

Prof.dr Smail Pašalić, dipl.inž.geod.
Hodžić Fadil, inž.geodezije i
Mičić Zlatko, dipl.inž.geod.

Gradjevinski fakultet Sarajevo

OBILJEŽAVANJE NISKOPA (TUNELA) U RUDNIKU "BREZA" U BREZI

0. UVOD

Zadatak se sastojao u tome da se odrede pravci i usmjerava probijanje niskopa koji počinje sa jedne strane sa površine rudnika "Breza" u Brezi, a sa druge ispod zemlje od zadate tačke X (slika 1.) koja je ispod površine zemlje na dubini od 260 m, u jami "Kamenica" u Kamenici. Mjesto tačke X još nije bilo otkopano pa je trebalo prvo usmjeriti rudarske radove da se do ove tačke dodje. Povezivanje ova dva podzemna rudarska radilišta omogućit će lakši, bezbjedniji i jeftiniji transport uglja na površinu kao i lakše i bolje iskorištenje ležišta uglja.

Rudnik uglja Breza povjerio je ovaj zadatak Odsjeku za geodeziju Gradjevinskog fakulteta u Sarajevu. Odsjek je formirao geodetsku grupu koja će izvršiti ovaj zadatak u sastavu:

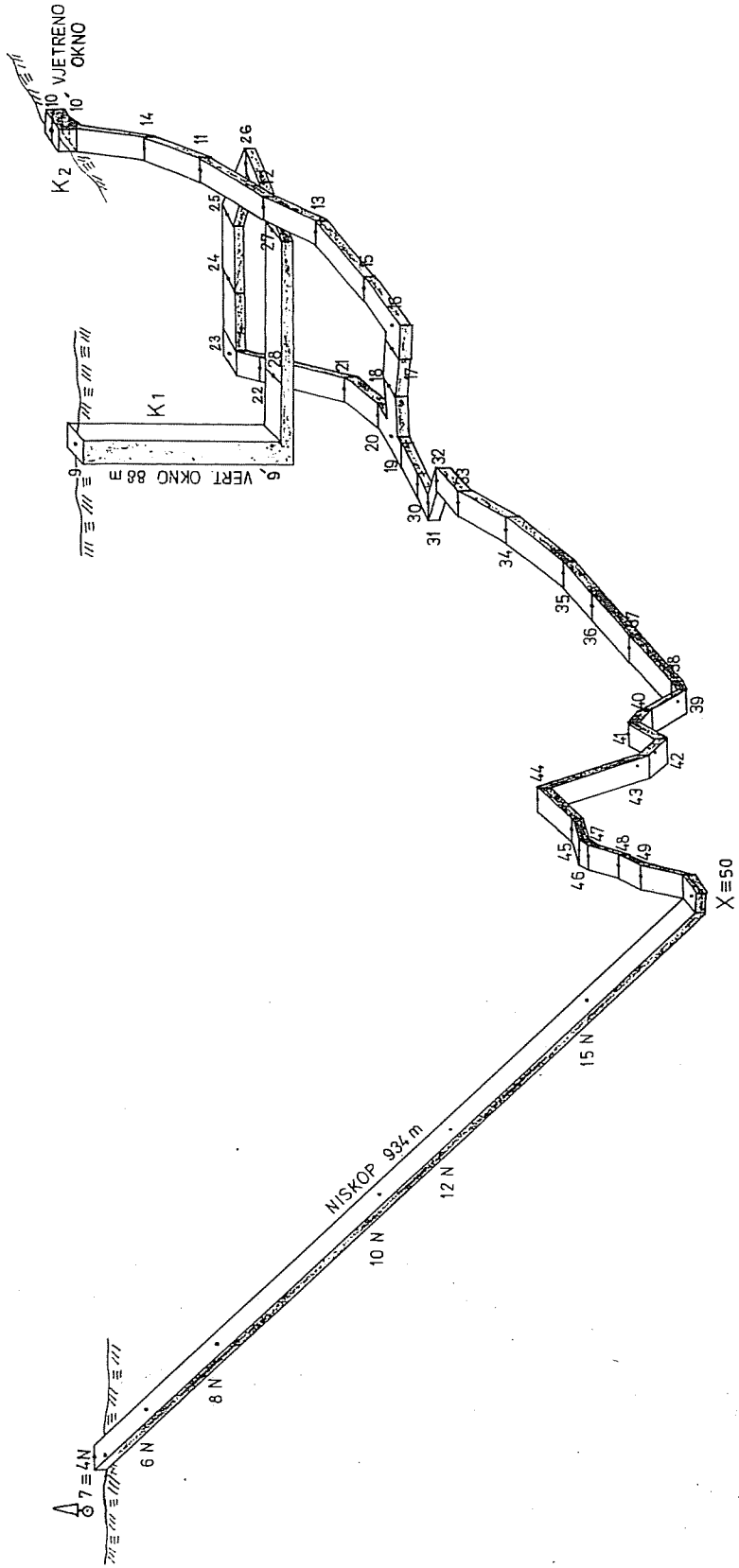
- prof.dr Smail Pašalić, dipl.inž.geodezije,
- Fadil Hodžić, inž.geodezije i
- Zlatko Mičić, asistent, dipl.inž.geodezije.

Ova grupa je proučila nadzemne i podzemne planove rudnika, te u tom svjetlu i idejni projekt niskopa. Zatim je obišla teren te rekognoscirala nadzemnu i podzemnu mrežu prikladnu za izvršenje ovog zadatka.

U ovom radu nastojaćemo u najkraćim crtama upoznati geodetsku javnost kako su tekli geodetski radovi i kakav je uspjeh na kraju postignut. Radovi na probiju su trajali 2 godine od 1982. do 1984. godine.

Izlaganje ćemo početi sa rekognosciranjem terena a završiti sa ostvarenom tačnošću izvršenog probija.

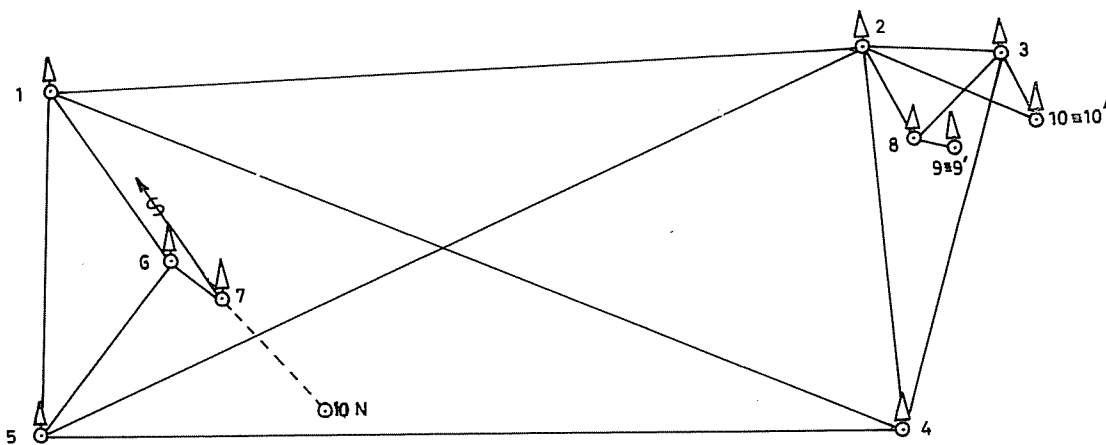
PROSTORNI PRIKAZ DIJELA JAME „KAMENICA“
SA NISKOPOM



1. REKOGNOSCIRANJE TERENA

Na slici 1. vidi se u aksonometriji skica podzemnih iskopanih prostora kroz koje je išla podzemna mreža kao i sam niskop. U cilju povezivanja tačke $\triangle 7$ i tačke X (slika 1.), potrebno je razviti geodetsku mrežu i to na površini u dužini oko 2 km, a pod zemljom od oko 2,3 km, a zatim dati pravac i pratiti niskop u dužini 934 m. Dakle ukupna dužina geodetskih radova iznosila je oko $2000+2300+900 = 5.200$ m.

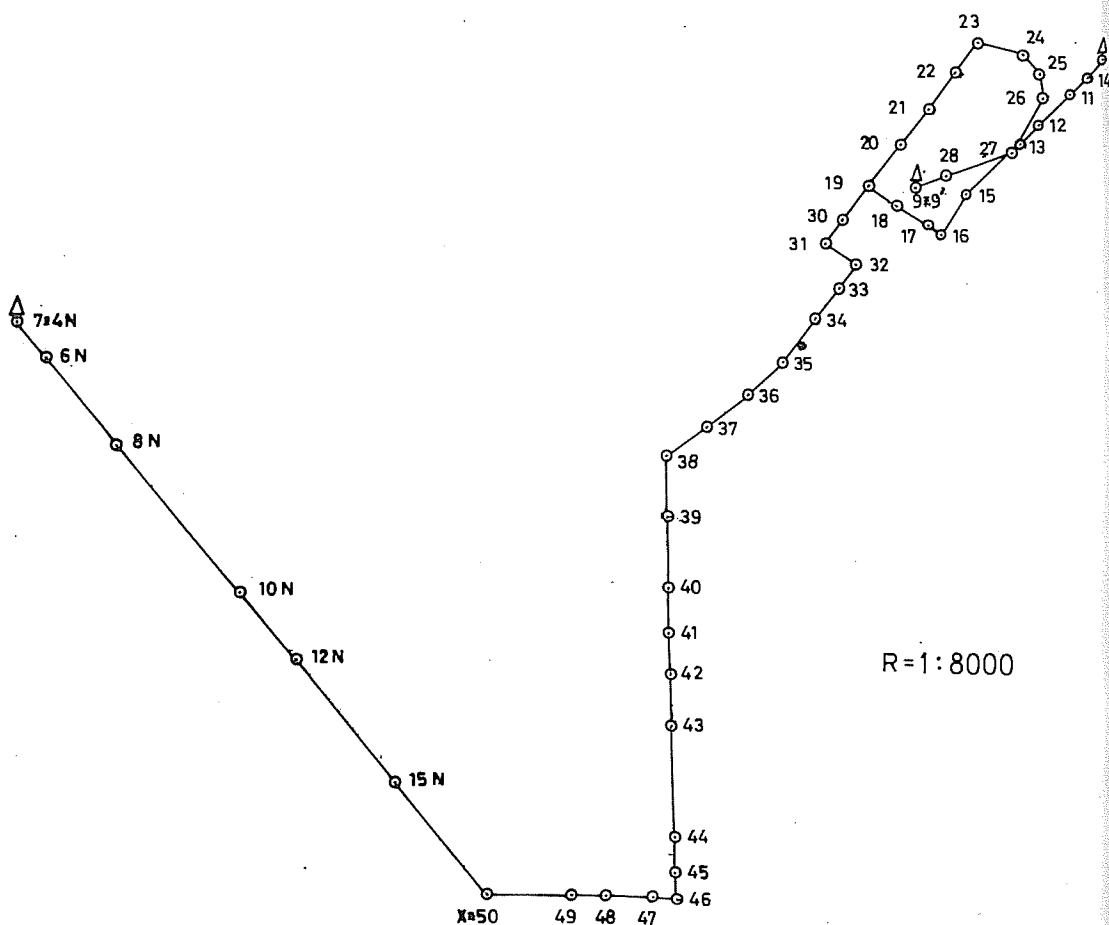
Za površinsku mrežu, s obzirom na konfiguraciju zemljišta i potrebe povezivanja sa podzemnom mrežom, odabran je geodetski četverougao sa 4 manja trougla (slika 2.).



Slika 2.

Tačka $\triangle 7$ postavljena je na početku niskopa, tačka $\triangle 9$ iznad glavnog okna K1, čija je projekcija ispod nje na dubini 88 m, označena sa $\triangle 9'$, a tačka $\triangle 10$ je iznad bušotine čija je projekcija ispod nje na dubini 10 m označena sa $\triangle 10'$.

Od tačke $\triangle 9'$ postavljen je podzemni poligonski vlak (slika 3.) do tačke $\odot 48$ odakle je dalje vršen proračun za davanje pravca po položaju i visini da bi se rudarski radovi usmjerili prema projektom zadatoj tački X. U cilju prenosa orijentacije pod zemlju postavljen je podzemni poligonski vlak od $\triangle 10'$ do $\triangle 9'$ (slika 3.).

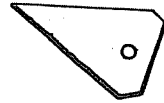


S1.3.

2. STABILIZACIJA TAČAKA, SIGNALIZACIJA TAČAKA I MJERENJE

Triangulaciona mreža na površini stabilizovana je armirano-betonskim biljegama, a signalisana Wildovim markicama koje su precizno optičkim viskom postavljane iznad tačaka. Mjerenje uglova je vršeno instrumentom Wild T2 u tri (3) girusa. Dužine su mjerene distomatom Wild DI-3 i to: $\triangle 6 - \triangle 7$, $\triangle 8 - \triangle 2$ i $\triangle 8 - \triangle 3$.

Podzemna poligonska mreža stabilizovana je u krovini podzemnih prostora posebnim "štift" biljegama prikazanim na slici 4. Signalizacija je vršena Wildovim markicama. Centrisanje instrumenta i markica vršeno je zenit-nadir-lotom, gdje je korišten pribor za prisilno centrisanje. Uglovi su mjereni instrumentom Wild T2 u dva girusa. Dužine su mjerene daljinomjerom Wild DI-3.



S1.4.

3. IZRAVNANJE TRIANGULACIONE MREŽE

Triangulaciona mreža je izravnata kao lokalna tako što je za čvrstu tačku usvojen $\triangle 7$ koji se nalazi na osovini početka niskopa i direkcioni ugao pravca $\triangle 7 - \triangle 10N$ već započetog kopanja niskopa. Ove koordinate i direkcioni ugao dobijeni su pomoću postojeće poligonske mreže u Rudniku, tako da će koordinate sračunatih tačaka biti takodjer u sistemu u kome su i koordinate postojeće mreže Rudnika. Izravnaje je vršeno posrednom metodom na računaru IBM 4331 koji se nalazi na Gradjevinskom fakultetu u Sarajevu.

Podaci i rezultati

PRAVCI, NAGIBI I GREŠKE PRAVACA

STANICA 8.

2.	0.0	3270330.49	0.51
3.	900147.00	570516.47	-0.51

STANICA 10.

2.	0.0	2934920.00	0.01
3.	250139.00	3185058.98	-0.01

STANICA 3.

2.	0.0	2801448.50	-0.47
10.	2183610.00	1385058.98	0.01
4.	2783130.00	1984618.94	-0.03
8.	3165027.00	2370516.47	0.50

STANICA 2.

3.	0.0	1001448.50	0.50
10.	133432.00	1134920.00	-0.01
8.	464843.00	1470330.49	-0.52
4.	614011.00	1615459.51	0.50
5.	1661519.00	2663006.89	-0.12
1.	1925101.00	2930548.67	-0.34

STANICA 4.

1.	0.0	3061306.95	0.04
2.	354153.00	3415459.51	-0.40
3.	723312.00	184618.94	0.03
5.	3422435.00	2883742.23	0,33

STANICA 5.

4.	0.0	1083742.23	0.14
1.	2392812.00	3480553.99	-0.10
6.	2834529.00	322311.28	0.18
2.	3375225.00	863006.89	-0.21

STANICA 1.

4.	0.0	1261306.95	-0.86
5.	415246.00	1680553.99	0.18
2.	3465240.00	1130548.67	0.86
6.	3570152.00	1231459.63	-0.18

STANICA 6.

1.	0.0	3031459.63	0.17
7.	1870713.00	1302212.49	0.02
5.	2690812.00	2122311.28	-0.19

STANICA 7.

9.	0.0	1733143.46	-0.02
6.	1365029.00	3102212.49	0.02

DUŽINE I GREŠKE DUŽINA

8.	2	228.266 -	-0,002
8.	3	243.307	0.002
6.	7	35.708	-0.000

Sr.GREŠKA JED. TEŽINE $M_0 = 0.659''$

KOORDINATE I SREDNJE GREŠKE KOORDINATA

Br.tačke	X	Y	MX	MY
10.	872796.307	522148.509	0,018	0,037
2.	872995.088	521698.286	0,012	0,027
3.	872935.725	522026,671	0,015	0,034
4.	872472.046	521869.076	0,024	0,031
5.	872923.634	520529.404	0,012	0,009
8.	872803.522	521822.412	0,016	0,029
1.	873549.871	520397.416	0,008	0,012
6.	873304.819	520771.185	0,004	0,005
7.	873281.690	520798.390	0.000	0,000

4. POVEZIVANJE POVRŠINSKE I PODZEMNE MREŽE

Prvo je izmjereno vezni ugao na tački $\triangle 8$ i strana $\triangle 8 - \triangle 9$. Tačka $\triangle 9$ je bila markica postavljena na stativu na skeli koja je iznad glavnog okna K1 za tu svrhu izgrađena. Ova tačka je služila samo dotle dok se njena projekcija ne prenese na dno okna (dubina 88 metara), pa se naziva izgubljena tačka.

Nakon mjerenja dužine skinuta je markica i na njeno mjesto postavljen je zenit-nadir-lot, te pomoću njega nadjena projekcija tačke $\triangle 9$ koju smo nazvali $\triangle 9'$. Tačku $\triangle 10$ predstavljala je markica postavljena na stativ iznad bušotine, koja je opažena u sklopu triangulacione mreže i služila dotle dok se nije odredila njena projekcija koju smo označili sa $\triangle 10'$.

Poslije toga je od $\triangle 10'$ do $\triangle 9'$ izmjereno poligonski vlak (slika 3.) i sračunat direkcionni ugao v_{28}^{27} (tačke $\triangle 10'$ i $\triangle 9'$ su povezane podzemnim hodnicima).

Ovaj direkcionni ugao je izmjereno i žiro uredjajem Wild GAK 1. Razlika v_{28}^{27} dobijenog pomoću poligonskog vlaka i žiro uredjaja iznosila je svega 15 sekundi.

5. NIVELANJE I VISINSKO POVEZIVANJE NADZEMNE I PODZEMNE MREŽE

Nivelanje je vršeno od $\triangle 7$ pa do $\triangle 10$ instrumentom Zeiss Koni 007 u oba smjera. Zatim je kroz bušotinu K2 pomoću precizne čelične pantljike, koja je vertikalno obješena preko stativa dobijena kota $\triangle 10'$. Nivelanje kroz podzemne hodnike vršeno je metodom trigonometrijskog nivelmana pomoću vertikalnog ugla i dužina dobijenih distomatom DI-3 zajedno sa mjerenjem horizontalnih uglova.

Sva mjerenja na zemlji i pod zemljom kako položaja tako i visina izvršena su dva puta i to: prvo mjerenje u mjesecu junu 1983. a drugo u januaru 1984. godine.

6. OBILJEŽAVANJE POLOŽAJA TAČKE "X"

Polazeći od koordinata Δ 9' i direkcionog ugla v 27 sračunate su koordinate poligonskih tačaka 27, 28. itd. do o 48 dokle je bio prokopan podzemni hodnik. Za kontrolu u ovom vlaku su žiro uredjajem izmjereni direkcionni uglovi strana na sredini i na kraju vlaka. Slaganje ovih uglova sa sračunatim u poligonskom vlaku do na 7-8 sekundi govori još jednom o tačnosti žiro uredjaja.

Polazeći od visine Δ 10' sračunate su visine svih poligonskih tačaka.

Pomoću koordinata tačaka o 47 i o 48 i visine tačke o 48 i projektom zadatog prostornog položaja tačke X (o 50) sračunat je pravac kopanja prema tački X. Poslije otkopavanja prostora oko tačke X (januar 1984. god.), tačka X je privremeno stabilizovana. Odmah je izvršeno i drugo kompletno mjerenje (površinsko i podzemno) po položaju i visini, te izvršeno njihovo priključenje i to položajna mjerenja kroz glavno okno K1, a visinska kroz bušotinu K2.

Poslije izvršene numeričke obrade (na isti način kao i u prvoj seriji) dobijene su koordinate i visina tačke X. Pošto su se ove koordinate razlikovale od projektovanih u granicama tačnosti mjerenja za konačne vrijednosti usvojena je aritmetička sredina i na osnovu nje definitivno stabilizovana tačka X. Iz ove tačke je obilježen pravac kopanja tunela prema tački Δ 7.

7. PRORAČUN TAČNOSTI POLOŽAJA TAČKE PROBOJA P

Polazimo od početne tačke $\Delta 7$ čije su srednje greške koordinata 0,00. S obzirom na ovu tačku kako pokazuju rezultati izravnjanja mreže srednje greške koordinata $\Delta 8$ iznose:

$$M_{y_8} = 2,9 \text{ cm.} \quad M_{x_8} = 1,6 \text{ cm.} \quad (1)$$

7.1. Srednja greška koordinata tačke $\Delta 9$

$$M_{y_9}^2 = M_{y_8}^2 + m_d^2 \sin^2 v_8 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} d_{8-9}^2 \cos^2 v_8 + m_{p_y}^2; \quad (2)$$

$$M_{x_9}^2 = M_{x_8}^2 + m_d^2 \cos^2 v_8 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} d_{8-9}^2 \sin^2 v_8 + m_{p_x}^2$$

$m_\beta = 5''$, $m_d = 1 \text{ cm}$, $m_{p_x} = m_{p_y} = 2,0 \text{ cm}$. (greška projekcije tačke $\Delta 9$).

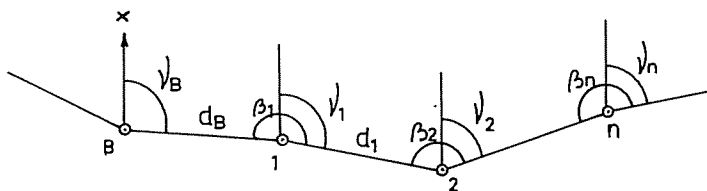
$$M_{y_9}^2 = 2,9^2 + \sin^2 v_8 + \frac{25''}{\rho^2} d_{8-9}^2 \cos^2 v_8 + 2,0^2 = 13,35 \quad (3)$$

$$M_{x_9}^2 = 1,6^2 + \cos^2 v_8 + \frac{25''}{\rho^2} d_{8-9}^2 \sin^2 v_8 + 2,0^2 = 6,56$$

7.2. Srednja greška koordinata tačke $\odot 50$ (X)

Suma koordinatnih razlika u nekom poligonskom vlatku, prema slici 5, iznosi:

$$\begin{aligned}
 y_{B,n} &= y_n - y_B = d_B \sin \nu_B + \sum_{i=1}^{n-1} d_i \sin \nu_i \\
 x_{B,n} &= x_n - x_B = d_B \cos \nu_B + \sum_{i=1}^{n-1} d_i \cos \nu_i
 \end{aligned}
 \tag{4}$$



Sl. 5.

Srednju grešku početnog direkcionog ugla ν_B označimo sa m_B , srednju grešku mjerenja prelomnih uglova sa m_β i srednju grešku mjerenja strana sa m_d .

S obzirom na formule (4) i na činjenicu da na analizu tačnosti konstante nemaju uticaja, imamo pravo pisati:

$$\begin{aligned}
 y_{B,n} &= d_B \sin \nu_B + d_1 \sin(\nu_B + \beta_1) + d_2 \sin(\nu_B + \beta_1 + \beta_2) + \dots \\
 &\dots + d_{n-1} \sin(\nu_B + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{n-1})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_{B,n} &= d_B \cos \nu_B + d_1 \cos(\nu_B + \beta_1) + d_2 \cos(\nu_B + \beta_1 + \beta_2) + \dots \\
 &\dots + d_{n-1} \cos(\nu_B + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{n-1})
 \end{aligned}$$

Sada, s obzirom na zakon o prirastu grešaka, dobijamo:

$$\begin{aligned}
 m_{y_{B,n}}^2 &= m_d^2 (\sin^2 v_B + \sum_{i=1}^{n-1} \sin^2 v_i) + \frac{m_B^2}{\rho^2} (d_B \cos v_B + \sum_{i=1}^{n-1} d_i \cos v_i)^2 + \\
 &+ \frac{m_\beta^2}{\rho^2} (\sum_{i=1}^{n-1} d_i \cos v_i)^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} (\sum_{i=1}^{n-1} d_i \cos v_i)^2 + \dots \\
 &\dots + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} d_{n-1}^2 \cos^2 v_{n-1}
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 m_{x_{B,n}}^2 &= m_d^2 (\cos^2 v_B + \sum_{i=1}^{n-1} \cos^2 v_i) + \frac{m_B^2}{\rho^2} (d_B \sin v_B + \sum_{i=1}^{n-1} d_i \sin v_i)^2 + \\
 &+ \frac{m_\beta^2}{\rho^2} (\sum_{i=1}^{n-1} d_i \sin v_i)^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} (\sum_{i=1}^{n-1} d_i \sin v_i)^2 + \dots \\
 &\dots + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} d_{n-1}^2 \sin^2 v_{n-1}
 \end{aligned}$$

Na osnovu ispitivanja u podzemnim uslovima procijenjena je srednja greška mjerenja strane $m_d = 1,5$ cm, srednja greška početnog direkcionog ugla dobijena žiro uredjajem $m_{v_{g'}} = 10''$ i srednja greška prelomnog ugla $m_\beta = 5''$.

Kada ovo unesemo u formule 5 i prilagodimo ih za naš podzemni vlak (slika 3.) dobijamo:

$$\begin{aligned}
 m_{y_{g',50}}^2 &= 1,5^2 (\sin^2 v_{g'}^{28} + \sin^2 v_{28}^{27} + \dots \\
 &\dots + \sin^2 v_{49}^{50}) + \frac{10^2}{\rho^2} (d_{g',28} \cos v_{g'}^{28} + d_{28,27} \cos v_{28}^{27} + \dots \\
 &\dots + d_{49,50} \cos v_{49}^{50})^2 + \frac{5^2}{\rho^2} (d_{g',28} \cos v_{g'}^{28} + \dots + \\
 &\dots + d_{49,50} \cos v_{49}^{50})^2 + \dots + \frac{5^2}{\rho^2} d_{49,50}^2 \cos^2 v_{49}^{50} = 72,58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_{x_{9',50}}^2 &= 1,5^2 (\cos^2 v_{9'}^{28} + \cos^2 v_{28}^{27} + \dots \\
 &\dots + \cos^2 v_{49}^{50}) + \frac{10^{112}}{\rho^{112}} (d_{9',28} \sin v_{9'}^{28} + d_{28,27} \sin v_{28}^{27} + \dots \\
 &\dots + d_{49,50} \sin v_{49}^{50})^2 + \frac{5^{112}}{\rho^{112}} (d_{9',28} \sin v_{9'}^{28} + \dots \\
 &\dots + d_{49,50} \sin v_{49}^{50})^2 + \dots + \frac{5^{112}}{\rho^{112}} d_{49,50}^2 \sin^2 v_{40}^{50} = 164,92
 \end{aligned}$$

Sada srednja greška tačke o 50 (X) iznosi:

$$M_{Y_{50}}^2 = M_{Y_{9'}}^2 + m_{Y_{9',50}}^2 = 13,35 + 72,58 = 85,93 \quad M_{Y_{50}} = 9,27 \text{ cm.}$$

$$M_{X_{50}}^2 = M_{X_{9'}}^2 + m_{X_{9',50}}^2 = 6,56 + 164,92 = 171,48 \quad M_{X_{50}} = 13,09 \text{ cm.}$$

Pošto su izvršena dva mjerenja i uzeta aritmetička sredina, to će konačne srednje greške biti:

$$\bar{M}_{Y_{50}} = \frac{M_{Y_{50}}}{\sqrt{2}} = 6,55 \text{ cm}; \quad \bar{M}_{X_{50}} = \frac{M_{X_{50}}}{\sqrt{2}} = 9,26 \text{ cm.}$$

Poprečna greška na pravac niskopa M_{pop} iznosi $M_Y (M_{\text{pop}} \approx M_Y)$ jer se x osa i pravac niskopa skoro poklapaju. Greška centrisanja instrumenta i markica su beznačajne ($m_i = m_s = 5 \text{ mm}$) te zato nisu uzimane u obzir.

Pošto je iz tačke X i iz tačke Δ vršeno obilježavanje prema tački P to i ovu grešku treba uzeti u obzir.

Od tačke X (o 50) do proboja predvidja se jedna stanica sa dužinom pravca oko 50 m, a sa Δ 7 četiri (stanice) sa ukupnom dužinom oko 900 m.

Kako se radio tunel u pravcu to podužna greška nije interesantna nego samo poprečna pa zato u formulama (5) članovi sa greškama dužina otpadaju.

$$m_{Y_{50,p}} = \frac{m''_y}{\rho''} d_{p,50} \cos v_{50}^p = \frac{10''}{\rho''} 5000 \cos 353^{\circ}31' = 0,24 \text{ cm.}$$

$$\begin{aligned} m_{Y_{7,5}}^2 &= \frac{m''_{\beta}{}^2}{\rho''^2} (4d \cos v)^2 + \frac{m''_{\beta}{}^2}{\rho''^2} (3d \cos v)^2 + \frac{m''_{\beta}{}^2}{\rho''^2} (2d \cos v)^2 + \\ &+ \frac{m''_{\beta}{}^2}{\rho''^2} d^2 \cos^2 v = \frac{10''^2}{\rho''^2} 16(22000 \cos 173^{\circ}31')^2 + \\ &+ \frac{5''^2}{\rho''^2} 9(22000 \cos 173^{\circ}31')^2 + \frac{5''^2}{\rho''^2} 4(22000 \cos 173^{\circ}31')^2 + \\ &+ \frac{5''^2}{\rho''^2} (22000 \cos 173^{\circ}31')^2 = 21,88 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$m_{Y_{7,50}} = \sqrt{m_{Y_{50,p}}^2 + m_{Y_{7,p}}^2} = \sqrt{0,24^2 + 21,88} = 4,68 \text{ cm.}$$

Poprečna greška, s obzirom na mjerenja u niskopu, od Δ 7 do σ 50 bit će:

$$m_{\text{pop.}} = m_{Y_{7,50}} = 4,68 \text{ cm.}$$

Ukupna poprečna greška:

$$M = \sqrt{M_{\text{pop.}}^2 + m_{\text{pop.}}^2} = \sqrt{6,55^2 + 4,68^2} = 8,06 \text{ cm.}$$

8. PRORAČUN TAČNOSTI VISINE TAČKE PROBCJA P

Polazimo od tačke $\overset{\Delta}{\text{B}}$ 7 od koje smo počeli nivelati i čija je srednja greška 0,00.

Procjenom iz ranijih mjerenja dobijeno je da je srednja greška za Zeiss Koni 007 po jednoj stanici 0,30 mm, a pošto ima od $\overset{\Delta}{\text{B}}$ 7 do $\overset{\Delta}{\text{B}}$ 10 27 stanica srednja greška biće:

$$M_{H_{10}} = 0,30 \sqrt{27} = 1,56 \text{ mm.}$$

Srednja greška prenosa visine, pomoću pantljičke, pod zemlju, prema procjeni iznosi 4 mm, pa je:

$$M_{H_{10}'} = \sqrt{1,56^2 + 4^2} = 6,24 \text{ mm.}$$

Srednje greške mjerenja visinskog ugla m_{α} , mjerenja visine instrumenta m_i i signala m_s , procjenjene prema terenskim podacima, iznose:

$$m_{\alpha_v} = 10'' \quad m_i = m_s = 5 \text{ mm.}$$

S obzirom da se visinska razlika računa po formuli

$$H = d \operatorname{tg} \alpha_v + i - s$$

to je njezina srednja greška

$$m_H^2 = m_d^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_v + d^2 \frac{1}{\cos^4 \alpha_v} m_{\alpha_v}^2 + m_i^2 + m_s^2$$

Pošto je α_v mali ugao prvi član se može zanemariti, pa kako je $\cos^4 \alpha_v \approx 1$, a prosječna vrijednost dužine d iznosi 100 m, biće

$$m_H^2 = d^2 \frac{m_{\alpha}^2}{\rho^2} + m_i^2 + m_s^2 = 100 \cdot 000^2 \frac{10^{11}{}^2}{0^{11}{}^2} + 5^2 + 5^2 = 98,5$$

$$m_H = 9,92 \text{ mm.}$$

Kako imamo do tačke proboja P oko 45 stanica računajući stanice od $\Delta 7$ do P srednja greška ovog nivelmana ΔH iznosi:

$$m_{\Delta H} = 9,92 \sqrt{45} = 66,54 \text{ mm.}$$

Ukupna greška proboja po visini iznosi:

$$M_{HP} = \sqrt{m_{H,10'}^2 + m_{\Delta H}^2} = \sqrt{38,93 + 4428,3} = 66,84 \text{ mm.}$$

(uzeto je u obzir samo drugo mjerenje).

9. OSTVARENA TAČNOST

Nakon proboja izvršeno je mjerenje od o 50 do P i od $\Delta 7$ do P (proboj).

Koordinate tačke P dobijene od $\Delta 7$ preko tačke $\Delta 9'$ (preko površinske i podzemne mreže) iznose:

$$Y_p = 520 884,090 \quad X_p = 872 524,952$$

Koordinate tačke P dobijene od tačke o 7 kroz niskop iznose:

$$Y_p = 520 884,195 \quad X_p = 872 524,535$$

Razlika po Y-osi je $f_y = 10,5 \text{ cm.}$

Dakle, poprečna greška proboja iznosi: $f_y = 10,5 \text{ cm.}$
Visina tačke P dobijene od $\Delta 7$ pa preko površinske i podzem-

ne mreže iznosi:

$$H_p = 262,891 \text{ m}$$

Visina tačke P dobijena od tačke $\overset{\Delta}{\text{O}} 7$ kroz niskop iznosi:

$$H_p = 262,674 \text{ m.}$$

Razlika je $f_h = 217 \text{ mm.}$

Kao što se vidi ove razlike su u granicama dvostruke i trostruke proračunate srednje greške, što je u skladu sa teorijom grešaka.

ZAKLJUČAK

Probijanje ovog niskopa je najveća investicija rudnika "Breza" od poslije rata do danas. Iz toga se vidi i važnost ovoga poduhvata u kojem su jednu od glavnih uloga odigrali geodetski radovi i proračuni. U svim etapama mjerenja učestvovalo je i mjerništvo rudnika Breza. Bez njihove pomoći (naročito u terenskim radovima pod zemljom) teško bi bilo uspješno završiti ovako složen poduhvat.

Što se tiče našeg iskustva koje bi vrijedilo za ovakve i slične poslove, mogli bi preporučiti sljedeće:

1. Površinska mreža treba biti što jednostavnija, izmjerena sekundnim teodolitom, čija bi jedna tačka bila na ulazu u niskop.
2. Izravnjanje treba vršiti po strogoj metodi i to tako da se tačka na početku tunela i direkcioni ugao pravca kopanja tunela usvoje kao početni (dati) elementi, tako da se srednje greške u blizini spuštanja pod zemlju odnose na usvojene početne elemente.

3. Prenos orijentacije pod zemlju kroz jedno okno ne bi trebalo vršiti na klasičan način, osim za radove u blizini okna 100-200 metara. Za sve ostale radove prenos orijentacije trebalo bi vršiti žiro uredjajem, čija je tačnost dobijanja azimuta ispod 10 sekundi.
4. Projektovanje tačke pod zemlju treba vršiti optičkim putem. U ovom slučaju je to vršeno zenit-nadir-lotom što se pokazalo dovoljno tačno i praktično. Ovim jednostavnim uredjajem vršeno je centrisanje instrumenata i signala za svu podzemnu mrežu što se pokazalo brzo i tačno.
5. Visinske razlike na površini su mjerene geometrijskim, a pod zemljom trigonometrijskim nivelmanom i to zajedno sa mjerenjem horizontalnih uglova i dužina, što se pokazalo dovoljno tačnim i praktičnim.