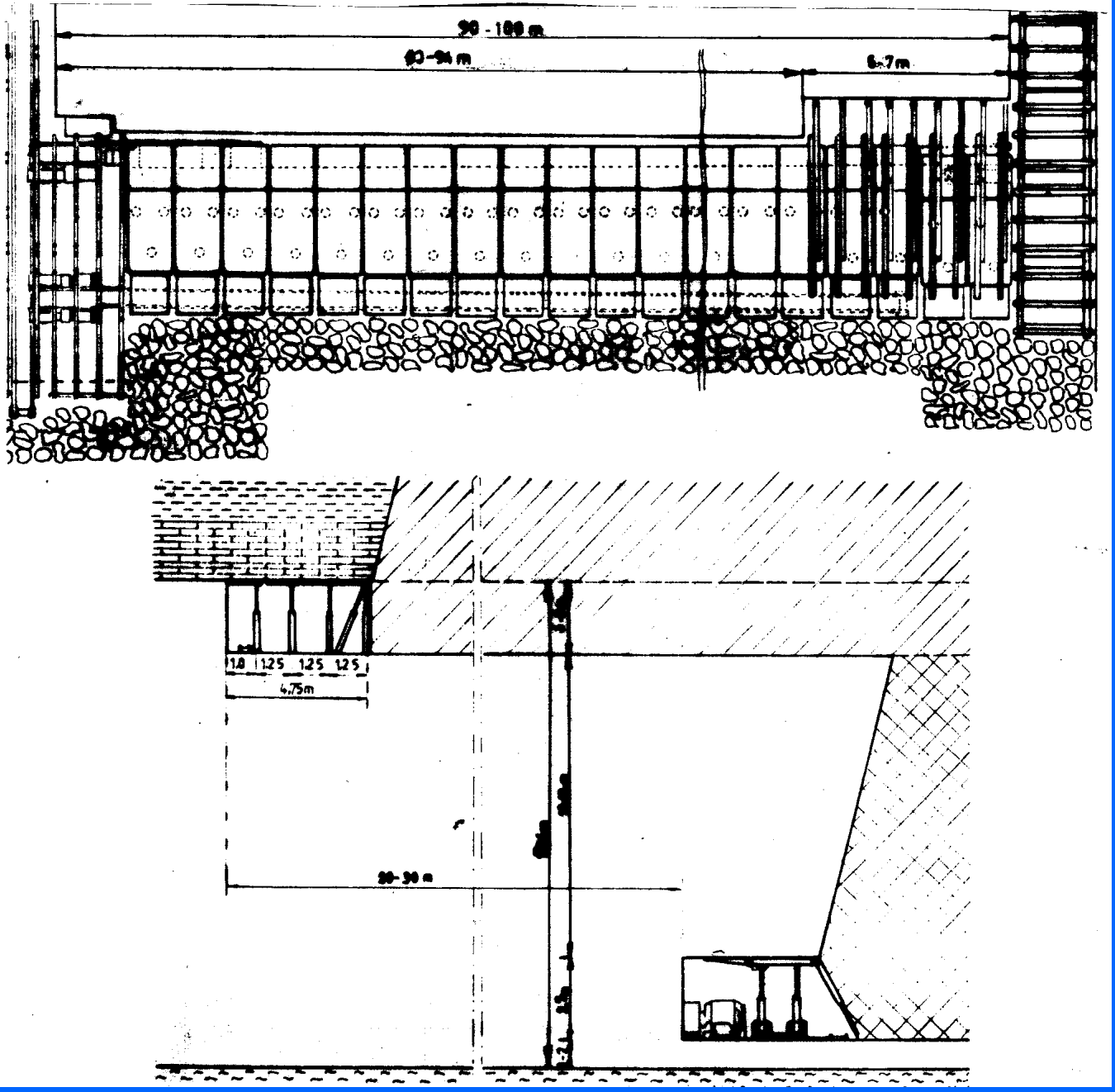


OH - Transportni hodnik
TP - Transportni prekop
TPH - Transportni podinski prekop
TU - Transportni uskop
VN - Ventilacijski niskop
VKH - Ventilacijski krovinski hodnik
VPH - Ventilacijski podinski hodnik
VU - Ventilacijski uskop

Slika 7.139 Priprema dvoetažnog širokočelnog otkopavanja, jama "Fajtovci", Kamengrad



Slika 7.140 Samohodna hidraulična podgrada tvornice "Hemscheidt" (Njemačka)



Slika 7.141 Širokočelna metoda otkopavanja - vertikalna koncentracija, jama "Fajtovci", Kamengrad, (BiH)