

ZANIMLJIVOSTI O TUNELIMA

Tunel St. Gotthard

Nije nam poznato koliko studenata Geodetskog fakulteta čita časopise *Mineral* ili *Geodetski list*? Autor ovih redaka opisao je u časopisu *Mineral* (br. 2, 2007) gradnju tunela za potrebe izgradnje željezničke pruge kroz masiv St. Gotthard i ponovno prepoznavanje starog znanca, tj. opaku zarazu – *Legionelu*. Ono što se dotada znalo, napisano je u *Geodetskom listu* i *Rudarsko-geološko-naftnom zborniku* (1990).

Težnje da se sjever i jug Švicarske te Njemačka i Italija povežu željezničkom prugom kroz Alpski masiv vrlo su starog datuma. Već 1852. godine sastavlja Švicarac Koller prve projekte podastрте 1861. godine topografskim nacrtima geodetskog inženjera Wetlija. U časopisima se navodi kako je Wetli imao terensku vještinu za topografsku pouzdanu izmjeru koja je već 1863. poslužila inženjerima Beckhu i Gerwigu za detaljni projekt i proračun 14,9 km tunela. Portal tunel na sjevernoj strani je kod Göschene na koti 1109 m n/m, a na južnoj strani kod Airolo na koti 1145 m n/m. Debljina planinskog masiva iznad tunela je 1800 m. Smjer osi tunela određena je triangulacijom, a potvrđena astronomskim opažanjima. Visine obaju portala utvrđene su preciznim nivelmanom tijekom 1869. godine.

U blizini portala sagrađeni su uredi, radionice, stambena i bolnička zgrada. Što su obostrani prokopi više napredovali, rasle su i poteškoće radnicima. Bilo je mnogih prodora podzemne vode, od 300 do 400 l/s, a temperatura zraka dosegala je do 34 °C. Glavni konzultant inženjer Louis Favre bio je prijatelj glasovitog fizičara ženevskog Univerziteta prof. Daniela Colladona, koji je genijalno osmislio uređaje i instalacije za tunel. Neumornim studijama i pokusima radio je na usavršavanju strojeva za bušenje, a naročito kompresora, ventilatora za provjetranje i dr. Zbog velike kompaktnosti i temperature u stijeni trebalo je na razmaku po 100 m lijevo i 100 m desno bušiti 2 m duboke sonde i u njima stalno opažati temperaturu. Poduzetnik i glavni inženjer Favre bio je danju i noću u *tamniku* (tunelu) te rukovodio cjelokupnom organizacijom posla, okružen štabom vrlo spretnih i požrtvovnih inženjera i suradnika, pa je svakodnevno napredovanje na proboju tunela zadivilo cijeli svijet.

Rudarski radovi u tunelu bivali su sve teže podnošljivi inženjeru i radniku. Ventilacija nije bila dostatna, plinovi nakon miniranja, čada ručnih uljenih fenjera te transpiracija ljudi, konja razorno su djelovali na zdravlje. Postavljanje drvenih greda, koje su trebale preuzeti ogroman pritisak masiva na nekim mjestima, činilo se uzaludnim.

Zdravstveno stanje 20 000 radnika svakodnevno se pogoršavalo. Pojavila se nova bolest, neka slabokrvnost, od koje je organizam postupno slabio i konačno bi podlegao. Za čitavo vrijeme proboja i gradnje oboljelo je 10 000 radnika od te bolesti, za koju se tek kasnije ustanovilo da ju je prouzročila sitna glista nađena u crijevima bolesnika. Terapijom i profilaksumom uspjelo je poslije tu podmuklu napast zatomiti, a pojavila se ponovno kao *Legionela* 1987. godine. Ta nemila bolest poznata je u analima medicine kao *Gotthardanemie* ili *Gottwardwurm*. Kod građevinskih radova u tunelu poginulo je 180 radnika, teško ranjeno približno 400, a od spomenute bolesti umrlo je više stotina radnika.

Inženjer Louis Favre nije doživio proboj tunela. Od silnih napora, duševnih i tjelesnih, u nadčovječnoj borbi s mračnim silama podzemlja, uvidjevši da uslijed nepredviđenih poteškoća neće moći održati ugovorom zajamčeni rok, toliko je oslabio da ga je 17. srpnja 1879. u samom rovu u krugu njegovih inženjera zadesio moždani udar. U rodnom gradu Ženevi podignut mu je kasnije spomenik. Upravu poduzetništva preuzeo je njegov zamjenik inženjer Bossi.

Prokop je probijen 29. veljače 1880. godine, a slava velikog pothvata odjeknula je cijelom Europom. Posljednjim udarcem rudarsko-geološkim čekićem pojavilo se okno kroz koje je pružena prvo fotografija glavnog inženjera Favrea; da njegov duh prvi prođe. Inženjer južne sekcije Lusser na fotografiji je napisao: "*Qui est plus digne de passer le premier que celui qui nous était patron, ami et père. Viva il Gottardo!*" (Tko je više zavrijedio da prođe prvi nego onaj koji nam je bio šef, prijatelj i otac. Živio Gottarde!).

Za astronomsku orijentaciju, triangulaciju i svakodnevno iskolčenje osi tunela stekli su trajne zasluge mjernici, uz *Kollera još Gelpke* i *Koppe*. Nadzorni inženjeri bili su na sjevernom portalu *Doležalek* (rod. 1843. u Mariboru, kasnije dugogodišnji profesor Tehničke visoke škole u Charlottenburgu) i *G. Zollinger*, a na južnom portalu *Bolley*. Zaslužni švicarski inspektor bio je *Kaufmann*.

Doline su savladane pomoću vođenja sedam spiralnih trasa, pa je to primjer uspješnog i vještog trasiranja cijele pruge. Spiralni tuneli: *Pfaffenspung* (1476 m), *Wattigen* (1083 m) i *Leggistein* (1089 m), spiralni tunel *Freggio* (1567 m) kod rijeke Ticino i *Prato* (1560 m) te u tjesnacu Biaschina spiralni tunel *Pianotondo* (1508 m) i *Travi* (1547 m).

Odstupanje proboja po osi tunela u horizontalnom smjeru bila je 33 cm, a u visinskom smislu samo 5 cm, dok je stvarna duljina tunela bila 7,6 m kraća od proračunate. Proboj i gradnja tunela duljine 14,9 km trajala je 9 godina 3 mjeseca i 17 dana, a ugovoreni rok bio je 8 godina.



Slika 1. Terenski metalni dijagram.

Brzina u krivini (zavoju) strogo je određena prema propisima Generalne direkcije državnih željeznica, a povišenje za vanjsku šinu određeno je formulom za nagib vagona i brzinu. Ako je za prelaznu rampu zadano $R = 40$ m i brzina $v_{\max} = 19$ km/h, tada je povišenje 38 mm koje smo očitali na terenskom metalnom dijagramu (slika 1). Radijus te metalne četvrtine kruga je 14,5 cm (vidi P. Riškov: Brzina u krivini željezničke pruge, Tehnički list, 1938). Ekspozat prikazan na slici 1 nalazi se od 20. listopada 1994. godine u stalnom postavu Tehničkog muzeja u Zagrebu, u odjelu Zemljomjerstvo – Katastar.

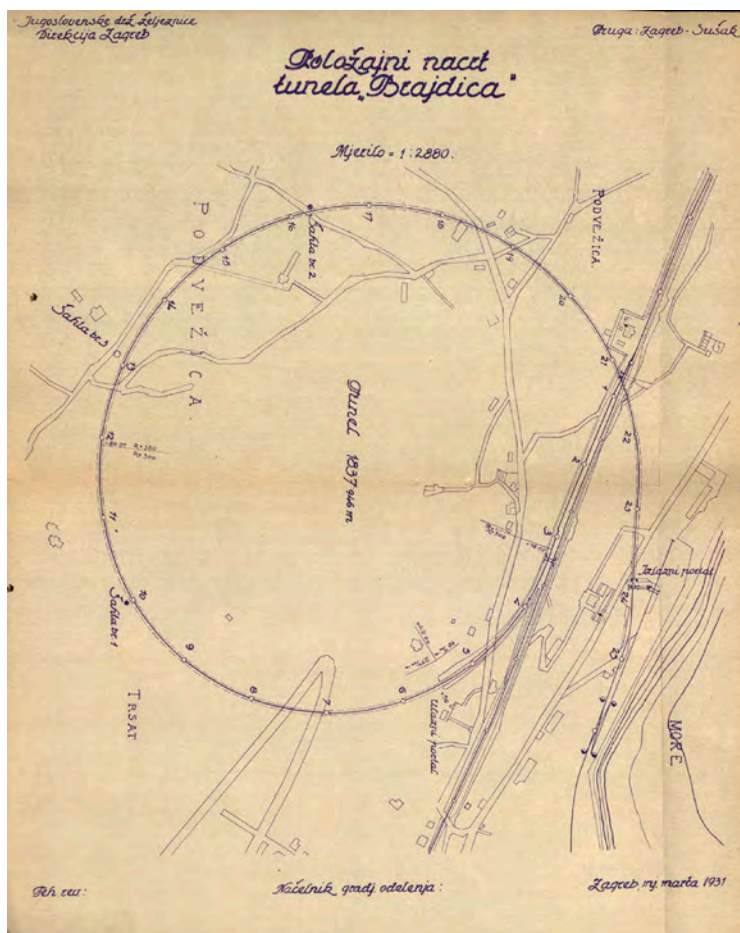
Studenti Geodetskog fakulteta u 20. st. slušali su i polagali kolegij *Trasiranje cesta i željeznica*, učenici Geodetske tehničke škole u Zagrebu pohađali su predmet *Geodezija u inženjerstvu – građenje željeznica i tunela* (ing. Cvetković, Beograd, 1948), a učenici Direkcije za željeznice Zagreb, koji su se školovali za građevinskog tehničara, imali su u nastavnom programu predmet *Geodezija* (ing. L. Lajko).

Spiralni tunel Brajdica

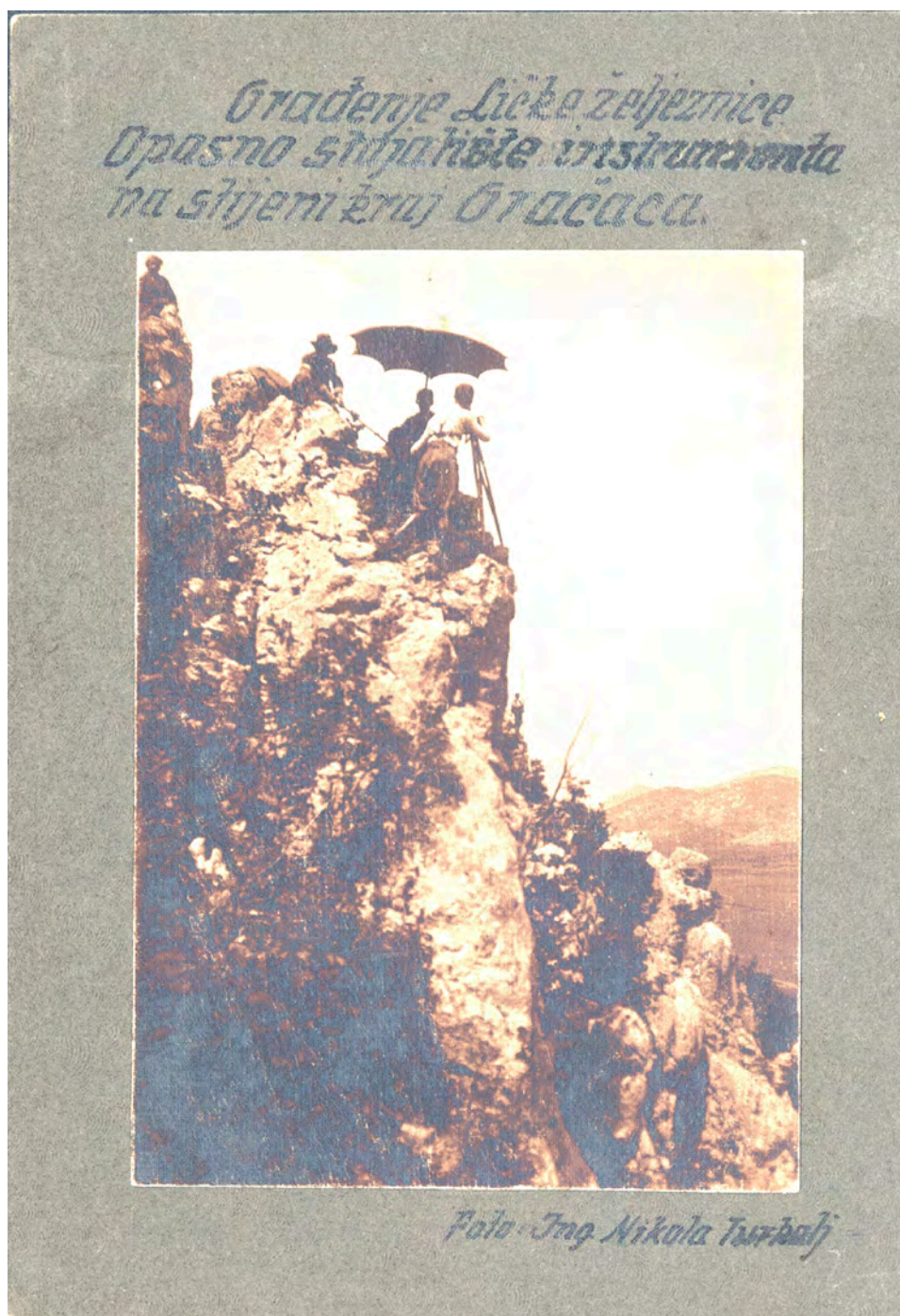
U Tehničkom muzeju grada Zagreba održana je tijekom svibnja 2015. godine izložba *Željeznički kolodvori u Hrvatskoj*. Zahvaljujući suradnji Tehničkog muzeja i Hrvatskoga željezničkog muzeja, muzejska savjetnica Neda Staklarević i ravnateljica Tamara Štefanac objelodanile su bogato opremljenu knjigu s fotografijama i artefaktima na 303 stranice. Slijedi kratak opis samo nekih saznanja o željezničkoj pruzi Zagreb – Sušak i tunelu *Brajdica*, kao nastavak o *spiralnim tunelima*. Tunel *Brajdica* duljine je 1837,946 m, pruga je postavljena s $R_1 = 300$ m na duljini 432,095 m i $R_2 = 542,00$ m te nagibom od 21‰. *Brajdica* je dulja od Št. Gottharda za 278 m, a spada u najdulje tunele toga doba. Probijanje tamnika (tunela) trajalo je 3 godine, a pušten je u promet 15. veljače 1900. godine.

Poprečno odstupanje od osi bilo je 5 cm, uzdužno odstupanje 2 cm, a visinska razlika bila je tek nekoliko centimetara. Glavni geodetski inženjer bio je Nikola Turkalj.

Vrijedilo bi istražiti također o kolegama koji su svojim terenskim radom pridonijeli razvoju željezničke i cestovne mreže u Hrvatskoj.



Slika 2. Položajni nacrt spiralnog tunela Brajdica izraden prilikom revizije 1931. godine.



Slika 3. Triangulacijska i astronomska točka za ulazni portal.



Slika 4. Završni radovi na ulaznom portalu.



Slika 5. Glavni geodetski inženjer Nikola Turkalj sa suradnicima i figurantima ovjekovječili su fotografiju svojim potpisima.

Božidar Kanajet