

NAJDUŽI ŽELJEZNIČKI TUNEL NA SVIJETU

Izravno povezivanje sjevera i juga Europe

PRIPREMILA
Anđela Bogdan

Stručnjaci probijanje tunela kroz švicarske Alpe po važnosti za svjetsku ekonomiju uspoređuju s utjecajem koji su imale gradnje Panamskog i Sueskog kanala

Bilo da se grade probijanjem stijena, kopanjem pod zemljom ili spajanjem cijevi pod vodom, tuneli pripadaju najskupljim graditeljskim pothvatima. No kada budu sagrađeni, postaju važan gospodarski čimbenik jer se njima dopremaju voda i raznovrsne rude ili se upotrebljavaju za prijevoz ljudi i dobara kraćim i jeftinijim putem. Iako su suvremeni strojevi u stanju izbušiti i više od 80 m tunela na dan, bušenje je uvijek dio složenog i za inženjere izazovnog i rizičnog pothvata.

Tunel je još 1947. zamislio švicarski inženjer Gruner koji je predložio trasu kroz središnje Alpe da se spriječe prometne gužve na vijugavim alpskim cestama

Trenutačno se u Japanu vozi najdužim željezničkim tunelom na svijetu. Tunel Seikan, izgrađen 1988., povezuje japanske otoke Honšu i Hokaido, a dugačak je 53,8 km, od čega je 23,3 km ispod morskog dna. Podvodni je dio tunela iskopan 140 m ispod morskog dna te se tunel nalazi na ukupnoj dubini od 240 m. Stoga to nije samo najduži već i najdublji tunel na svijetu koji služi za prijevoz ljudi i roba.

Tunel kroz središte planinskog lanca

Ipak, krajem se sljedeće godine očekuje otvaranje novoga željezničkog baznog tunela Gotthard u Švicarskoj, koji će sa svojih 57 km premašiti dosadašnjega svjet-

skog rekordera. Taj je tunel, često nazivan GBT (prema njem. Gotthard-Basistunnel), još davne 1947. zamislio švicarski inženjer Carl Eduard Gruner (1905. – 1984.), koji je tada predložio gradnju tunela kroz središnje Alpe, između kolodvora Erstfeld u kantonu Uri i Bodio u kantonu Ticino, na južnoj granici Švicarske i Italije, kako bi

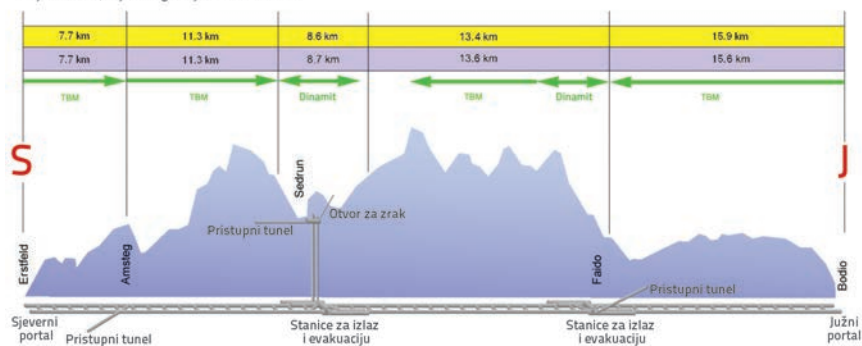
se izravno povezali sjever i jug Europe te spriječili velike prometne gužve na vijugavim alpskim cestama. Zbog onečišćenja okoliša i buke švicarska je vlada 1989. ograničila promet kamiona preko Alpa, pa je projekt konačno odobren.

Budući da suvremeni teretni vlakovi zahtijevaju blage uzdužne nagibe, tunel je trebalo probiti kroz središte planinskog lanca da bi se izbjegle stjenovite padine i pukotine u stijenama. U taj se golemi projekt planira uložiti približno 12 milijardi eura, a dosad je, prema objavljenim podacima, utrošeno gotovo tri četvrti-



Prikaz trase tunela ispod Alpa

Nova željeznička veza kroz Alpe
 Gotthard bazni tune
 između gradića Erstfeld i Bodio u Švicarskoj
 duljina: 57 km, vrijeme izgradnje: 1995. do 2017.



Uzdužni prikaz dionica tunela

ne. Europska komisija predviđa da će se otvaranjem novog tunela opseg teretnog prijevoza u alpskoj regiji povećati čak 75 posto.

Bazni tunel Gotthard ima golemu gospodarsku važnost jer će omogućiti brži, lakši, jeftiniji i ekološki prihvatljiviji prijevoz ljudi i dobara kroz Alpe. Gradnja tunela započela je prije gotovo dva desetljeća, a jedan od glavnih ciljeva bio je zaštita okoliša i prirode jer su brojne studije dokazivale da veliko prometno opterećenje šteti Alpama, pa bi u skladu s time sav cestovni promet trebalo preusmjeriti na željeznicu.

olakšan i prijevoz milijuna tona roba između važnih pomorskih luka poput Rotterdama na Sjevernome moru i Genove na Sredozemlju. Tunel će omogućiti rješavanje cestovnih prometnih problema u Alpama, koje su gotovo nesavladiva prometna barijera, i rastretiti europski cestovni promet, dok će istodobno doprinijeti razvoju europske željezničke mreže brzih vlakova. Dnevno će kroz njih prolaziti 300 putničkih i teretnih vlakova, što je dvostruko više od sadašnjeg protoka. Pri brzini putničkih vlakova od 200 do 250 km/h put između Züricha i Milana trajat će dva

sata i 40 minuta, odnosno bit će kraći za sat vremena.

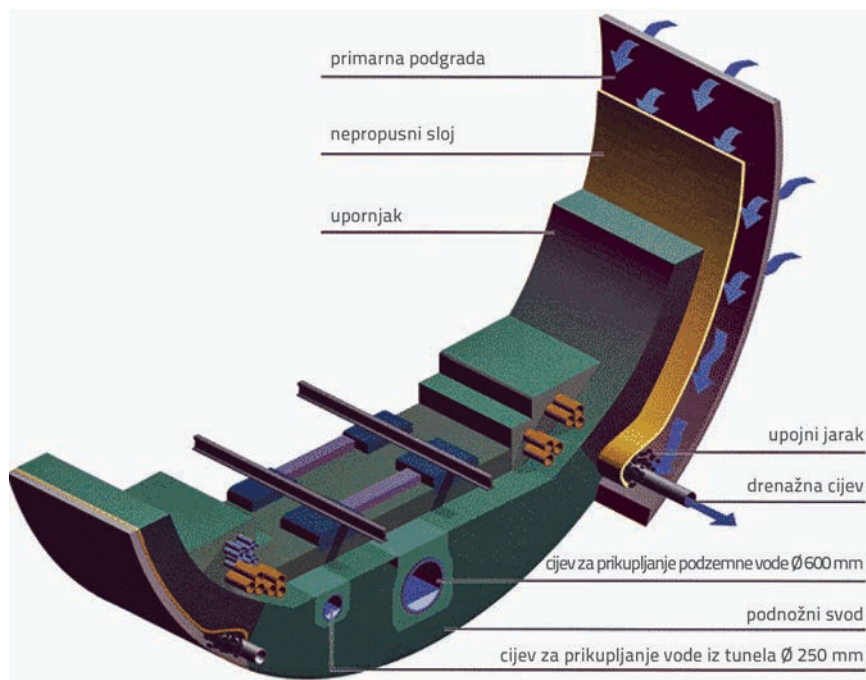
Stara željeznička pruga prelazi preko masiva St. Gotthard na visini od 1100 m i vlakovi koji po njoj voze ne smiju imati masu veću od 1700 bruto tona. Novi tunel omogućit će promet vlakova mase do 4000 tona. Protočnost cijele pružne dionice će se s današnjih 150 teretnih vlakova na dan znatno povećati, a predviđa se da će kroz tunel godišnje biti prevezeno približno 40 milijuna tona robe. Kroz tunel će voziti i RoLa vlakovi (od njem. *Rollende Landstraße* – kotrljajuća cesta), odnosno vlakovi s posebnim niskopodnim vagonima koji služe za prijevoz kamiona i kamionskih prikolica. Naime, planirano je smanjivanje broja kamiona koji će prelaziti preko Alpa s 1,3 milijuna na 650.000 na godinu u roku od dvije godine od puštanja tunela u promet.

Smanjivanje opsega cestovnog prometa

Bazni tunel Gotthard dio je željezničke mreže poznate pod akronimom NEAT (*Neue Eisenbahn-Alpentransversale* – Nove željezničke poveznice kroz Alpe), u sklopu koje je već izgrađen željeznički bazni tunel Lötschberg (dug 36,4 km,

Švicarska je na referendumu prihvatila preusmjeravanje cestovnog prometa na željezničke pruge, a to su podržale Francuska, Austrija i Italija

Po važnosti za svjetsku ekonomiju, probijanje tunela kroz švicarske Alpe mnogi uspoređuju s utjecajem koji su imale gradnje Panamskog i Sueskog kanala. Za detaljno planiranje, projektiranje i izvođenje te impresivne inženjerske građevine zaslužne su tvrtka ATG AG (*AlpTransit Gotthard*) u potpunom vlasništvu SBB-a (*Schweizerische Bundesbahnen* – Švicarske savezne željeznice) i velika austrijska građevinska kompanija *Strabag*. Kada tunel bude pušten u promet, putovanje između sjevernih i južnih obronaka Alpa bit će znatno kraće, a bit će



Presjek dijela tunelske cijevi



Detalj radova u tunelu

otvoren 2007.), a od 2010. gradi se i bazni tunel Ceneri (dug 39,78 km), koji bi u promet trebao biti pušten 2019. godine. Švicarska je na referendumu 1994. prihvatila Alpsku inicijativu kojom se obvezuje preusmjeravanje cestovnog prometa na željezničke pruge. Tu inicijativu prihvatile su Francuska, Austrija i Italija koje također pokušavaju znatno unaprijediti svoj željeznički promet.

U skladu s time u međuvremenu je rekonstruiran i osuvremenjen cestovni tunel Frejus između Francuske i Italije, a planira se i brza željeznička pruga između Lyona i Torina koja bi trebala skratiti putovanje između tih gradova na dva sata, ali i drastično smanjiti opseg cestovnog prometa u tome dijelu Alpa. Ipak, procjene troškova stalno rastu, pa su s 12 milijardi eura u 2002. za deset godina narasli na 26,1 milijardu i pitanje je što će od svega toga biti. Međutim, gradi se i veliki željeznički bazni tunel Brenner (dug 55 km) između Innsbrucka i Fortezze u Italiji koji će znatno skratiti postojeću željezničku prugu. To će poboljšati veze između sjeverne Italije i zapadne Austrije koje danas ponajviše ovise o cestovnome tunelu Brenner. Radovi su započeli 2006. i bilo je planirano da budu završeni 2025., ali je moguće, vjerojatno zbog financijskih razloga, da rokovi budu i produženi.

Umjesto teškim kamionima po cestama koje vijugaju alpskim visovima, roba će se zajedno s vozilima prevoziti teretnim vlakovima. Tamošnji su ekolozi pozdravili tu ideju, jer će na taj način biti pošteđene rijetke biljne i životinjske vrste te usporena erozija planinskog lanca kojoj pridonose vibracije motornih vozila.

Radovi na bušenju baznog tunela Gotthard započeli su 1996., a predviđa se da će tunel biti otvoren u lipnju 2016. godine. Zapravo je riječ o dva glavna paralelna tunela i cijelome labirintu pristupnih tunela, prolaza i okana u ukupnoj dužini od 153,5 km, pa je položeno ukupno 230

km kolosijeka. Trasa je smještena ispod planina visokih i do 3000 m, a cijevi su na nekim mjestima čak 2500 m ispod površine tla.

Cijevi su promjera 10 m, istočna je duga 51,104 km, a zapadna 51,017 km, razmaknute su 40 m i na približno svakih 325 m spojene sigurnosnim prolazima. Najviša točka tunela je 550 m n.v., a najniža na južnome ulazu u tunel je na visini od 312 m. Vlakovi će u njima po potrebi moći mijenjati tunelske cijevi, odnosno kolosijeke. Zanimljivo je da je na polovici tunela izbušen okomiti otvor u planini dug 800 m kako bi se ubrzalo bušenje te se istodobno krenulo bušiti sa sve četiri strane, s dva glavna ulaza i dva u sredini tunela.

Švicarski su građevinari probili posljednji komad stijene u planinske masive 15. listopada 2010., a u gradnju je bilo uključeno više od 2500 radnika. Nadzorni inženjer Eduard Baer tog je dana trijumfalno podigao kipič sv. Barbare, zaštitnice rudara, pozirajući pred kamerama lokalnih i svjetskih medija pored divovske bušilice. Tijekom 14 godina izvađeno je 13 milijuna metara kubnih materijala, što je usporedbe radi, pet puta više od obujma Keopsove piramide u Egiptu.

Problemi u građenju i sigurnosni zahtjevi

Izgradnja tunela ne bi bila moguća bez preciznih tunelskih bušićih strojeva (TBM – *tunnel boring machine*) i vrhun-



Novi vlak švicarskih željeznica



Novi će tunel smanjiti promet po alpskim cestama

ske tehnologije. Nakon svakoga probušnog kilometra inženjeri su pomoću satelita provjeravali trasu tunela jer bi pogreška od samo nekoliko milimetara uvjetovala prekopavanje tog dijela tunela. Radi manjeg utjecaja na okoliš, beton za podgradu pripreman je od iskopanog materijala, umjesto dopremljenog, što je inače uobičajeno za izvedbu stalne obloge podgrađenog profila.

Tijekom gradnje radnici su se borili i s ekstremnim klimatskim uvjetima. Na ulaznom je dijelu temperatura bila približno 0°C, a u unutrašnjosti planine temperature su dostizale vrijednosti i do 40°C. U unutrašnjosti je zabilježena i veća vlažnost zraka.

Tijekom radova osam je ljudi izgubilo život, a bilo je i tehničkih problema i pogrešnih proračuna. Naime, tijekom bušenja tunela pokazalo se da se na mjestu gdje je trebala biti postavljena ventilacija nalazi velika pećina, pa je tunelska trasa pomaknuta za gotovo 300 m. Potom je jedan od osam tunelskih bušaćih stroje-

va mase 3000 tona zapeo u stijeni te se na njega obrušio tunelski svod. Radnici su ručno morali otkopavati stroj, ponovno postaviti svod i učvrstiti ga čelikom i betonom. Trebalo je šest mjeseci da stroj bude iskopan i vraćen u pogon. Zanimljivo je da je tunelski bušaći stroj kroz paralelni tunel udaljen samo 40 m od spornog mjesta prošao bez problema.

Nakon svakoga kilometra trasa se provjeravala pomoću satelita jer bi najmanja pogreška bila kobna, a beton je za podgradu pripreman od iskopanog materijala

Od početka radova inženjeri su morali smišljati rješenja u slučaju odrona stijena ili pojave vode. Kako bi spriječili prodiranje vode, što predstavlja najveću opasnost u gradnji bilo kojeg tunela. Na mlazni beton postavili su geotekstil de-

bljine otprilike 4 mm, a na njega hidroizolaciju od plastične folije debljine 2 mm koja se lijepila na prethodno postavljene plastične čepove. Geotekstil je omogućio cijeđenje procjednih voda do bočnih uzdužnih drenažnih cijevi i hidroizolaciju pri betoniranju betonske obloge.

U projektiranju ništa nije prepušteno slučaju. Velika, žuto obojena vrata označavaju izlazni tunel u slučaju nužde u koji se vlakovi mogu skloniti u slučaju kvara. Zahvaljujući izboru dvocijevnog tunela s jednosmjernim prugama u cijelosti je isključena mogućnost sudara dvaju vlakova iz suprotnih smjerova. Projektirane su stanice za slučaj opasnosti i galerije koje omogućuju izlazak i učinkovitu evakuaciju iz tunela. Zbog sigurnosti svih putnika, unutar tunela postavljeni su samo nužni sustavi, a sva ostala oprema postavljena je izvan tunela, na lako dostupnim mjestima ili u multifunkcionalnim galerijama.

Osigurati siguran i neometan željeznički promet zahtijeva neprekidno praćenje i

ispitivanje instaliranih sustava i opreme. Kontrola tunelskih tehnologija, za koju je zadužena tvrtka *Siemens*, prikazuje sve relevantne sustave i izvještča o kvaru elektromehaničke opreme i postrojenja. Tehnologija operatorima omogućuje sučelja koja imaju jasan pregled statusa sustava i njegovih komponenti u bilo kojem trenutku. Sve nepravilnosti koje se događaju mogu se odmah analizirati, a potom poduzeti mjere kako bi riješili problem. Upravljanje cjelokupnom opremom u tunelu automatizirano je i na taj način znatno će biti smanjene ljudske intervencije, dok će potencijalne opasnosti biti svedene na najmanju moguću mjeru. Na projektu Alp Transit Gotthard primijenjen je standardizirani sustav ERTMS/ETCS (eng. *European Rail Traffic Management System / European Train Control System*), koji podrazumijeva zamjenu

dosadašnjih optičkih signala za izdavanje naredbi radiosignalima. Sustav se trenutno primjenjuje i na ostalim europskim željeznicama. Vlakovi su opremljeni automatskim sigurnosnim sustavom, pa ne mogu prekoračiti dopuštenu maksimalnu brzinu niti voziti kada se oglasi signal za zaustavljanje. Sigurnosne mjere u baznome tunelu Gotthard bit će pouzdanije od ostatka željezničke mreže na području Švicarske jer međunarodna uloga te linije zahtijeva njezino besprijekorno funkcioniranje. Za održavanje i sigurnost tunela obučeno je 3900 ljudi, a dva su interventna centra izgrađena u gradićima Erstfeldu i Biascu.

Sada radnici na gradilištu provjeravaju pričvršćenja tračnica i električne priključke te obavljaju posljednje pripreme za probnu vožnju koja bi trebala početi u listopadu 2015.

Umjesto zaključka

Nitko ne osporava činjenicu da je bazni tunel Gotthard pravi graditeljski podvig, ali je ipak pitanje hoće li biti ostvareni ciljevi njegove gradnje te hoće li biti smanjen broj kamiona koji prolaze švicarskim Alpama. Nakon više od 20 godina radova i uloženi gotovo 10 milijardi eura, odgovor je i dalje nejasan. Iako je tunel gotovo dovršen, Švicarska vjeruje da Europi treba veća željeznička mreža, ali nove je projekte teško financirati u vrijeme ekonomske krize. Postoji mogućnost da će se zbog širenja regionalnog tržišta i proširene tunelske mreže povećati i broj kamiona, a to će dodatno utjecati na onečišćenje okoliša, kao što je to zaključeno u istraživanju iz 2013. koje je pripremio glavni odjel za cestovni promet u Bernu.