

E 93

**Strokovno mnenje za izvedbo  
zemeljskih del na cesti  
GOZDEC – KRNICA  
(prof. 816 – 836)**

El. 93.

Dxj. 383.3

**Biotehniška fakulteta**

**Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije**

**STROKOVNO MNENJE ZA IZVEDBO ZEMELJSKIH DEL  
na cesti Gozdec - Krnica na odseku med profili 816-836**

**SANACIJA NASIPNE BREŽINE PRI POSTAJI B**

**SANACIJA NASIPNE BREŽINE PRI HUDOURNIKU "KRNIČAR"**

**Ljubljana, avgust 1973**

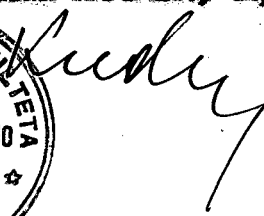
**Sestavil:**

**Andrej DOBRE, dipl. ing. gozd.**



**Director:**

**Milan KUDER, dipl. ing. gozd.**





## STROKOVNO MNENJE ZA IZVEDBO ZEMELJSKIH DEL

na cesti Gozdec - Krnica na odseku med profili 816-836

Na področju Kanina gradi Alpski turistični center Bovec obsežni sistem žičnic. Gondolska žičnica povezuje dolino Soče pri Bovcu s Kaninskim pogorjem, kjer se razprostirajo visokogorska smučišča in kjer je predviden smučarski center s spletom žičnic. Od srednje postaje gondolske žičnice (postaja B na višini 980 m) je projektirana cesta do spodnje postaje smučarske vlečnice v dolini Krnica na višini 1300 m.

Cesta je predvidena s širino planuma 40 m s tem, da je utrjeno vozišče široko 30 m, kar zadostuje ko t enotračni prometni pas za varno vožnjo motornih vozil pri računski hitrosti 25 km na uro. Na ugodnih in preglednih odsekih trase bodo zgrajena izogibaljšča. Predvideva se, da bo po cesti potekal predvsem lahek promet (osebni avtomobili, kombiji), le izjemoma tudi težji (kamioni, avtobusi). Zaradi strmega terena je vozišče na pretežnem delu trase položeno v raščena tla, kar daje cestišču večjo stabilnost.

Trasa ceste na svoji poti od postaje B do doline Krnica nujno prečka geološko prelomnico, ki se vleče iz podnožja pogorja pri hudourniku "Krničar" tja proti samemu visokogorskemu platoju. Pri trasiranju je bila izbrana kot najbolj ugodna tista varianta, ki geološko prelomnico prečka po skalnati polici, kar omogoča premostitev izredno težko terensko oviro brez dragih izvedb v obliki predora ali galerije.

Prav na tem najtežjem odseku se cesti pridruži še smučarska pot, ki povezuje smučišča v Krnici s srednjo postajo gondolske žičnice. Združitev ceste in smučarske poti na enem planumu je v teh terenskih razmerah edino smotrna in racionalna.

### Širina planuma na odseku med profili 816-836

Na odseku med profili 816-836, kjer trasa v dolžini 238 m poteka preko skalnate prelomnice, mora širina planuma zadovoljiti dveh zahtevam:

1. širini potrebnega cestišča za promet z motornimi vozili,
2. širini smučarske poti za varen prehod smučarjev preko naravne ovire.

Širina planuma za potrebe cestišča je izbrana na osnovi širine merodajnega vozila, varnostnega pasu na obeh straneh kolotečine ter širine hodnika in koritnice. Za obravnavano cesto je širina planuma določena 40 m.

Za določitev potrebne širine planuma za potrebe smučarske poti pa nimamo nobenih oprijemljivih pokazateljev. Ker se v zimskem času pri visokem snegu ne predvideva pluzenje ceste, torej ni predviden promet motornih vozil v času smučarske sezone, se celotno cestišče lahko izkoristi za smučarsko pot. Vendar ta širina planuma (40 m) z odbitkom najmanj 0,5 m kot varnostni pas ob skalnati brežini in 0,5 m za pas za grajo, torej koristne širine ostane največ 30 m, ne zadostuje za varno vožnjo smučarjev.

Za smučarske proge s pomočjo teoretičnih obrazcev lahko izračunamo okvirno širino potrebnega pasu, ki še omogoča varno spuščanje smučarjev. V obrazcih upoštevamo nagib terena in povprečne sposobnosti smučarjev, ki jih izrazimo s prevoženo višinsko razliko smučišča v eni uri. Smučarske proge (smučišča) pripravljamo na terenih s 10 - 70% nagiba. Teren z manjšim nagibom kot je 10% po smučarskih kriterijih spada izven kategorije smučarskih prog. Obravnava se le kot prehodni teren, ki s smučarsko potjo ali stezo povezuje dvoje smučišč z večjim nagibom. Na terenu pod 10% nagiba pri normalnih snežnih razmerah ni mogoče vijugati, ker to onemogoča premajhna hitrost.

Na obravnavanem odseku ima trasa podolžni nagib le 6%, torej spada izven kategorije za smučarske proge. Potek trase omogoča izvedbo smučarske poti brez možnosti vijuganja pri normalni strukturi snega. Upoštevati pa je potrebno tudi neugodne snežne razmere. Moker sneg zmanjšuje hitrost, zato ne zahteva širše smučarske poti. Pač pa nastopi večja nevarnost pri poledenem snegu. Pričakovati je, da bo v spomladanskem času večkrat prihajalo do poledenelih smučin, ker po dolini Soče prihajajo toplejši zračni tokovi in bodo v popoldanskem času ojužili sneg v prisojnih in nižjih legah, ponoči pa bo prišlo do zamrzitve in s tem do gladkih ploskev na smučarski poti. Zmrznjen ali celo poledenel sneg omogoča tudi pri nagibu 6% večje hitrost, pri čemer nujno prihaja do prehitevanja smučarjev na smučarski stezi. Neenakomerno gibanje smučarjev z različno smučarsko sposobnostjo pa zahteva širšo pot. Katera bi bila optimalna širina smučarske poti na obravnavanem odseku trase je teoretično zelo tvegano predvidevati.

V glavnem projektu za cesto Cozdec - Krnica je na odseku med profili 816-836 predvidena širina planuma 10 m. Ta širina ni posebej utemeljena. Razumljivo, da je širši planum ugodnejši za vožnjo smučarjev, nasprotno pa moramo vedeti, da vsak meter povečanega planuma zahteva ogromne dodatne izkope v tako izjemno težkem terenu, kot ga srečamo na tem odseku. Kubatura izkopa s širino planuma ne raste linearno, ampak skoraj s kvadratom. Zato ni čudno, da je na odseku med profili 816-836, t. j. na razdalji 237,7 m, izkop pri širini planuma 10 m narastel na  $11.546 \text{ m}^3$  v računem stanju ali povprečno  $49 \text{ m}^3$  po tekočem metru trase. V primerjavi z izkopom na cesti, široki 4 m na povprečno nagnjenem terenu (45%), je to povečanje kar za 16 krat.

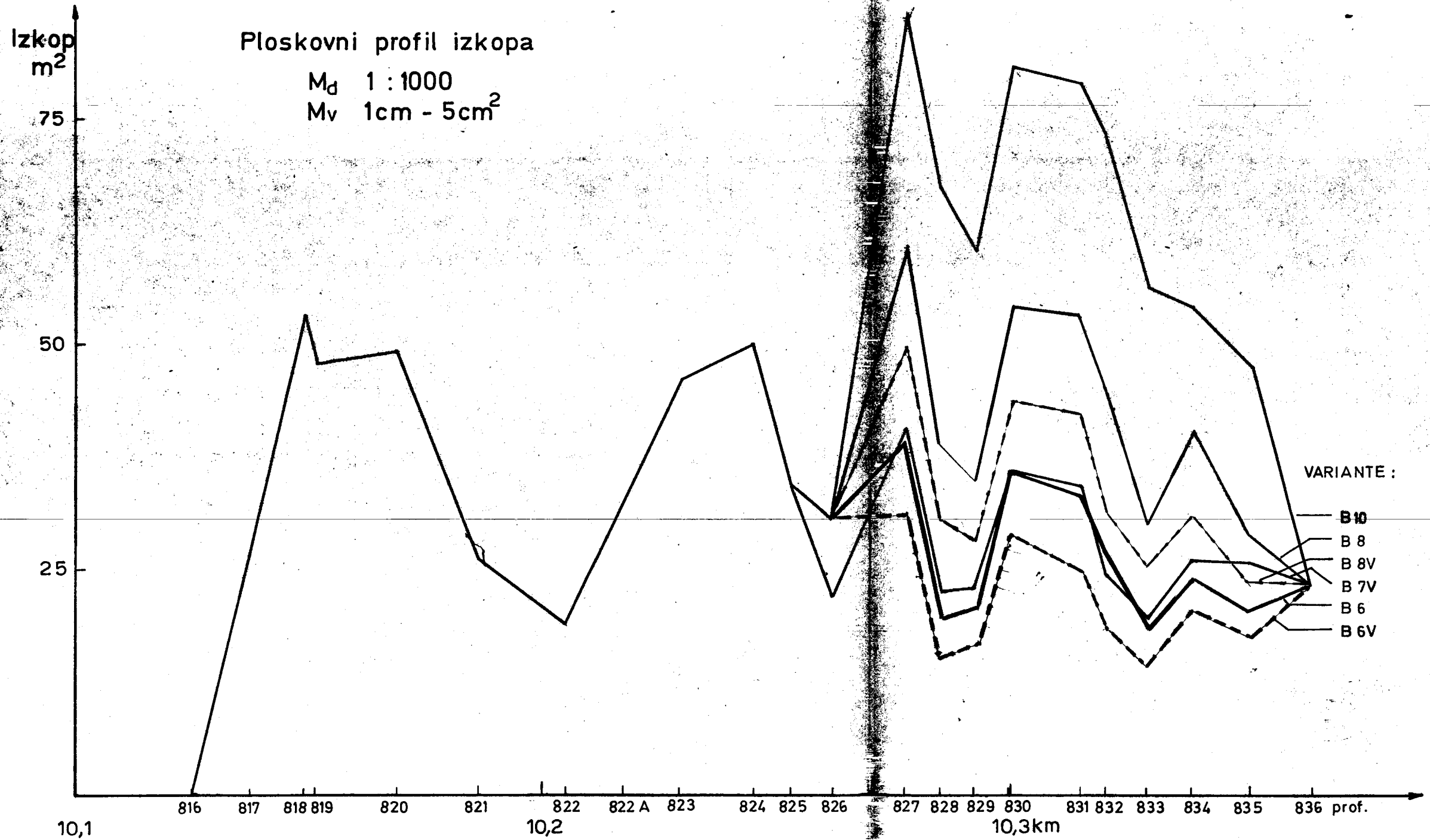
Izkop po tekočem metru trase pa ni enakomerno porazdeljen vzdolž odseka, ampak močno niha. Da bi lažje proučevali njegov potek, smo izdelali grafikon 1 (str. 4), ki prikazuje ploskovni profil izkopa. Iz grafikona je razvidno, da se na odseku med profili 816-836 izoblikovani trije pododseki, ki kažejo znatno povečani izkop:

1.	pododsek med profili 816-822,	razdalja 80 m,	povprečni izkop $32 \text{ m}^3/\text{m}$	
2.	"	822-826,	" 56 m,	" 40 "
3.	"	826-836,	" 102 m,	" 65,7"

Prvi pododsek (prof. 816-822), ki zajema 22% izkopa od celokupne mase na obravnavanem odseku, je že razminiran v širini planuma 10 m. S tem je podana neka osnova za širino planuma na preostalem delu odseka (od prof. 822-836 na razdalji 158 m).

Drugi pododsek (prof. 822-826) poteka po skalnati polici in glede miniranja ni posebno problematičen. Os trase je položena v premii. Ker ni bistveno večjega izkopa po teh. m. kot v prvem odseku in ker je geološka podlaga stabilna, predlagamo, da ostane tuji na tem delu planum širok 10 m v istem profilu, kot je obdelan v glavnem projektu.

Tretji pododsek je najtežji in strokovno najbolj zahteven del na celotni trasi. Na tem delu trasa ne poteka več po skalnati polici, ampak direktno prečka geološko prelomnico, ki se kaže v obliki stopnice, visoke 5-10 m. Potek geoloških plasti je zelo neugoden, saj so plasti usmerjene proti dolini, potekajo v smeri pobočja. Na terenu s tako kočljivo geološko podlago velja pravilo, da pobočje čim manj zasekamo. Pri širini planuma 10 m in



Grafikon 1

na skoraj previsnem pobočju pa ravno na tem pododseku dosegamo največje izkope (npr. na profilu 827 kar  $86,7 \text{ m}^3/\text{m}$ ). Izredno velik izkop ter vprašljiva stabilnost geoloških plasti nas navajata na razmišljanje, ali ne bi bilo na tem pododseku upravičeno zožiti planum.

Kot osnovo za pravilnejšo odločitev smo izdelali 5 različnih variant trase in pri tem analizirali, kako se pri vsaki varianti spreminja kubatura izkopa ter te količine med seboj primerjali. Rezultati analize so podani v preglednici 1 (str. 6), grafično pa so kubature izkopov prikazane tudi na grafikonu 1. V preglednici 1 ter grafikonu 1 in 2 je pomen oznak za posamezne variante naslednji:

B 10	- trasa s planumom širine 10 m, odkopne brežine poševne
B 8	- " " 8 m, "
B 8 V-	- " " 8 m, odkopne brežine vertikalne
B 7 V-	- " " 7 m, "
B 6	- " " 6 m, odkopne brežine poševne
B 6V	- " " 6 m, odkopne brežine vertikalne

V našem primeru, ko nimamo eksaktnih kriterijev za izbor najustreznejše širine planuma, nam kot dodatni pokazatelj lahko koristno pomaga tudi višina odkopne brežine. Preučevanje višine odkopnih brežin je toliko bolj koristno, ker nam obenem nudi še druge podatke kot npr. :

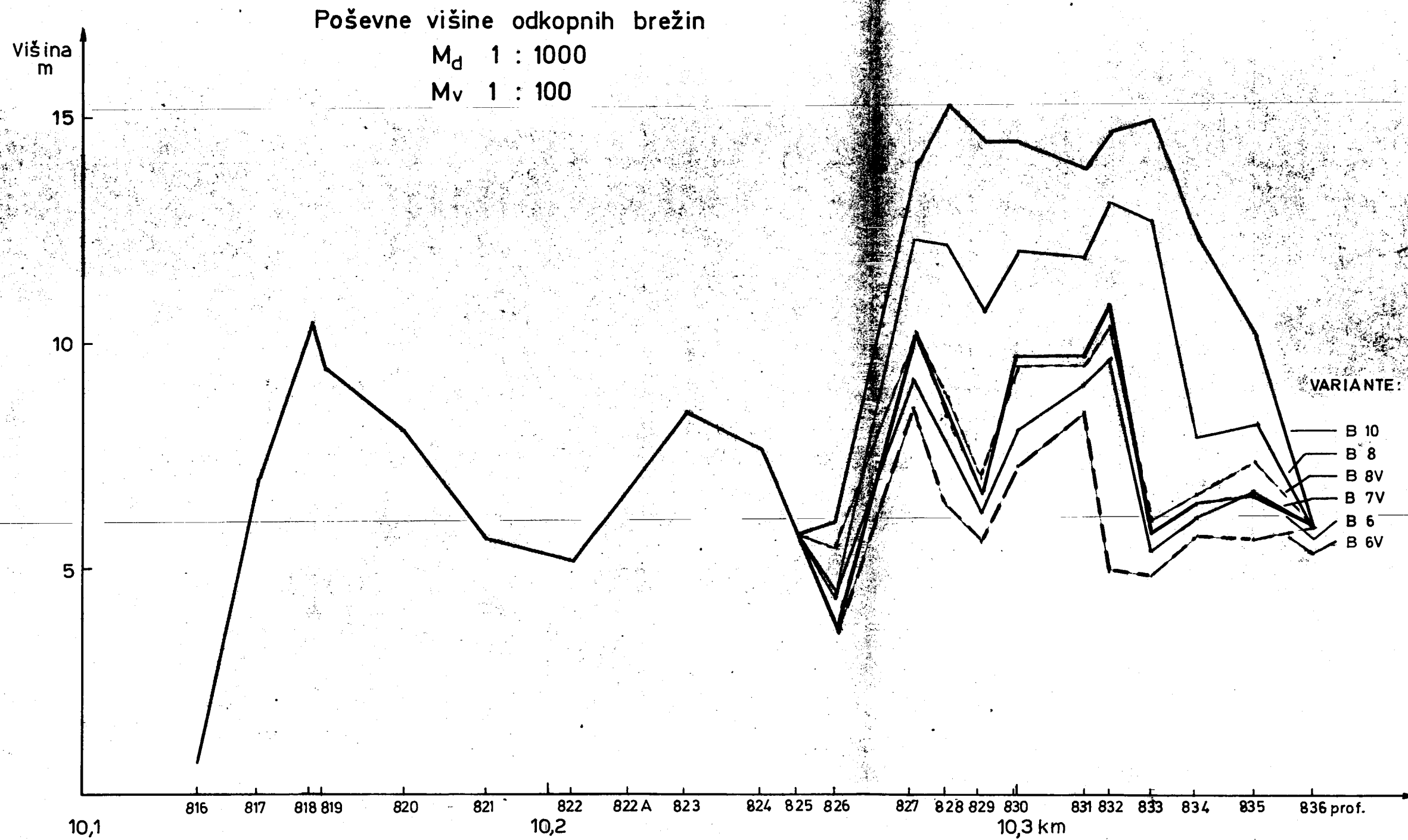
- kako globoko se bo cestno telo zajedlo v skalnate plasti
- kako dolge vrtalne svedre bomo rabili pri vrtnanju minskih vrtin
- kako visoka pečina bo trajno ostala gola
- s kakšno višino nenehno preži nevarnost odpadanja kamenja
- s kako visoke brežine se bo sesipal snežni plaz in ožil uporabno širino planuma.

Pri tem je potrebno omeniti, da je izkop le enkratni gradbeni strošek, sicer zelo velik, neugodne posledice visokih brežin pa se pojavljajo nenehno, torej trajno. Prav zaradi pomembnosti teh podatkov smo za vse variante analizirali tudi višine odkopnih brežin in jih prikazali na grafikonu 2 (str. 7) ter med seboj primerjali v preglednici 1.



Analiza izkopov in odkopnih brešin med profili 825 - 836  
pri različni širini plamena

			V a r i a n t e					
			B 10	B 8	B 8V	B 7V	B 6	B 6V
IZKOP	izkop skupaj	m3	6.706	4.649	3.894	3.050	2.642	2.146
	zmanjšanje izkopa/B10	m3	-	2.057	2.812	3.656	4.064	4.560
	-"-	§	-	30,6 §	42,0 §	54,5 §	60,5 §	68,0 §
	zmanjšanje izkopa/trasi	§	-	17,8 §	24,4 §	31,6 §	35,2 §	39,5 §
	zmanjšanje izkopa/B8 (B8V)	m3	-	-	-	844	2.007	1.748
	-"-	§	-	-	-	21,7 §	43,0 §	44,9 §
	zmanjšanje izkopa/poš.brešina	m3	-	-	755	610	-	496
-"-	§	-	-	16,2 §	16,5 §	-	18,8 §	
ODKOPNA BREŠINA								
	višina max.	m	15,4	12,1	10,4	9,7	10,9	8,6
	višina srednja	m	11,2	10,4	8,1	7,1	7,8	6,3
	površina	m2	1143,1	1064,4	821,9	782,2	795,4	637,1
	zmanjšanje površine/B 10	m2	-	70,4	321,2	360,9	317,7	506,0
	-"-	§	-	6,9 §	23,0 §	31,6 §	27,7 §	44,3 §
	zmanjšanje površine/B8 (B8V)	m2	-	-	242,5	89,7	369,0	184,8
	-"-	§	-	-	22,8 §	10,8 §	34,7 §	22,5 §
	zmanjšanje površine/poš.brešina	m2	-	-	242,5	210	-	158,3
	-"-	§	-	-	22,8 §	21,0 §	-	20,0 §



Grafikon 2

Višina poševne odkopne brežine ima neposreden vpliv na širino planuma. Na brežini v raščeni skali z nagibom 5:1 se snežna odeja ne bo mogla obdržati, ampak bo v obliki snežnega plaza zdrknila in zatrpala del planuma ob brežini. Za lažjo presojo, kolikšno zoženje planuma je pričakovati zaradi snežnega plaza, smo analizirali profil 829 pri različnih variantah. Zbrane podatke prikazuje spodnja preglednica 2:

širina planuma	poševna višina brežine	tloris brežine	širina plazu	uporabna širina planuma	zoženje planuma
10 m	13,5 m	2,55 m	2,26 m	7,94 m	20,6%
8 m	9,7 m	1,88 m	1,90 m	6,30 m	21,2%
6 m	5,6 m	1,05 m	1,45 m	4,75 m	20,8%
4 m	3,9 m	0,65 m	1,14 m	3,06 m	23,5%

Pri izračunu je bilo upoštevano naslednje:

- debelina snežne odeje: 1 m stlačenega snega
- drsni nagib snežnega plaza: 80%

Rezultati analize odkopnih površin nam povejo, da zaradi snežnega plaza izgubimo okoli 20% uporabne širine planuma. Snežni plaz ob vznožju skalnate stene je lahko celo koristen, ker smučarjem nudi neke vrste branik pred brežino. Je pa lahko tudi škodljiv, ker pri stlačenem snegu usmerja kotaleče kamenje proti sredini smučarske poti.

Na osnovi podatkov iz preglednice 1. in 2. ter z upoštevanjem zahteve po varni vožnji smučarjev, predlagamo, da se na pododseku med profili 827-835, t. j. na razdalji 74 m, izvede planum v širini 7,0 m s tem, da so na tem mestu odkopne brežine oblikovane vertikalno.

Vertikalno oblikovane brežine utemeljujemo z naslednjim:

- kompaktna skala omogoča vertikalni izsek, kar nam potrjujejo sedanje oblike terena (previsne stene),
- glede na neugodno lego geoloških plasti je vertikalni zasek primernejši kot poševen,
- srednja višina vertikalnih brežin je za 2,0 m ali 22% nižja od poševnih,

- uporabna širina planuma se ne zmanjša, ker ni snežnega plazu,
- vrtanje vertikalnih minskih vrtin je lažje.

Dokončno odločitev o možnosti izvedbe vertikalnih brežin naj poda izkušen geomehanik.

Od profila 835 dalje naj se planum ponovno razširi na 10 m, ker to omogoča ugodnejši teren. Pred vstopom v zoženi del trase je predvidena večja deponija kamnitega materiala (med prof. 831-833 ter 835-837), kar bo omogočilo razširitev planuma na 12-15 m in s tem olajšalo prehod tudi za manj sposobne smučarje.

Zožitev planuma in v zvezi s tem premaknjena os trase med profili 825-836 je prikazana na priloženi situaciji (str. 10). Na strani 11 so podani karakteristični prečni profili pri predlagani varianti, ki predstavljajo srednje vrednosti oblike izkopa na označenih dolžinah.

#### Tehnika miniranja

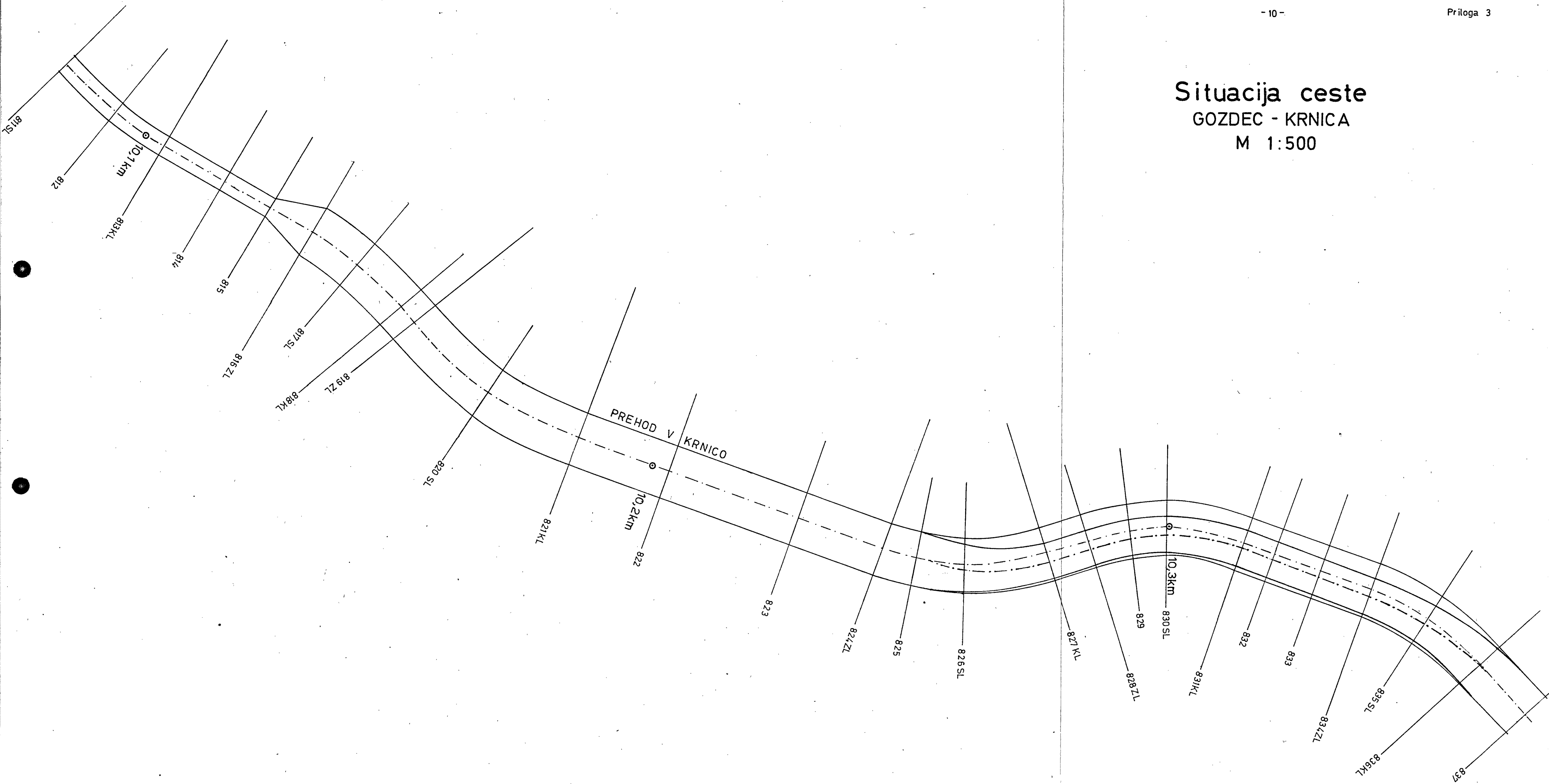
Trasa na celotnem obravnavanem odseku poteka po trdem terenu (V. kateg.), kar zahteva predhodno drobljenje hribine z miniranjem. Pri izboru najustržnejše tehnike miniranja je potrebno predhodno temeljito preučiti vse dejavnike, ki so na tem odseku prirodno pogojeni in se med seboj prepletajo.

Na obravnavanem odseku trase lahko različne dejavnike združimo v naslednje tri skupine:

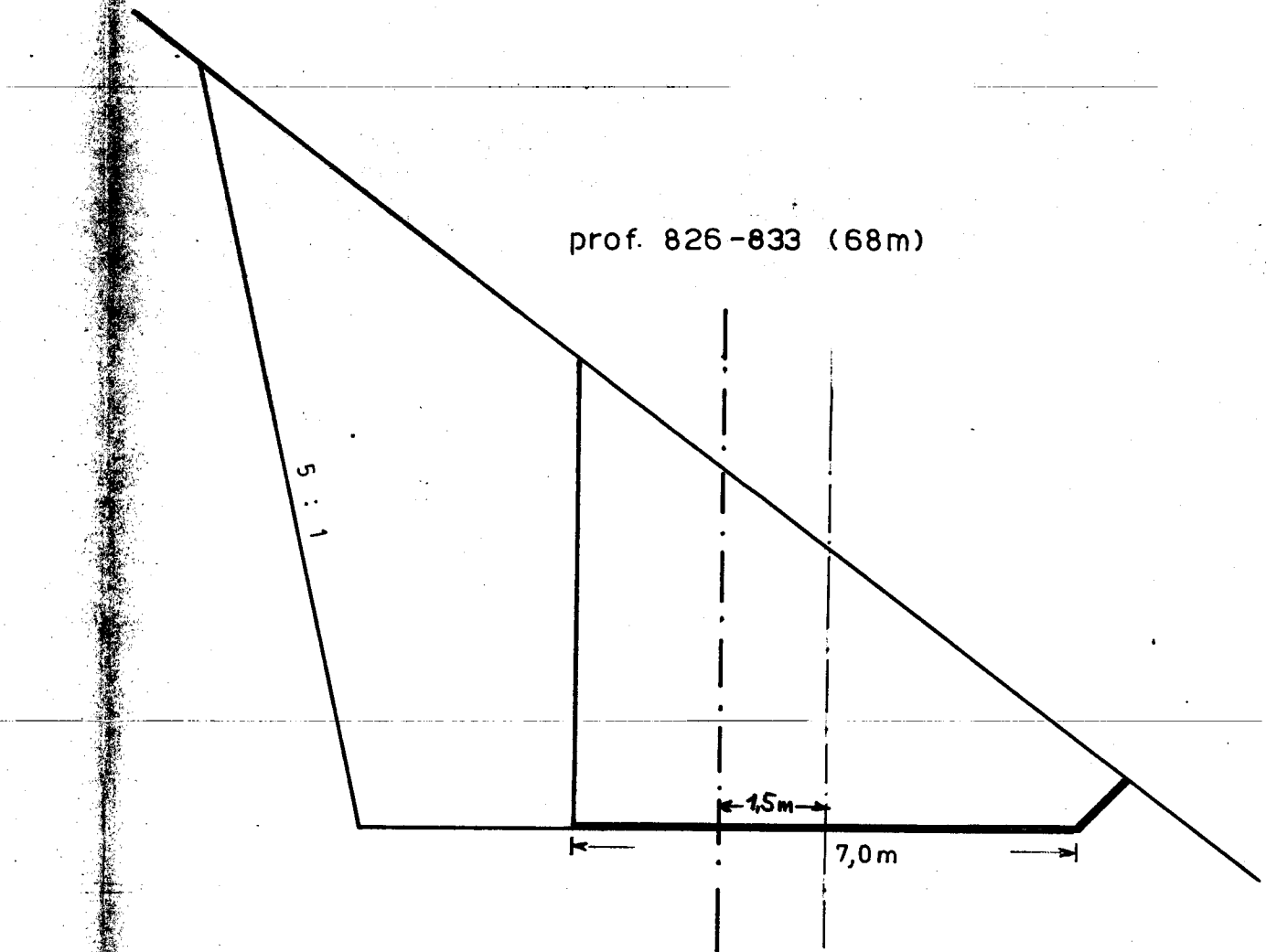
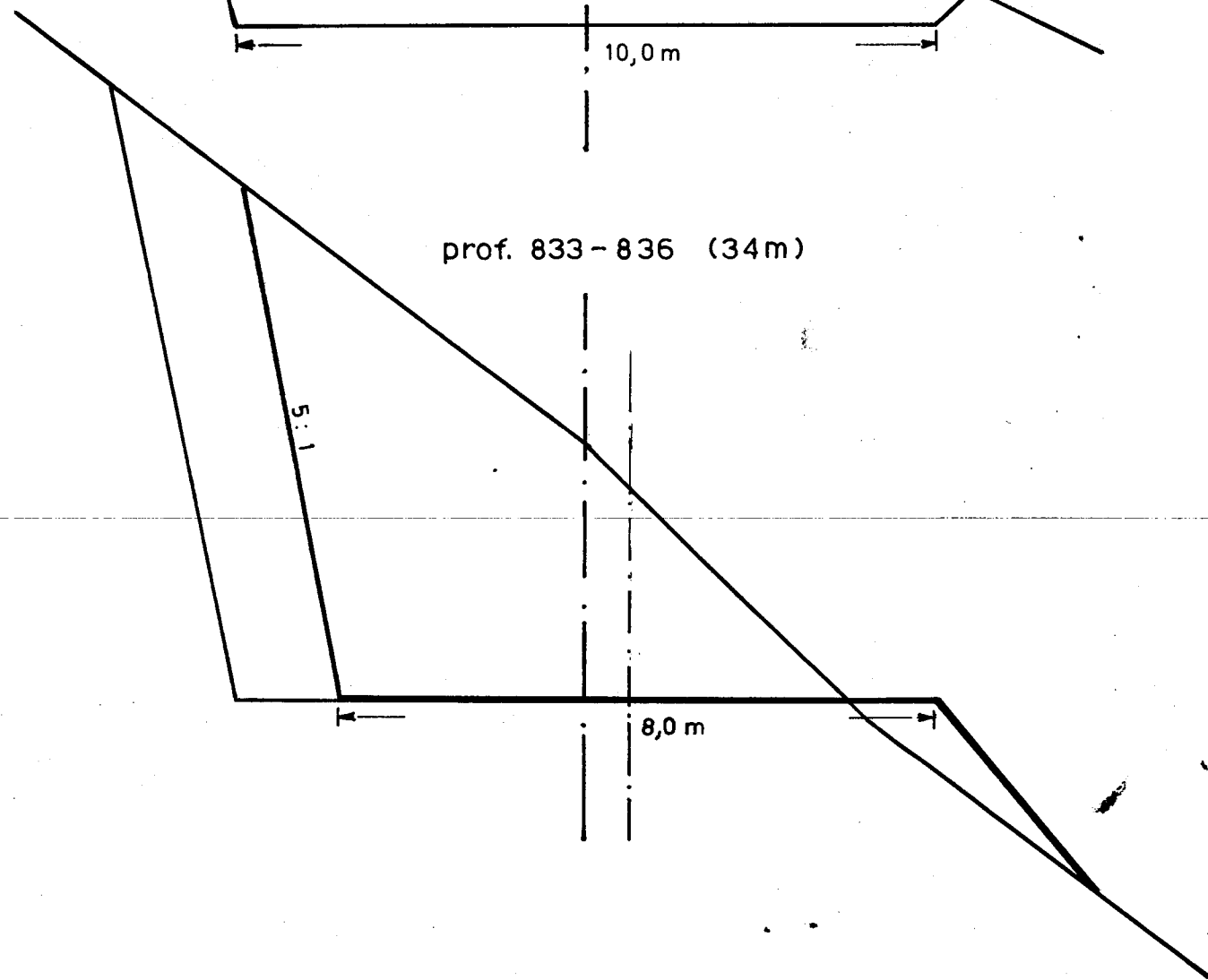
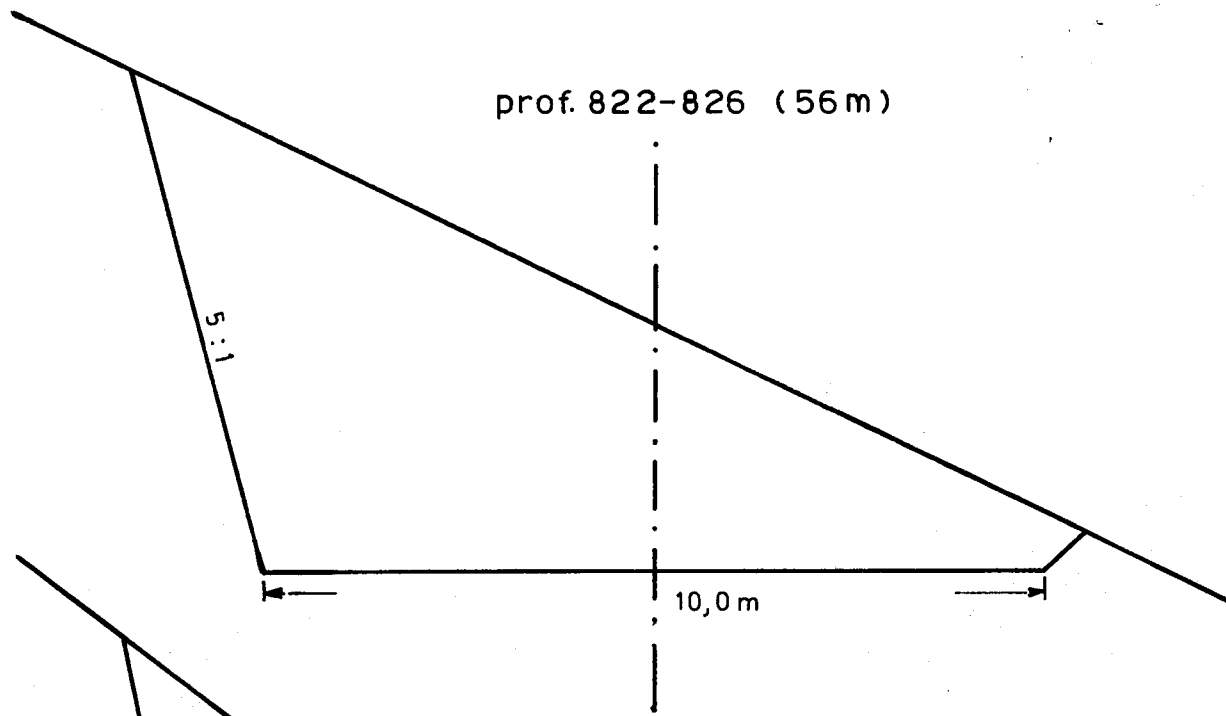
1. zelo strm teren
2. velika količina izkopa po tek. metru trase,
3. neugodna lega geoloških plasti

V tem poročilu bomo podali le osnovne rešitve za izvedbo zemeljskih del, ki so glede na zahteve trase, konfiguracije terena, geološke podlage ter varovalne funkcije gozda najbolj ustrezne. Na osnovi predlaganih rešitev bo naknadno potrebno izdelati izvedbeni načrt tako glede geometrije miniranja kot glede transporta materiala.

# Situacija ceste GOZDEC - KRNICIA M 1:500



### Srednji prečni profili M 1:100



### od 1. Zelo strm teren

Na odseka med profili 816-836 so bili naknadno posneti prečni profili v različnih dolžinah, pač odvisno od oblike in nagiba terena. V nekaterih primerih je bil teren posnet celo do 160 m pod traso. Pri analizi prečnih profilov terena smo ugotovili, da je pobočje pod traso nagnjeno od 95 - 205%. Srednji nagib terena znaša 119% ( $50^{\circ}$ ). Ta podatek nam pove, da nagib pobočja močno presega naravni nagib gruščnatega materiala, ki znaša 75-80%. Zato se bo razminirani material iz trase toliko časa kotilil po pobočju, dokler ne bo dosegel položnejšega nagiba (pod 75%), debelejši kosi kamenja pa se bodo kotilili še naprej vse dotlej, dokler ne bodo ob večjih ovirah (debla dreves, skale) izgubili svojo kinetično energijo.

Na prilogi 5 so prikazani karakteristični profili (prečni), terena, kjer lahko vidimo obliko zelo strmega pobočja pod traso. Zelo nazorno sliko o tem, kako bi zgledalo pobočje pri prečnem odzivu materiala, nam prikazuje priloga 6. Iz obeh prilog je razvidno, kje bi se šele ustavil razminirani material in kolikšna površina pobočja bi ogolela zaradi kotaljenja tega materiala. Pri izračunu je upoštevana kubatura izkopa za predlagano varianto ter razrahljanost razminiranega materiala za 35%. Na dveh mestih (med profili 822-824 ter 833-835) bi nasip segal celo izven območja, ki je bil na terenu posnet.

Zanimale so nas tudi z nasipom zajete površine. Iz preglednice 3 razberemo, da znaša površina nasipa  $5.513 \text{ m}^2$ , površina ogolelega pobočja  $8.950 \text{ m}^2$  ter skupaj uničena površina izpod trase  $14.464 \text{ m}^2$ .

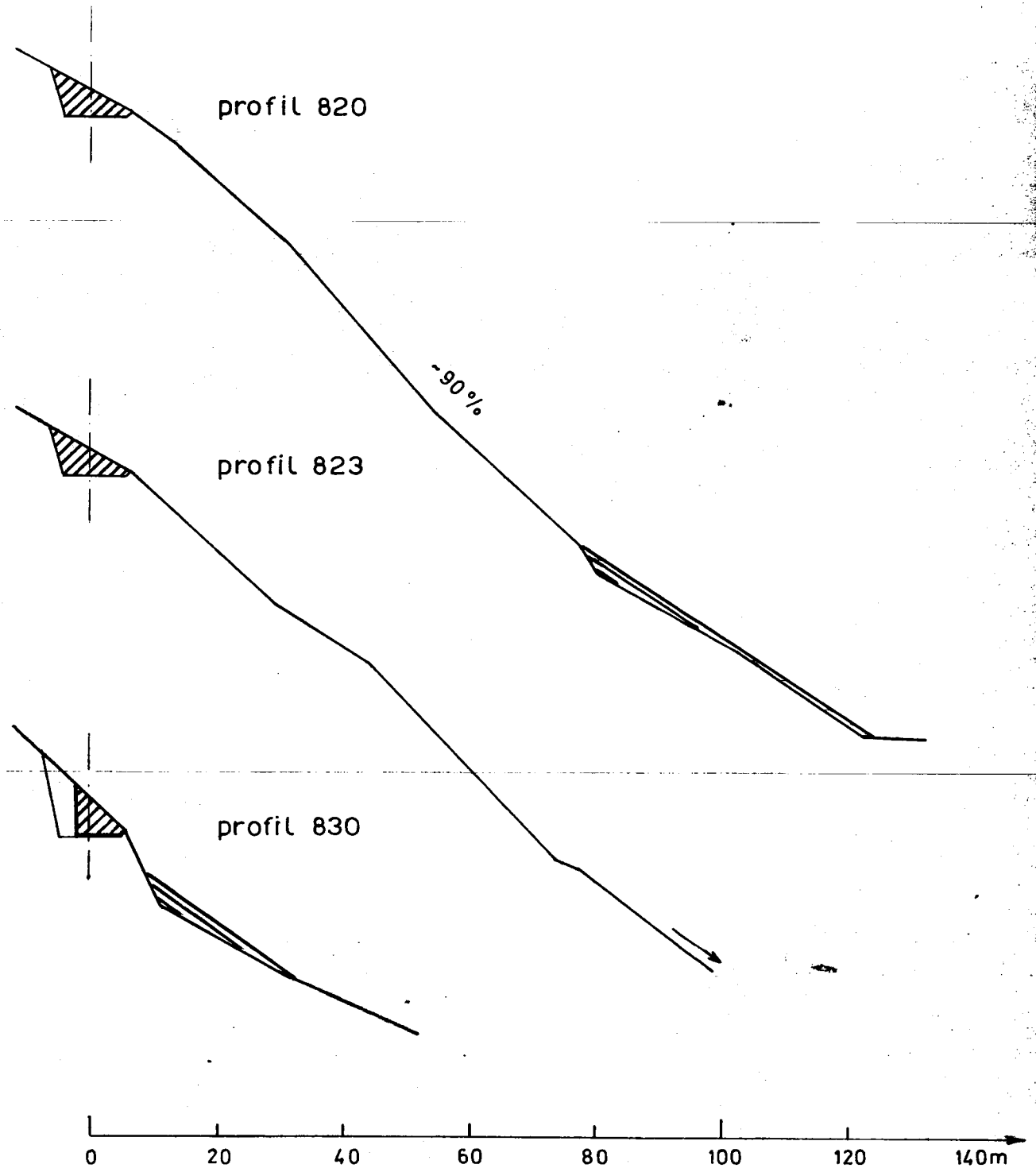
Posledice obravnavanega nasipa bi bile naslednje:

- 1,4 ha uničenega ali močno poškodovanega gozda, ki ima na tako strmem pobočju izrazito varovalno funkcijo
- okoli  $9.000 \text{ m}^2$  ogolelega pobočja, katerega sanacija bi bila ekonomsko težko opravičljiva in zelo tvegana

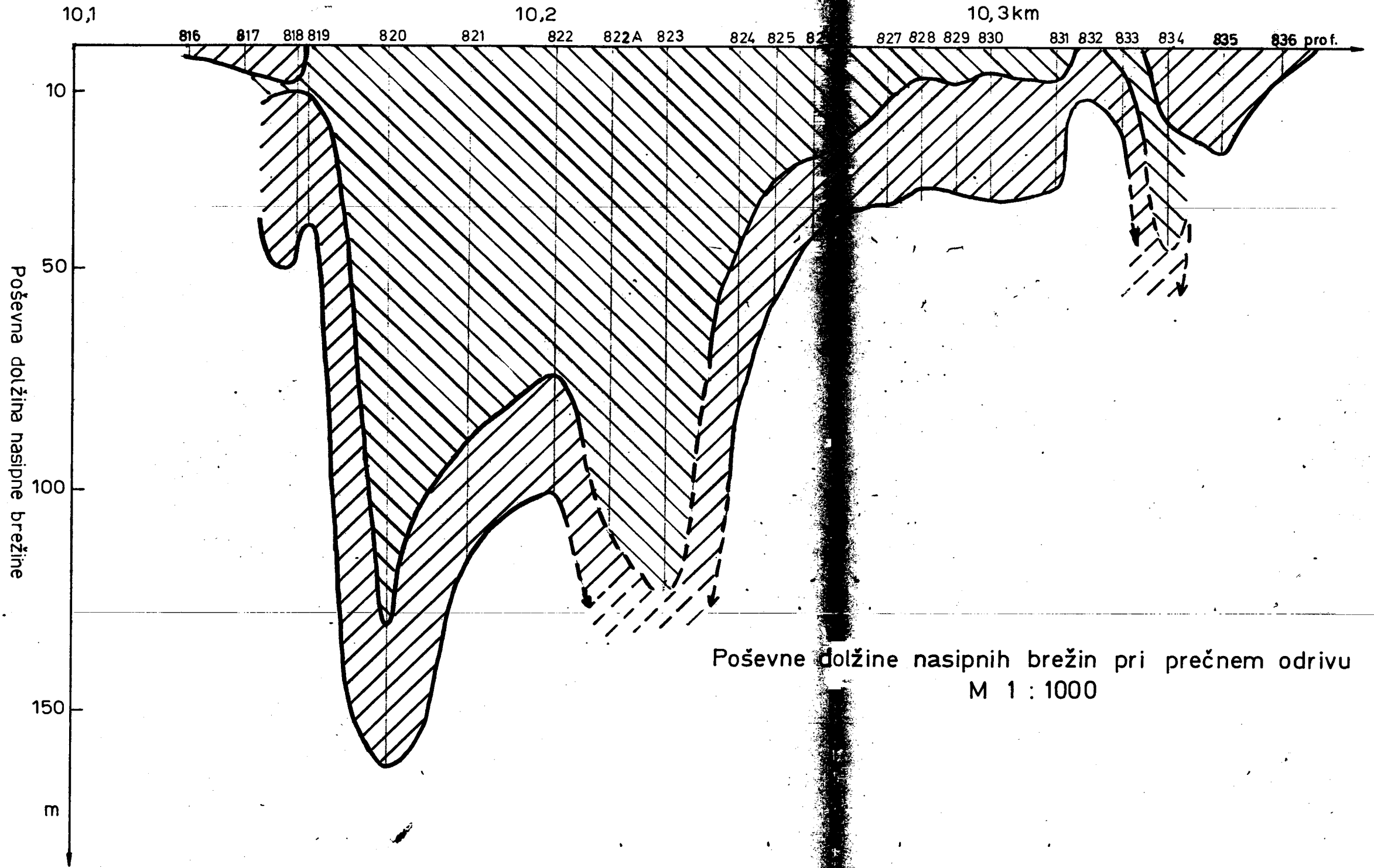
Gradnja podpornih zidov za zmanjšanje nasipov ne pride v poštev zaradi neugodne konfiguracije terena. Tudi barriere iz podrtega drevja bi le malenkostno zmanjšale nasip, ker imamo opravka s preveliko količino izkopa po tek. metru trase.

# Karakteristični prečni profili terena

## M 1 : 1000







Poševne dolžine nasipnih brešin pri prečnem odzivu materiala

Številka profila	Razdalja med profili	Poševne dolžine in površine								Prečni odziv materiala
		NASIP			POBOČJE			SKUPAJ		
		dolžina m	povp.dol. m	površina m <sup>2</sup>	dolžina m	povp.dol. m	površina m <sup>2</sup>	dolžina m	površina m <sup>2</sup>	
816	11,79									0
817	11,79	5,4			-			5,4		36,8
818	2,60	46,7	26,0	306,6	1,5	6,2	16,2	48,2	306,6	72,0
819	17,65	29,0	37,9	98,4	11,0	71,3	125,2	40,0	114,6	64,6
820	17,65	31,5	30,2	533,0	131,5	110,7	1955,0	163,0	658,2	66,4
821	18,24	26,0	33,8	597,0	90,0	82,0	1496,0	116,0	2552,0	35,1
822	12,10	27,0	26,5	483,0	74,0	92,0	1113,0	101,0	1979,0	25,4
822 A	12,10	20,0 <sup>X</sup>	23,5	284,2	110,0 <sup>X</sup>	92,0	1113,0	130,0	1397,2	40,7
823	15,60	20,0 <sup>X</sup>	20,0	242,	125,0 <sup>X</sup>	117,5	1422,0	145,0	1664,0	62,4
824	8,05	35,5	27,8	433,0	46,0	85,5	1332,0	81,5	1765,0	67,6
825	8,04	27,0	31,2	251,0	30,5	38,3	308,2	57,5	559,2	46,5
826	16,09	18,0	22,5	181,2	25,0	27,7	222,8	43,0	404,0	29,6
827	7,50	23,0	20,5	330,0	12,5	18,7	301,0	35,5	631,0	54,6
828	7,35	24,5	23,8	178,6	7,0	9,8	73,5	31,5	252,1	30,2
829	7,35	25,0	24,7	181,6	8,0	7,5	55,2	33,0	236,8	30,6
830	14,70	29,0	27,0	198,4	6,0	7,0	51,4	35,0	249,8	48,2
831	5,85	24,5	26,7	392,8	7,5	6,7	98,6	32,0	491,4	45,9
832	9,25	11,5	18,0	105,2	-	3,7	21,6	11,5	126,8	32,8
833	9,45	16,0	13,8	127,7	3,5	1,8	16,7	19,5	144,4	26,0
834	12,30	16,5	16,2	153,1	30,0	16,7	157,8	46,5	310,9	35,0
835	12,30	24,0	20,3	250,0	-	15,0	184,6	24,0	434,6	34,6
836	12,60	6,5	15,2	187,0	-	-	-	6,5	187,0	31,1
837	10,40		skupaj	5513,8		skupaj	8950,8	skupaj	14464,6	
838										

X ocerjeno

Na osnovi zgornjih preučevanj predlagamo naslednje rešitve:

- tehniko miniranja je potrebno tako prilagoditi, da bo pri miniranju čim manj materiala zdrselo iz trase, torej je osnovna zahteva pri miniranju: usmerjanje razmeta po trasi ter čim boljše drobljenje hribine;
- transport razminiranega materiala ne sme potekati v prečni smeri, ampak samo podolžno po trasi:

Zgoraj postavljene zahteve narekujejo posebno tehniko miniranja, s čimer je povezano večje strokovno znanje in prizadevnost pri izvajanju minerskih del ter seveda znatno povečani stroški za drobljenje hribine.

#### Metoda miniranja I.

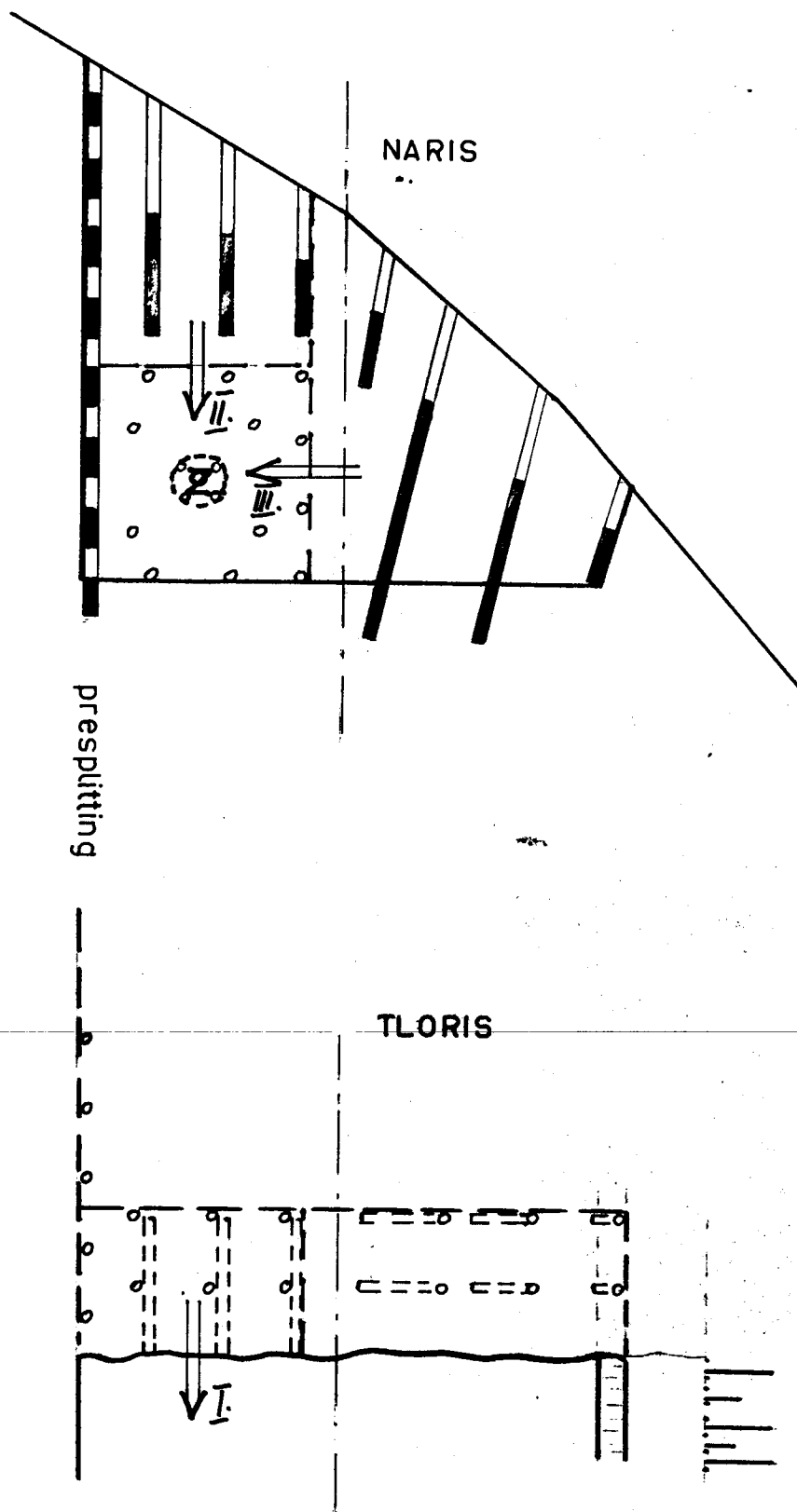
Na prvem mestu navajamo metodo miniranja, ki teoretično najbolj ustreza zgornjim zahtevam. V prilogi 7. je podana skica s karakterističnim profilom izkopa in z označeno mejo delovanja detonacije.

Osnovni princip miniranja je v usmerjanju razmeta v 3 smeri:

- iz jedra profila nazaj po trasi (smer I)
- masa iznad jedra pade navzdol v izpraznjeni prostor (smer II)
- maso ostalega profila usmerimo proti brežini (smer III)

Na ta način miniranja nam je uspelo dejansko vso maso izkopa obdržati na trasi. Miniranje prečnega profila poteka v dveh fazah. V prvi fazi odminiramo jedro profila po principu rova z zalomno mino v sredini ter maso iznad jedra, seveda z določeno časovno zakasnitvijo. V drugi fazi odminiramo preostalo maso, ko je bil material iz predhodnega miniranja že odpeljan. Miniranje po tej metodi zahteva več strokovnosti in dobro organizacijo transporta na gradbišča. Tudi stroški za kubik razdrobljene hribine se precej povečajo. Miniranje jedra profila po principu rova je 4-5 krat dražje od miniranja na ostalem profilu. Če upoštevamo, da ima povprečni profil na odseku 822-833 površino izkopa  $33 \text{ m}^2$  in da od tega odpade na jedro  $7,5 \text{ m}^2$  ali 23% površine, potem lahko računamo z okoli 2 x dražjim miniranjem po kubiku.

# Skica tehnike miniranja metoda I



### Metoda miniranja II.

Miniranje po tej metodi je v primerjavi s prve bolj enostavno in tudi cenejše, zato pa seveda manj učinkovito. Skica je podana v prilogi 8. Princip miniranja je v tem, da razminirani material usmerjamo le v smeri trase. Usmerjanje dosežemo z ozkimi pasovi enkratnega odstrela (največ dve vrsti vrtin), z nagnjenimi vrtinami in uporabo milisekundnih detonatorjev. Pri miniranju je pričakovati, da se bo 10 - 15% materiala (ali 15-20% izkopa v raščnem stanju) odkotalilo iz trase po pobočju. Da bi zmanjšali posledice tega kotaljenja, moramo hribino čim bolj razdrobiti, kar narekuje posebna geometrija miniranja: goste vrtine majhnega premera (do 50 mm), in dobro čepljenje min.

Miniranje celotnega profila naenkrat omogoča lažje usklajevanje posameznih faz dela na gradbišču: vrtanje, nakladanje in odvoz materiala.

Ker je miniranje po metodi II. manj zahtevno, cenejše in za potek celotnega dela ustrežnejše, ga velja uporabiti povsod tam, kjer bo mogoče z učinkovito bariero zadržati vsaj 15% materiala iz izkopa.

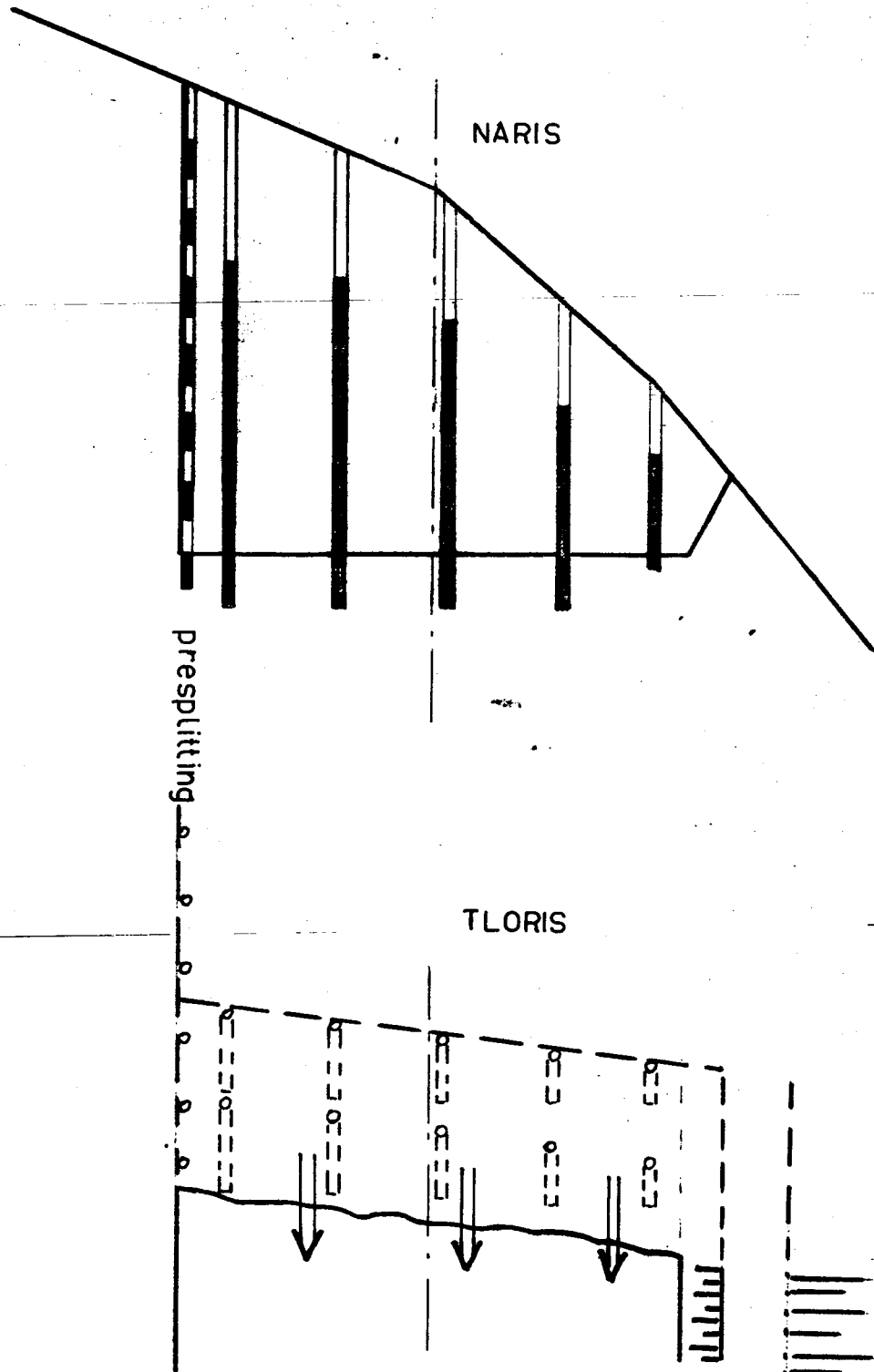
### od 2. Velika količina izkopa po tekočem metru trase

Problematika je bila obsežneje obravnavana že v začetku poglavja o širini plama in delno je bila zajeta tudi v prejšnjem poglavju. Na tem mestu navajamo samo kubature izkopov po posameznih profilih na tistem delu odseka, kjer predlagamo novo varianto z zoženo traso (preglednica 4. na strani 20).

### od 3. Neugodna lega geoloških plasti

Na odseku med profili 827-836, to je na razdalji 85 m, trasa poteka čez geološke plasti, ki imajo glede na traso zelo neugoden položaj. Nagnjene so navzdol pod nagibom okoli 60% ( $31^{\circ}$ ). Plasti so na tem mestu prelomljene in izoblikovani sta dve izraziti stopnici. Zgornja meri okoli 9,6 m, kjer se kaže v višini 3,2 m močnejša vodoravna razpoka. Spodnja stopnica je visoka okoli 4 m in preko nje poteka trasa ter jo deloma seka. Glede na neugoden potek plasti in na sam značaj geološke prelomnice opozarjamo na tem mestu na veliko previdnost pri miniranju. Masovno miniranje z globokimi morskimi vrtinami večjega premera (80 mm) bi lahko izzvalo nezaželjene in težke posledice. Zato predlagamo, da se na najbolj kritičnem odseku (med profili

# Skica tehnike miniranja metoda II



## Kubature izkopov in višine odkopnih brešin za variante B 7 V

Številka profila	Razdalja med profili m	I Z K O P			ODKOPNE BREŽINE		
		ploškev m <sup>2</sup>	povprečna ploškev m <sup>2</sup>	kubatura m <sup>3</sup>	višina m	povprečna višina m	površina m <sup>2</sup>
825		34,5			5,7		
	8,04		28,2	226,8		5,0	40,3
826		21,9			4,4		
	16,09		31,2	502,0		6,8	109,4
827		40,5			9,2		
	7,50		31,4	235,2		8,5	63,7
828		22,4			7,9		
	7,35		22,5	165,3		7,1	52,2
829		22,7			6,2		
	7,35		29,2	214,6		7,1	52,2
830		35,7			8,1		
	14,70		34,8	506,0		8,6	126,5
831		34,0			9,1		
	5,85		29,1	170,3		9,4	55,0
832		24,3			9,7		
	9,25		21,8	201,8		7,5	69,4
833		19,3			5,4		
	9,45		22,6	213,5		5,8	54,8
834		25,9			6,2		
	12,30		25,7	316,2		6,5	80,0
835		25,6			6,8		
	12,30		24,3	298,8		6,4	78,7
836		23,0			5,9		
			Skupaj:	3050,5 m <sup>3</sup>			Skupaj: 782,2 m <sup>2</sup>

826-835) odkopne brežine minirajo vertikalno in po metodi presplitting, ki daje gladke brežine in v določeni meri prestreza prenos udarnih sunkov detonacije pri glavnem miniranju na geološke plasti nad traso.

Strokovno mnenje o stabilnosti geološke podlage ter o varnostnih ukrepih bo podal geomehanik.

### Podolžni transport materiala

Že v predhodnem poglavju smo ugotovili, da bi zaradi prevelike strmine nasip segal zelo globoko, tudi do 160 m in zaradi tega na pride v poštev prečni transport materiala, ampak samo podolžni. Glede izvedbe podolžnega transporta obstajata v glavnem dve možnosti:

1. podolžno odpiranje z buldožerjem
2. nakladanje in prevoz s transportnimi sredstvi

Predno odločimo, kateri od obeh načinov bo v našem primeru najracionalnejši, je potrebno pretehtati podatke o količini razminiranega materiala za transport, transportne razdalje ter prostore za deponije.

Na celotnem odseku med profili 816-836 znaša kubatura izkopa po predlagani varianti  $7.890 \text{ m}^3$  v raščnem stanju, z upoštevanjem razrahljanosti 35% pa  $10.620 \text{ m}^3$ . Na osnovi prečnih profilov terena smo ugotovili, da je deponija materiala mogoča na dveh mestih: med profili 816-820 za  $3.100 \text{ m}^3$ ; med profili 831-836 za  $4.280 \text{ m}^3$ .

Predvidevamo, da je obe deponiji mogoče še razširiti s postavitvijo barier na najbolj ugodnih mestih.

od 1. Podolžno odpiranje z buldožerjem je glede izvajanja najbolj enostavno in najcenejše, pač pa ima dve omejitvi:

- ta način je mogoč le tam, kjer je planum deloma položen v nasip oziroma kjer je brez škode mogoče izvesti nekaj prisipa. Glede na nehomogen kamenit material (med razminirano hribino so večji kosi kamenja) ter nevarnost dela na strmem terenu, buldožer ne more odpirati materiala frontalno, ampak grabi material bočno. Pri prvem preboju si dela delovni planum s tem, da material iz izkopa več ali manj pročno odpira v prisip. Šele, ko je izdelan grobi planum v širini 3-4 m, lahko buldožer izvaja podolžni transport z bočnim odvzemanjem materiala.

- druga omejitev je transportna razdalja. Zgornja meja za še racionalen transport je 50-60 m.



Z upoštevanjem zgornjih pogojev je možen podolžni odriv z buldožerjem na dveh mestih:

- od profila 819 proti prof. 816 z odrivom  $950 \text{ m}^3$
- od profila 831/32 proti 836 z odrivom  $1.600 \text{ m}^3$  s tem, da se pri profilu 833 in 834 še posebno skrbno reši namestitev bariero na najugodnejšem mestu.

od 2. Prevoz s transportnimi sredstvi. Vsa ostala material v iznosu  $8.100 \text{ m}^3$  v razminiranem stanju je potrebno transportirati po trasi do mesta deponije. Glede na kratke transportne razdalje se kot transportno sredstvo najbolj primeraj dumperji. Ker le teh verjetno ne bo mogoče dobiti, se bo potrebno pomagati s kiperji na ta način, da bodo na kratkih razdaljah prazni vozili tudi varatno. Pri vožnji po grobem planumu lahko računamo s povprečno hitrostjo kiperjev za polno in prazno vožnjo  $8-10 \text{ km/h}$  ali grobo rečeno: 1 minuto za  $100 \text{ m}$ . Na osnovi masnega profila (priloga 8a) smo izračunali povprečno transportno razdaljo, ki znaša  $135 \text{ m}$ . Na tej razdalji bi kiper potreboval za en cikel vožnje z nakladanjem okoli 10 minut, iz česar sledi, da bomo rabili za transport 2 vozila, na razdaljah, ki so daljše od povprečnih, pa 3 vozila.

Na platoju deponije bo potreben stalni buldožer, ki bo sproti ravnal navožen material.

Ozke grlo pri celotnem transportu bo predstavljalo nakladanje. Najprimernejši bi bil nakladalnik na gosenicah, ki ima možnost nakladati preko sebe. Pri delu nakladalnika z vsebino žlice  $1 \text{ m}^3$  ter pri dobri organizaciji smemo računati s povprečno storilnostjo nakladanja  $30 - 40 \text{ m}^3/\text{h}$  razmin. materiala. (priloga 8 a)

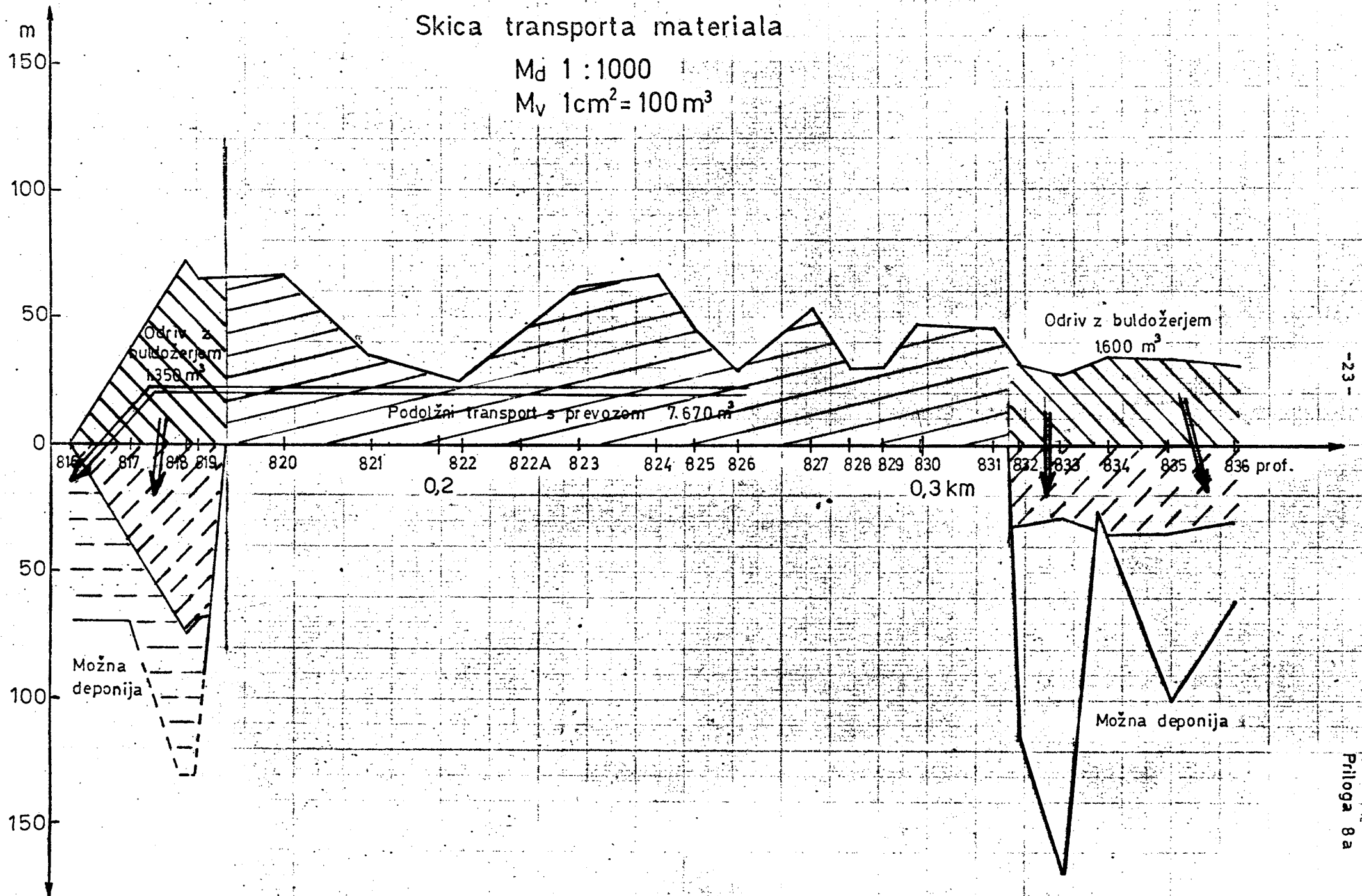
#### Ukrepi za zmanjšanje poškodb

Prvi in najpomembnejši ukrep za zmanjšanje poškodb na sestojih varovalnega gozda pod traso je pravilna izbira tehnike miniranja, ki mora upoštevati zahtevo po čim boljšem drobljenju hribine in usmerjanju materiala  $\bar{v}$  v smeri trase. Pričakovati je, da bo tudi pri skrbnem miniranju in transportu nekaj materiala zdrselo po pobočju. Ta material je potrebno prestreči na samem začetku ob trasi z dovolj močno in prožno bariero. Ker je na samem mestu dovolj lesa, je to najprimernejše gradivo. Kot glavna opora barieri služijo stoječa

# Skica transporta materiala

$M_d$  1 : 1000

$M_v$  1cm<sup>2</sup> = 100m<sup>3</sup>



drevesa, izpod katerih se podložijo posekana drevesa skupaj z vejami. Na mestih, kjer so stoječa drevesa prerodka ali prešibka, naj se med drevesi na razmahu 2-3 m postavijo vertikalni drogovi z oporami. Pred ležeča drevesa naj se naložijo veje in vrhači z nalogo, da zadrži prvo kamenje ob katerem se bo lovil ostali material. Na kritičnih mestih (konkavnih oblikah terena, jarkih) naj se postavijo barriere tudi po globini, t. j. nekaj metrov nižje za glavno bariero. Najbolj primerno mesto za postavitev barriere naj se določi na samem delovišču glede na konfiguracijo terena, stanje dreves ter količino izkopa z upoštevanjem razrahljanosti najmanj 35%.

Če nasip sega v sam gozd, potem naj se na površini bodoče nasipne brežine pustijo vsa močnejša drevesa neposekana. Stoječa drevesa imajo več nalog:

- prestrezajo kotaleči material in s tem varujejo spodnji sestoj
- s svojo krošnjo ustvarjajo ugodno mikroklimo in dajejo prve organske snovi za vegetativno sanacijo skeletnega materiala
- vizualno zakrivajo novonastale gole površine.

Kasneje se poškodovana in biološko oslabela drevesa posekajo. Spravilo teh dreves je enostavno, ker pri poseku padejo v neposredno bližino ceste.

Za preprečevanje kotaljenja materiala iz trase je zelo pomemben tudi rob ob zunanji strani planuma. Kjerkoli je mogoče glede na podlago in konfiguracijo terena, naj se že pri miniranju ohrani zunanji rob v širini najmanj 1 m. Zunanji rob bo zadrževal material na planumu pri miniranju, pri dolžnem transportu, dalje bo predstavljal za strojnike in delavce na gradbišču vizualni in dejanski varovalni pas. Po zemeljskih delih pa bo solidna osnova za namestitev ograje.

## SANACIJA NASIPNE BREŽINE PRI POSTAJI B

Pri srednji postaji gondolske žičnice na višini 980 m je bil izveden večji nasip v iznosu okoli 10.000 m<sup>3</sup>. Nasip sestavlja razminirani kamniti material različnih frakcij od 0 - 80 cm. Prevladujejo grobe frakcije nad 5 cm. Nasipna brežina je izoblikovana pod naravnim nagibom, ki velja za gruščnati material. Iz prečnih profilov (priloga 10) je razvidno, da je nagib brežine v mejah od 68 - 82%, srednji nagib pa znaša 74%. Podnožje nasipa, ki ga sestavljajo debelejši kosi kamenja, je izoblikovano z nagibom okoli 50%.

Struktura materiala na sami nasipni brežini je različna. V zgornjem delu prevladujejo na površju drobnejše frakcije 0 - 2 cm, ker se je debelejši material skotalil v podnožje. Med drobnejšim materialom so ostali posamezni debelejši kosi kamenja, deloma na površju, deloma zasuti v brežini. V spodnjem delu nasipa je vse več debelejših frakcij in v samem podnožju se je nakopičil le grob material velikosti 40 - 80 cm.

Pri sanaciji nasipne brežine so potrebni naslednji ukrepi:

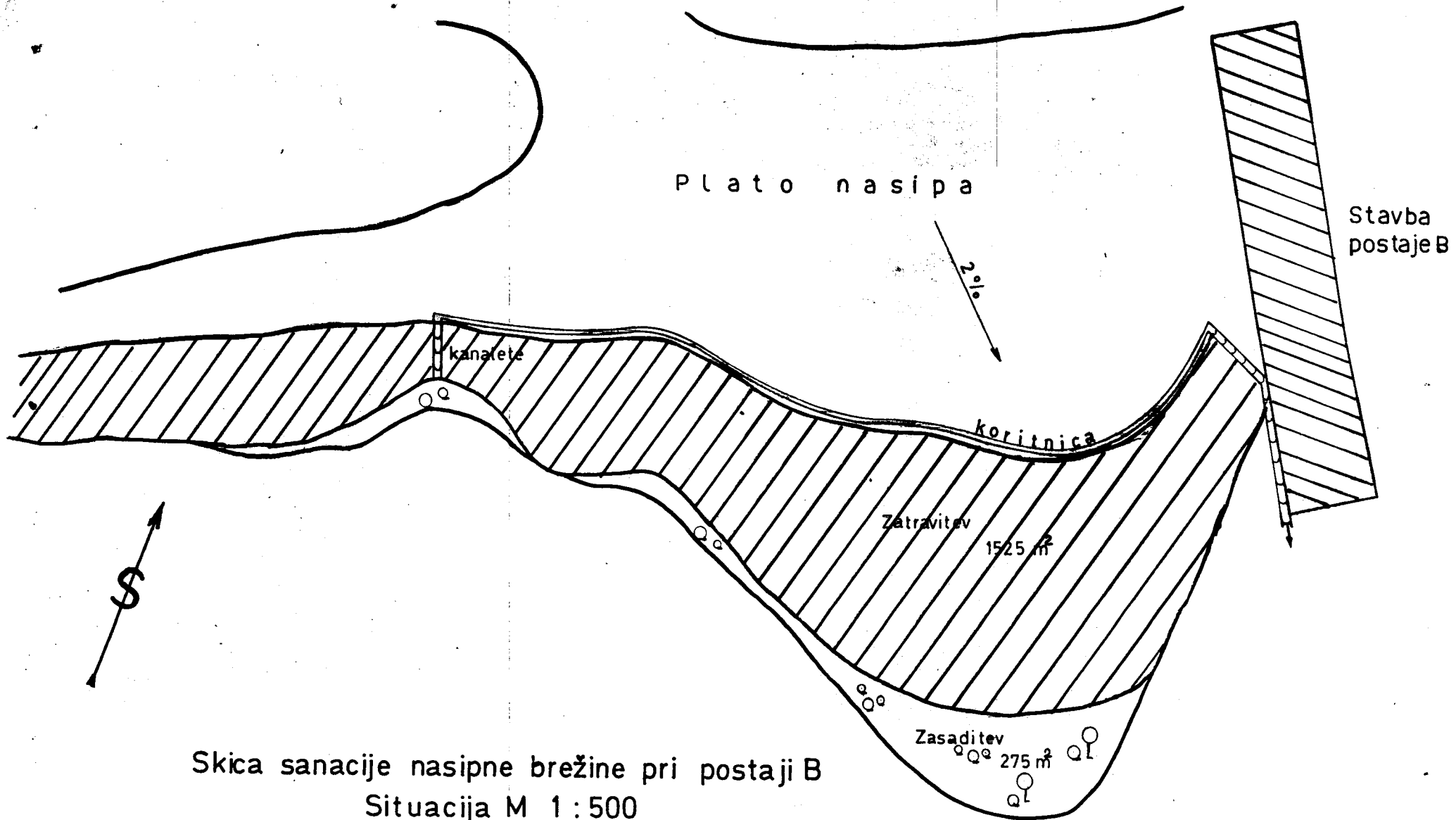
1.) Plato nasipa pred postajo žičnice je nagnjen za 2% od pobočja, kar je ugodno za odtekanje površinske vode, obenem pa preprečuje prekomerno zamakanje nasipnega materiala in povečuje globinsko stabilnost nasipa. Ker pa se na platuju pri močnejšem nalivu zbere velika količina vode, ki po pretoku čez rob platoja povzroča močno erozijsko delovanje po nasipni brežini, je prvi ukrep sanacija nasipa prav v kontroliranem odvajanju površinske vode. Vodo s platoja je potrebno ob zunanjem robu platoja zbrati v koritnico in jo preko utrjene kinete speljati preko nasipa v obstoječe odvodne jareke ali pa pod nasipom ob iztoku kinete ponovno razpršiti na stabilnih tleh. Takoj, še predno se dokončno uredi plato in izvede zidana koritnica, je potrebno skopati ob zunanjem robu platoja začasni jarek, da se prepreči nadaljno brazdanje nasipne brežine.

2.) Brežine nasipa je potrebno površinsko urediti:

- vse nestabilno kamenje je potrebno sprožiti v podnožje, stabilne kamnite samice naj se pustijo v brežini, ker ugodno popestrujejo umetno stvorjeno ploskev ter povezujejo sliko brežine z okolico;
- splanirati brežino do take mere, da preprečimo koncentriranje padavinske vode, posebno na mestih z drobnejšimi frakcijami.

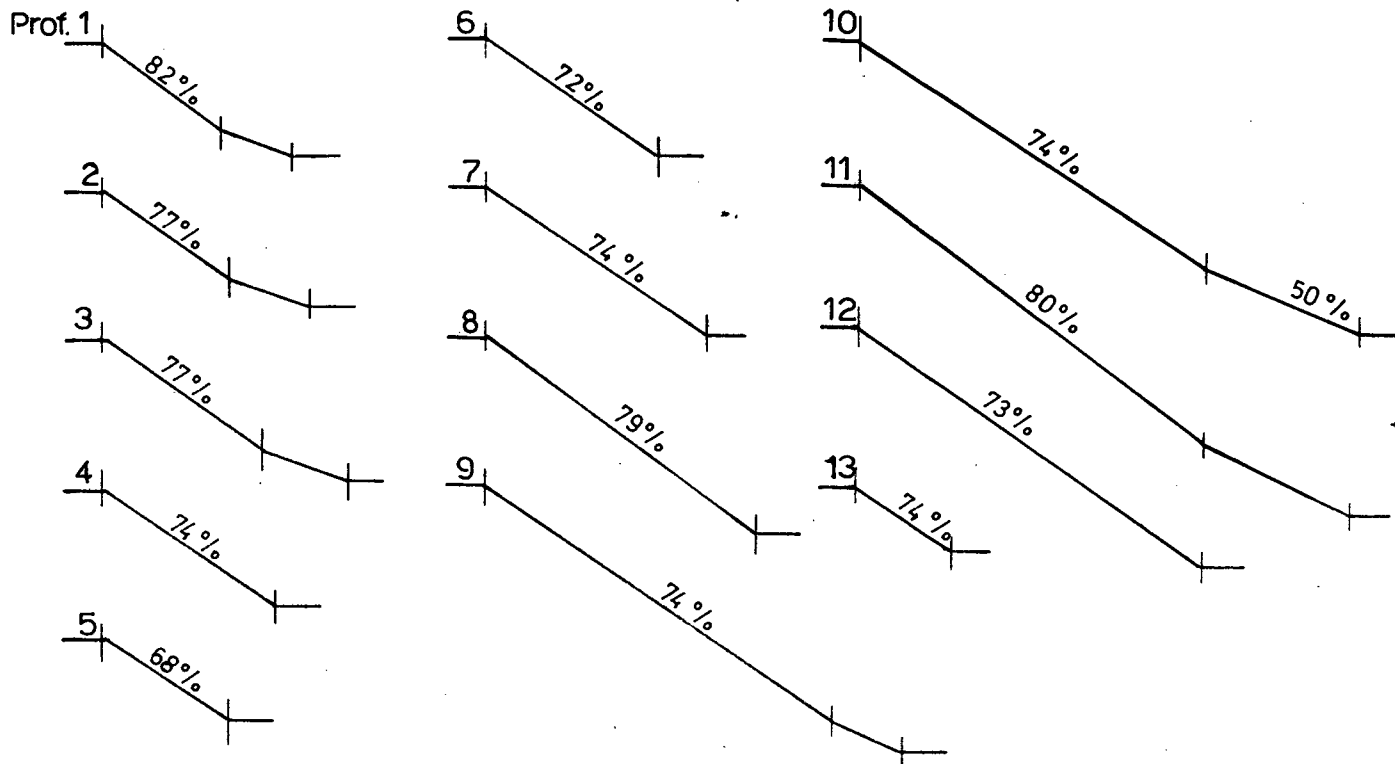
3.) Vse površine nasipne brežine, kjer obstaja nevarnost za erozijsko delovanje vode, je potrebno intenzivno zatraviti. Na prilogi 9 je prikazana površina v iznosu  $1.525 \text{ m}^2$ , ki pride v poštev za zatravitev. Glede na podlago in ugodne klimatske razmere predlagamo način zatravitve z biotorkretom. Humuniziranje je problematično, saj bi voda kmalu izprala zemeljske delce v pretežno skeletno podlago. Travnna preproga bo površinsko stabilizirala nasipno brežino, preprečevala erozijo ter kasneje omogočila naravno zazelenitev z zelišči in grmovnim rastlinjem. Postopek z biotorkretom je uspešen od spomladi do poznega poletja le da je dovolj vlage.

4.) V podnožju nasipa, kjer prevladuje grob material in je nagib manjši, ni nevarnosti erozije, zato tu ni potrebna sanacija iz pogojev površinske in globinske stabilnosti, ampak je zaželen zazelenitev iz estetskih vidikov. Predlagamo, da se v ozah zasadijo grmovne in drevesne vrste na tistih mestih, kjer so na kraju samem že dani boljši pogoji. V izkopane jame je potrebno nasuti okoli 10 cm debelo plast paščeno gramoznega materiala, ki služi kot filter in preprečuje izpiranje humuznih delcev. Na plast filtra sledi šele humozna zemlja. Za saditev ustrezajo tiste grmovne in drevesne vrste, ki imajo veliko moč vezanja tal in so prilagojene tamkajšnjim ekološkim razmeram. Saditev grmovnih in drevesnih vrst iz družine Salix, Alnus, Carpinus i. dr. bo najbolj uspešna s presajanjem mladik iz neposredne okolice.

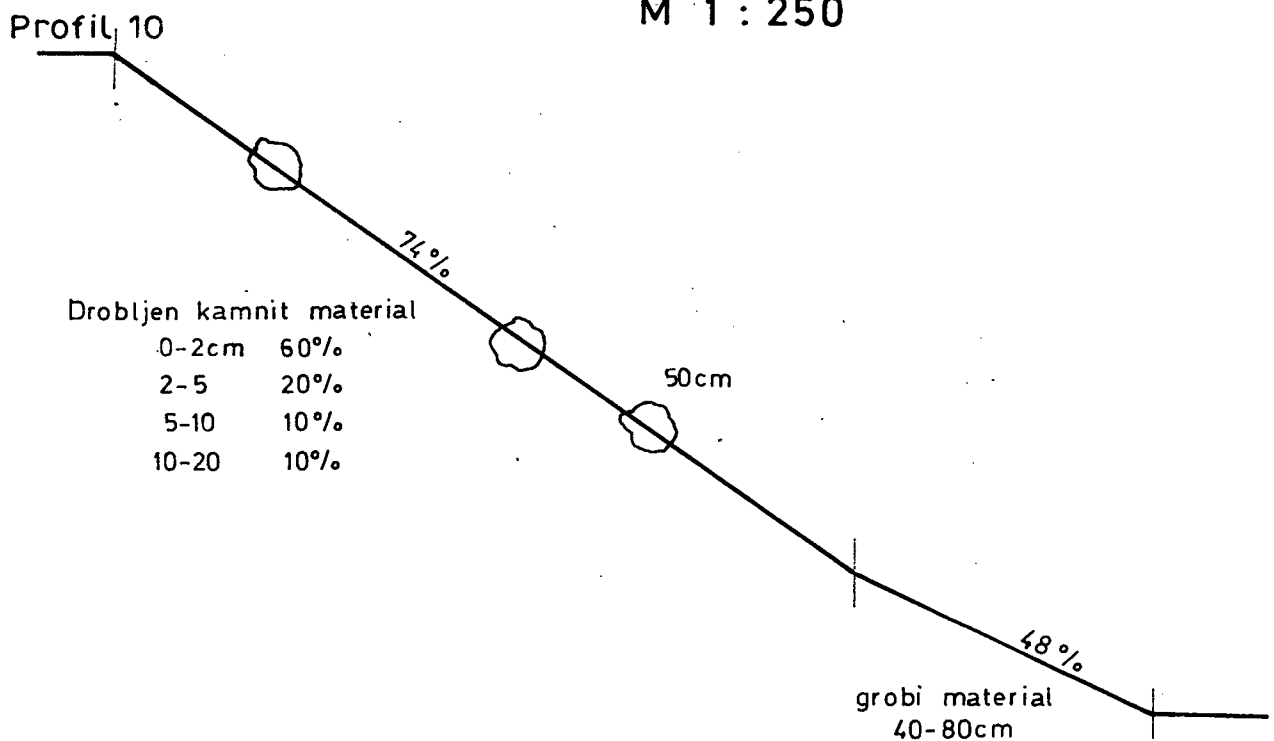


Skica sanacije nasipne brežine pri postaji B  
Situacija M 1:500

### Prečni profili nasipnih brežin pri postaji B M 1 : 500



### Karakteristični prečni profil s strukturo materiala M 1 : 250



## SANACIJA NASIPNIH BREŽIN PRI HUDOURNIKU "KRNIČAR"

Nasip izpod ceste Bovec - Gozdec pri hudourniku Krničar ima v glavnem podobne značilnosti kot pri postaji B. Večje razlike so le v razporeditvi posameznih frakcij vzdolž nasipa. Drobnejših frakcij je mnogo manj in so razporejene predvsem v ozkem pasu ob zgornjem robu nasipa. Na ostalem delu nasipa prevladuje kamnit material debelejši od 10 cm, ki glede stabilnosti ni problematičen, ima tudi ugodnejši nagib (53 - 55%).

Načrt sanacije za omenjeni nasip ne bomo posebej obravnavali, ampak je predhodno predlagane rešitve potrebno smiselno uporabiti tudi na tem mestu. Na prilogi 11 je podana skica sanacije, ki je bila izdelana na osnovi prečnih profilov in strukture materiala, kar prikazuje priloga 12.

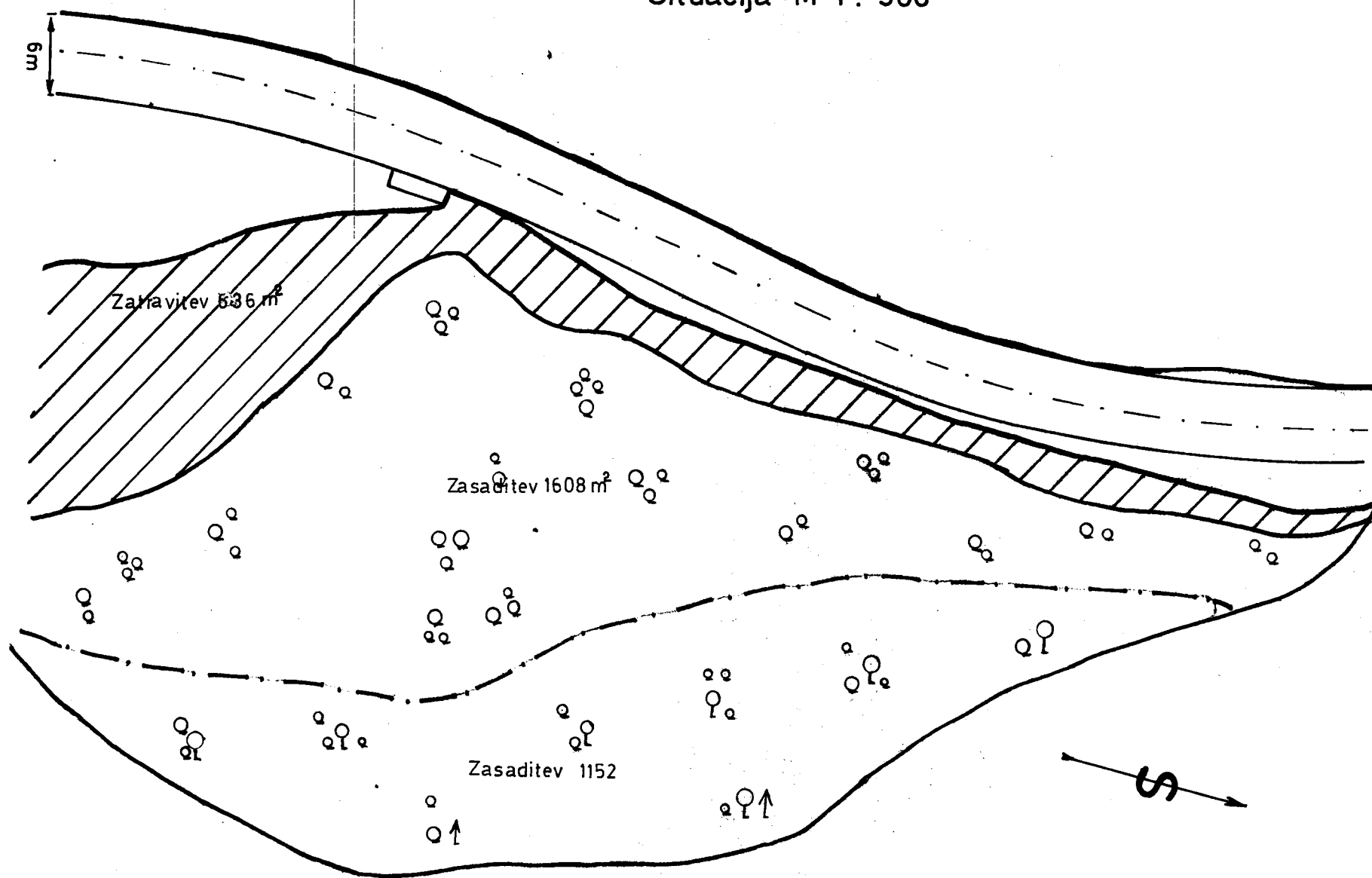
Za lažjo presojo o višini stroškov za predlagano sanacijo navajamo nekatere orientacijske cene, ki veljajo pri Podjetju za urejanje hudournikov - Ljubljana, v letu 1973.

Zatravitev z biotorkretom (z enoletno oskrbo)	5,50 din/m <sup>2</sup>
Planiranje poševnih brežin	7,50 "
Zasaditev grmovnih in drevesnih vrst	2,40 din/kom
Izvedba betonske koritnice	140,00 din/m
" kanalete	145,00 "

Sanacija odkopnih brežin v tej studiji ni obdelana, ker je problematika preobsežna in zahteva zaradi hitro spreminjajočih talnih razmer ločeno obravnavo.

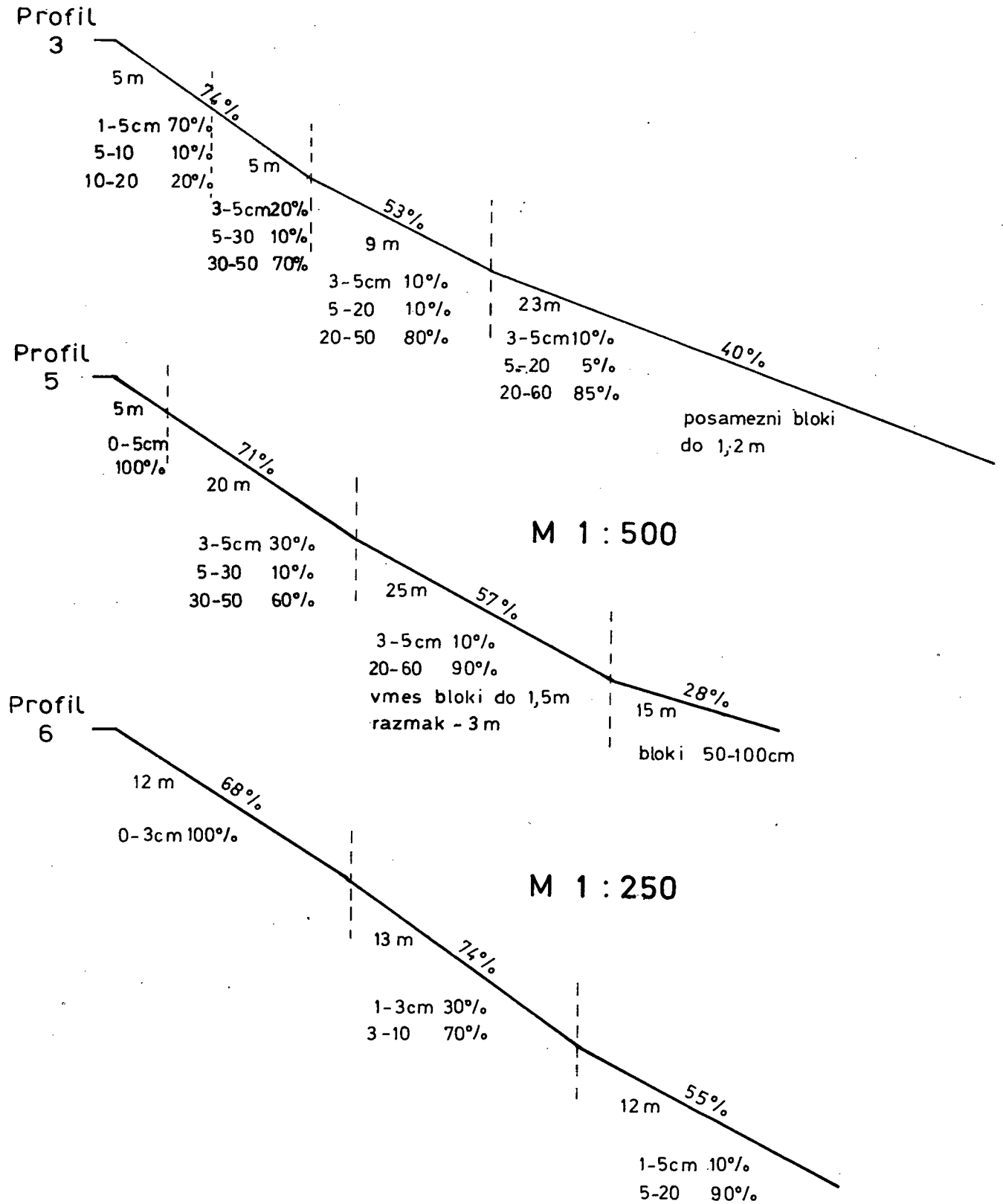


Skica sanacije nasipne brežine "Krničar,,  
Situacija M 1: 500



# Struktura kamnitega materiala na nasipni brežini „Krničar“

## Prečni profili M 1 : 250



## POVZETEK PREDLAGANIH REŠITEV

1. Na odseku med profili S27-S35 (74 m) zoženje planuma na 7,0 m
2. Na zoženem odseku odkopno brežino oblikovati vertikalno
3. Hribino pri miniranju čim bolj zdrobiti, kar dosežemo z gostimi miaskimi vrčinami manjšega premera ter uporabo MSE detonatorjev
4. Tehniko miniranja prilagoditi zahtevi, da razminirani material ostane na trasi
5. Večje kose kamna razdrobiti z minami nalepkami
6. Na zoženem odseku odkopno brežino minirati po metodi presplitting
7. Ob trasi predhodno izdelati učinkovito leseno bariero
8. Ob zunanji strani planuma pustiti varovalni rob
9. Transport materiala izvesti kombinirano: prečni in podolžni odriv z buldožerjem ter podolžni transport s transportirnimi sredstvi
10. Pri sanaciji nasipa je predhodno potrebno kontrolirano odvesti površinsko vodo na platoju
11. Površine nasipnih brežin z drobnejšimi frakcijami sanirati z biotorkretom
12. Površine z grobimi frakcijami ozeleniti z zasaditvijo grmovnih in drevesnih vrst v obliki oaz.

Pri iskanju strokovnih rešitev sta sodelovala:

Jurij Ivanetič, dipl. ing. rud., Podjetje "Kamnik", Kamnik, pri vprašanjih  
tehnike miniranja

Jože Pintar, dipl. ing. gozd., Podjetje za urejanje hudournikov, Ljubljana,  
pri vprašanjih sanacije nasipov