

mr.sc. Davorin Kolić dipl.ing.grad.
Neuron Consult ZT, Austrija
mr.sc. Ali Pazuki
Jean Launay prof.
Vinci Construction, Pariz

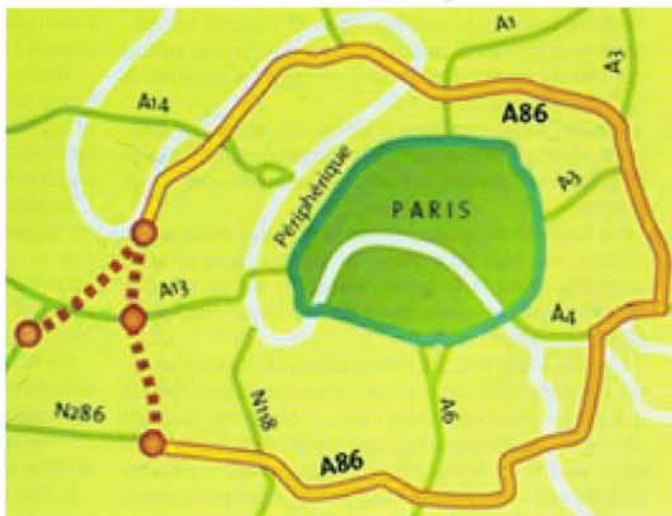
TUNEL SOCATOP NA PARIŠKOJ OBILAZNICI A86

54

Sažetak

Radi zatvaranja drugog prstena obilaznice Pariza, gradi se tunel dug 10 km za dvoetažni cestovni promet osobnih vozila. Projekt je jedinstven u svijetu po veličini, tipu i kapacitetu prometa. Dodatno su projektirane i izvedene brojne konstrukcije za ventilaciju i evakuaciju putnika u slučaju nesreća. Prometno rješenje odvaja korištenje prometa osobnih vozila od teretnih.

Privatno financiranje korišteno je kao uobičajeni oblik razvoja velikog projekta transportne infrastrukture uz potporu međunarodnih financijskih institucija. Razvijeni su elementi konstrukcije za nadopunu razine sigurnosti nakon nesreća u tunelima i spuštanja prometa u podzemlje iz ekoloških razloga.



Slika 1. Lokacija drugog prstena obilaznice Pariza, autoceste A86 i spoja tunelima za osobna i teretna vozila [10]

1. Uvodne napomene i razvoj projekta

Projekt A86-Zapad, ima povijest dužu od 20 godina jer su prvi počeci razvoja bili već u ranim 70tim godinama. U tome vremenu trasa je bila položena nadzemno i nakon prvih predstavljanja bespovratno je odbijena u javnosti. Razlog je bio u tome što je pravac pružanja trebao proći kroz mnoge novoizgrađene četvrti i šumske predjele, s brojnim vijaduktima preko četvrti naselja Viroflay i Rueil-Malmaison.

Desetak godina poslije pojavila se nova, ispravljena verzija trase, koja je dijelom bila položena podzemno, ali plitko metodom "zatrpanog jarka" (cut-and-cover). Naišla je također na masovne i jednoglasne prosvjede pa je eliminirana iz daljnjih razmatranja. Prijedlog je podrazumijevao sječu šume na oko čak 80% duljine trase, a sve kako bi u konačnici ostvario malo vidljive ulazne portale u podzemlje.

Stoga je podzemna varijanta bila i jedino prihvatljivo rješenje koje odgovara i današnjem poimanju prihvaćanja brze ceste u urbanoj sredini: ne vidjeti, ne čuti i ne mirisati, ali se njome moći koristiti.

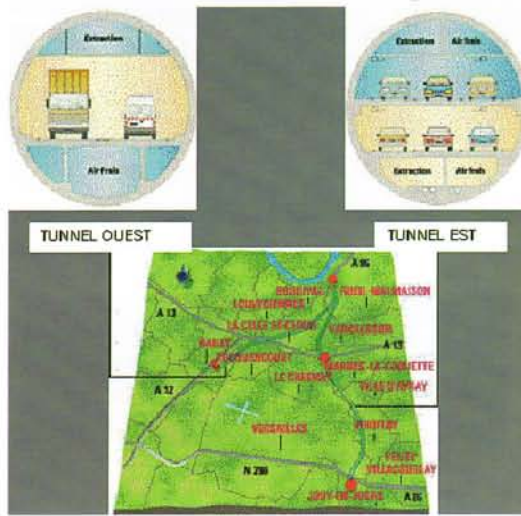
Podzemna varijanta bušenim tunelom u duljini od 10tak kilometara, koja je predložena od strane privatnog investitora COFIROUTE 1988. godine, pratila je ove zahtjeve i bila daleko inovativnija u rješavanju prometnog problema sa stanovišta zaštite okoliša. COFIROUTE je kao privatni investitor nudio ne samo izgradnju već i financiranje i vođenje korištenja projekta s održavanjem u obliku koncesijskog ugovora po metodi BOT (build-operate-transfer), a nastao je udruživanjem triju osnivača koji su eminentne francuske građevinske tvrtke i to VINCI (udio od 65.34% u koncesijskom društvu), EIFFAGE (udio 16.99%) i COLAS (udio od 16.67%).

Prijedlog projekta COFIROUTEa bazirao se na primjeni nove generacije rotacijskih bušućih strojeva koje su u stanju iskapat podzemlje prolazeći kroz različite geološke formacije sa i bez podzemne vode ("mixed face tunnel boring machines"). Ovim oblikom izvedbe se stvaraju tuneli kružnog promjera preko 10 m, u kojima se može prometna površina postaviti na dva kata za osobna vozila.

Novi prijedlog izgledao je daleko prihvatljivijim pa je Ministarstvo javnih radova u lipnju 1990. godine donijelo dozvolu i odluku o daljnjem razvoju projekta od strane koncesionara. Istodobno su započeli sa serijom predstavljanja rješenja projekta u javnosti kao i usporedna istraživanja i provjere zamišljenih tehničkih rješenja koja su se ticala prije svega osiguranja sigurnosti sudionika u prometu.



Slika 2. Položaj istočnog tunela za teretna vozila (tunnel ouest) i zapadnog tunela na dvije etaže za osobna vozila (tunnel est) na autocesti A86[10]



Slika 3. Poprečni presjeci zapadnog tunela za teretna vozila (tunnel ouest) i istočnog tunela na dvije etaže za osobna vozila (tunnel est) na autocesti A86 [10]

Također su istodobno razvijeni oblici suradnje na razvoju projekta u općinama na trasi projekta.

Na prijedlog Ministarstva javnih radova, vlada je odobrila 1992. godine izgradnju po ideji dvoetažnog tunela za osobna vozila. Ova odluka je ujedno značila i da će se pristupiti i gradnji drugog tunela za teretna vozila. Konačno oba projekta su prihvaćena kao objekti od javnog interesa odlukom iz prosinca 1995.

No, već u travnju 1994. godine donešena je odluka da se privatni koncesionar COFIROUTE imenuje i vodećim izvođačem na ovom projektu, koji će biti odgovoran za projekat, gradnju, korištenje i održavanje objekta. Time je jedan infrastrukturni prometni projekat od javnog značaja i interesa dodijeljen privatnom koncesionaru. Razlog leži u tome što novi, pionirski podzemno vođeni projekat košta neusporedivo više nego tradicionalni autoput na površini, a vlada nije bila voljna koristiti sredstva poreznih obveznika za unapređivanje prometa u samo jednoj regiji.

Radovi na projektu započeli su službeno u studenom 1996., ali su i prekinuti u veljači 1998. odlukom Državnog vijeća jer je ugovor za izvođenje dodijeljen COFIROUTEu bez provođenja natječaj na razini EU. Nakon prekida radova natječaj po propisima EUa je otvoren u travnju 1998. i proveden, a istoj grupaciji je prihvaćena ponuda u siječnju 1999., te su radovi započeli početkom 2000. godine.

2. Koncept prometnog rješenja i oblik financiranja

Projekt SOCATOP je završni dio drugog prstena obilaznice Pariza, koja ima ukupnu duljinu od 80 km i sekcija koja je sada u izradi je najduži podzemni autoput u Europi koja spaja Rueil Malmaison s Versaillesom na zapadu Pariza.

Prometno rješenje tunelima (sl.2), preuzima promet s površine i otkrećuje okolna mjesta i naselja. Istovremeno je duljina puta od Rueil Malmaison do Versaillesa smanjena na ne više od 10 minuta. Ovaj pristup vođenju prometa kroz tunel dolazi od ideje jednosmjernog prometa ograničene brzine koja smanjuje

mogućnost kolizija u tunelu. Na ulazu u sekciju tunela promet će se u budućnosti razdvajati na promet osobnim vozilima koji će se voditi istočnim tunelom i promet teretnih vozila koji će se voditi zapadnim tunelom (sl.3).

Brzina vožnje u tunelu za osobna vozila ograničena je na 70 km/h što bi uz usporedni promet u tri prometne trake te intenzivno osvjjetljenje i signalizaciju u tunelu trebao osigurati kvalitetan i siguran promet. Ideja projekta je osigurati nesmetani stalni protok vozila tunelom tokom 24 sata. Ograničenje brzine na 70 km/h treba dozvoliti nesmetani protok vozila i dovoljnu preglednost, te vrijeme reakcije za nesmetanu kontinuiranu vožnju.

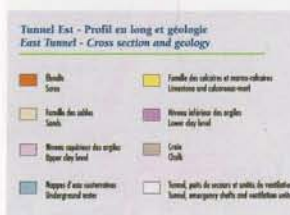
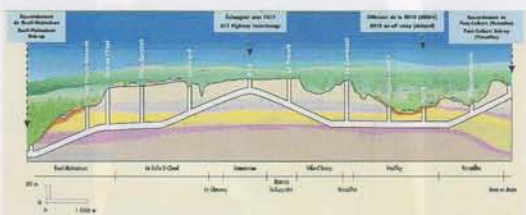
U tunelu je ugrađen sustav detekcije nesreća koji unutar 10 sekundi otkriva i signalizira upravnom centru događanje nesreće. Signal se prenosi putem automatskih kamera koje su u uporabi od 1995 na području Pariza i kojima se u 99,8 % slučajeva uspješno otkriva i pojavljuje mjesto nesreće. Vozači se unutar 30 sekundi obavještavaju o tipu, lokaciji i stanju nesreće na signalnim uređajima postavljenim duž projekta, a na udaljenostima od maksimalno 400 m. Kontrolni centar tunela je aktivan tokom odvijanja prometa tunelom, što znači tokom 24 sata.

Financiranje se u potpunosti ostvaruje preko COFIROUTEa i to za cijeli iznos od 1.7 milijardi €, bez sudjelovanja sredstava javnih partnera, kao što su država ili lokalne općine na području projekta. Koncesionar COFIROUTE je sklopio ugovor s vladom o koncesijskom periodu od 70 godina koji počinje s otvaranjem za promet tunela. Sredstva za izvedbu projekta su sakupljena iz 3 izvora : preko kredita banaka, izdavanjem vrijednosnih papira i iz privatnih izvora.

Jedan od značajnijih kredita banaka je potpora Europske investicijske banke (EIB – European Investment Bank) za iznos kredita od 400 milijuna €. Dodjela kredita je uslijedila iz dvije osnove: radi izgradnje ekonomski opravdanog infrastrukturnog objekta u smislu razvoja EUa, te kao oblik čuvanja okoliša u urbanoj sredini.



Slika 4. Pogled na prostor tokova prometa u tunelu za osobna vozila (tunnel est) na autocesti A86 [10]



Slika 5. Uzdužni presjek trase s legendom geoloških slojeva istočnog tunela za osobna vozila (tunnel est) na autocesti A86 s prikazom vertikalnih šahtova [9]

Projekt je razvijen na sustavu naplate korisnika tunela, koja će varirati između 2 i 6 eura, ovisno o dobi dana i tipu privatnog korisnika. Razlika u cijenama za prolaz tunelom tokom dana osigurat će protočnost prometa tokom vršnih sati.

Cijena izvedbe za oba tunela, istočni za osobna vozila sa 6 traka duljine 10.115 m i zapadni za teretna vozila s 2 trake duljine 6900 m, je oko 6.825 /m² prometne površine tunela.

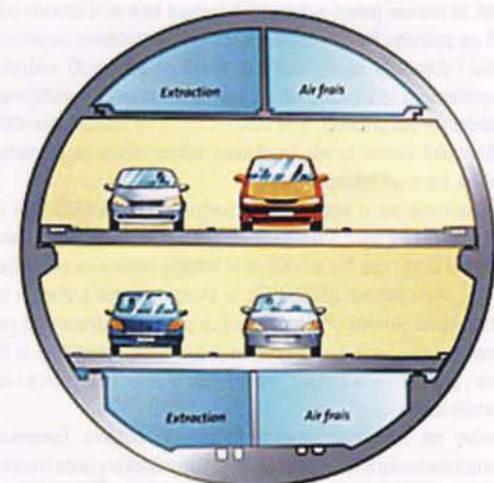
3. Projekt i izvedba istočnog tunela za osobna vozila

Projekt istočnog tunela predviđa prolazak kroz geološke formacije koje se mijenjaju duž tunela, a pripadaju po klasifikaciji poznatim naslagama Pariškog bazena. Ovi slojevi uključuju slojeve čvrste stijene kao što je vapnenac, kreda ili očvrslji lapor u većim dubinama, zatim više prema površini slojeve gline (tzv. "kameničasti" (prema

ostrigama) lapor, "zelena" glina i "plastična" glina) i slojeve pijeska (tzv. "Fontainebleau" pijesak) (v.sl. 5).

Prema raspodjeli geoloških formacija koncipiran je i stroj za iskop tunela koji je ovdje tip rotacionog bušećeg stroja koji je konstruiran za iskop u raznim geološkim formacijama. Konstrukcija stroja je predviđena je kako za iskop u čvrstoj stijeni s diskovima na rotacionoj glavi, tako i za iskop u mekim slojevima sa zubima na glavi. U stvarnosti iskop kroz čvrste stjenke materijale je daleko jednostavniji i sigurniji za razliku od iskopa u mekim formacijama gdje se pojavljuje problem stabilnosti čela iskopa.

Iskop u mekim slojevima može se izvoditi s osiguranjem čela iskopa putem ovlaženog sloja pred glavom iskopa (tzv. EPB mod rada – „Earth Pressured Balanced“). U takvom slučaju glava za iskop



Slika 6. Pogled na poprečni presjek tunela za osobna vozila (tunnel est) i rotacioni bušeći stroj za iskop tunela na autocesti A86[9]



Slika 7. Ulazni portal tunela za osobna vozila (tunnel est) u Rueil Malmaisonu



Slika 8. Pogled na unutrašnjost tunela za osobna vozila (tunnel est) tokom izvedbe

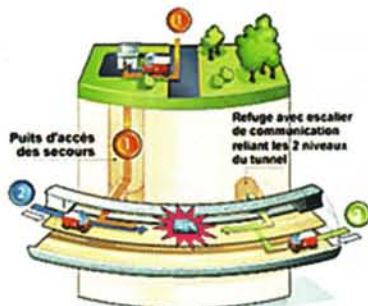
prodire u mekše podzemne formacije i vezana je na beskonačni pužni transport materijala koji vodi iskapani materijal do beskonačne trake za otpremu materijala izvan tunela. Ova operacija je pretežito mehaničkog tipa i koristi iskapani materijal koji pada iza rotacione glave u komoru za mrvljenje na dnu iza rotacione glave

Ako se koristi način iskopa s osiguranjem čela iskopa preko isplake s bentonitom pod pritiskom (tzv. mokri mod rada – ili „Slurry mode“), onda je materijal koji je iskopan puno vlažniji i mekši te se cijevima pod pritiskom transportira izvan tunela.

Ovakav tip stroja s oba načina iskopa naziva se polivalentnim strojem pod zaštitom čelične ovojnice ili štita („Mix-Shield“, engl.). Polivalentnost rada povisuje njegove mogućnosti, ali također i cijenu, no ovakvi strojevi su višestruko iskoristivi osim ovog i na drugim projektima pa tako i ukupna cijena ovog stroja s cjelokupnom opremom od 27 milijuna (iz 2000.god.) EURa sa sigurnošću postaje rentabilna primjenom na više projekata (sl.6).

Iskopni promjer glave stroja je 11.820 m, a duljina 12.00 m uz ukupnu težinu od 1.400 tona. Cjelokupni stroj za iskop sastoji se od rotacione glave stroja navedenih karakteristika i priključenih 9 vagona s dodatnom opremom (generatori, hidraulička, električna i elektronička oprema, radionice, rezervni dijelovi, cisterne ulja, vode, maziva, bentonita), a posjeduje i pomičnu traku za otpremu iskopanog materijala iz tunela koja se sukcesivno produžuje kako stroj zadire u podzemni masiv. Tako cijela kompozicija ima duljinu od oko 200 m i težine je oko 2.400 tona [10].

Iskopani materijal na čelu iskopa pada na dno glave u komoru za mrvljenje većih komada koji nisu usitnjeni, i zatim preko beskonačnog puža prenosi u središnji dio presjeka stroja gdje se putem beskonačne pomične trake odvodi izvan tunela i od portala transportira prema šlepovima koji rijekom Seinom odvoze materijal do konačne deponije.



Slika 9. Planovi za evakuaciju u slučaju nesreće u tunelu (tunnel est)

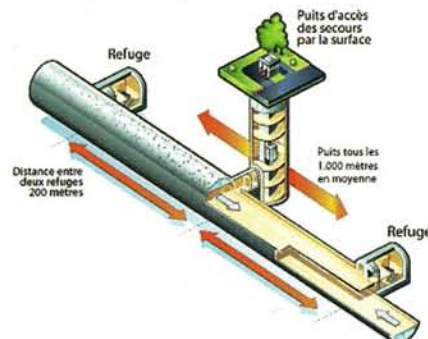
Na repu rotacionog stroja za iskop nalazi se mehanički podigač kojim se unutar zaštite čelične ovojnice stroja montiraju segmenti tunelske obloge. Unutarnji promjer tunelske obloge je 10.40 m, a segmenti su debljine 0.42 m. Svaki segment ima širinu od 2.00m pa je time određen i stupanj napredovanja stroja i predefimirana brzina iskopa stroja u spomenutoj geologiji.

Svaki prsten obloge ima 8 elemenata, i to 7 većih elemenata pravokutnog razvijenog oblika i jedan manji koji je konačnog oblika i koji se umeće u prsten uvijek kao posljednji. Veći segmenti su težine 11.0 tona i u prosjeku se jedan prsten montira unutar oko 30 minuta. Segmenti jednog prstena i obloga u uzdužnom smjeru tunela je povezana spojnim sredstvima u obliku koso položenih čeličnih vijaka, a kao mjera za vodonepropusnost koristi se neoprenska EPDM brtva koja se prstenasto navlači na svaki segment i lijepi u profilirani utor koji se neprekidno vodi kroz uzdužne i prstenaste spojne plohe svakog segmenta tunelske obloge.

4. Osiguranje sigurnosti i planovi evakuacije

Zahtjevi povećane sigurnosti putnika u tunelima su nakon nesreća i požara u cestovnim tunelima Mont Blanc između Francuske i Italije i Tauern u Austriji i željezničkom tunelu ispod kanala La Manche, na prijelazu između Francuske i Engleske, intenzivirani i za najjednostavnije tunelske objekte, a posebno su zahtjevi sigurnosti bili oštri u inovativnom pristupu koji se nudio u ovom projektu. Stoga se projekt tokom svoga razvoja nadopunjavao dodatnim elementima i strukturama koje trebaju osigurati traženu razinu sigurnosti.

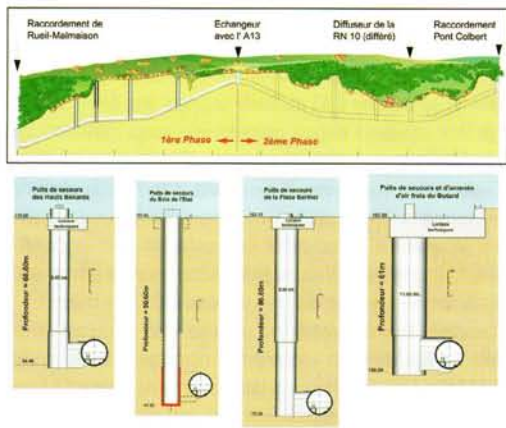
U konačnom obliku su ti dodatni strukturalni elementi raspodijeljeni duž tunela tako da je evakuacija omogućena na razmaku od 200 m duž tunela. Koncept evakuacije u slučaju nesreće ili požara zamišljen je dvojako: preko vertikalnih šahtova ili putem sigurnosnih niša (v.sl.9 i sl.10).



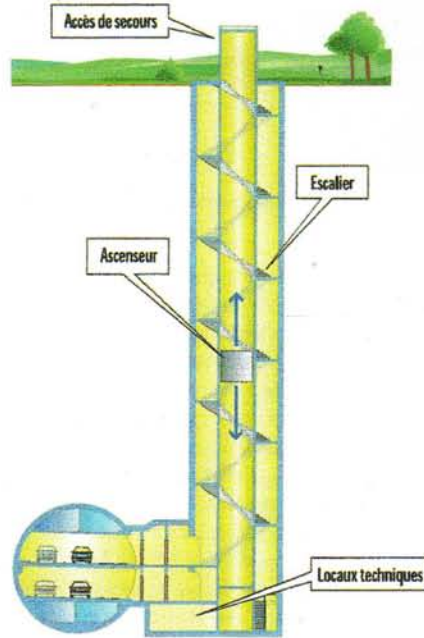
Slika 10. Učestalost i pozicija sigurnosnih niša i vertikalnih šahtova na trasi tunela



Slika 11. Uzdužni presjek trase tunela s funkcijom vertikalnih šahtova kao: sigurnosnih izlaza (narančasto), ventilacionih otvora za dovod svježeg zraka (sv.plavo) ili ventilacionih otvora za otpremu korištenog zraka (ljubičasto)



Slika 12. Oblici presjeka vertikalnih šahtova na raznim lokacijama



Slika 13. Presjek kroz vertikalni šaht i njegova namjena

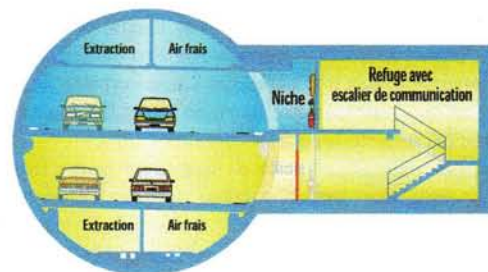
Mjesto nezgode je moguće napustiti ili ulaskom u bočni tunnel koji vodi prema vertikalnom šahtu i njime izaci na površinu ili koristiti sigurnosnu nišu kojom se može izaci s nivoa na kojem je nesreća i preko stepenica koje su u niši prijeći na drugu etažu i na njoj izaci u uzdužnom smjeru iz tunela. Pretpostavka je pri tome da je vrlo mala vjerojatnost da se istovremeno na obje etaže dogodi nesreća koja bi mogla onemogućiti ovaj način evakuacije. Vertikalni šahtovi se na uzdužnoj dispoziciji tunela nalaze na svakih 1000 m, a sigurnosne niše na svakih 200 m osim u slučaju kada je tamo izlaz na šaht.

Pregled pozicija vertikalnih šahtova (sl.11) pokazuje njihovu lokaciju, ali i namjenu jer se osim za obveznu evakuaciju (narančasta oznaka), koriste i za ventilaciju: za dovod svježeg zraka u tunel (sv.plavo) ili za odvod korištenog zraka iz tunela (ljubičasto)

Šahtovi su već prema lokaciji i prema namjeni različitih poprečnih presjeka i različitih dubina (sl.12), no načelno se izvode uvijek s iste strane završenog cestovnog tunela na koji se i vežu bočnim podzemni spojevima.

Ovisno o namjeni, razlikuje se poprečni presjek šahta, ali osnovni presjek ima stepenice za evakuaciju uz zid tunela i vertikalni centralni dio koji je predviđen za lift (sl.13). Ostali šahtovi koji u svome presjeku i većih dimenzija pristupnih dijelova osnovnom tunela radi spojeva kanala za zrak koje vode do glavnog tunela.

Sigurnosne niše za evakuaciju nalaze se duž tunela na udaljenostima od svakih 200 m, osim kada se na toj lokaciji nalazi izlaz u vertikalni šaht. Ove niše su radene izvan presjeka osnovnog



Slika 14. Presjek kroz tunnel i sigurnosnu nišu



Slika 15. Pogled na 3D presjek sigurnosne niše i vezu na obje etaže cestovnog tunela

tunela i njihova unutarnja betonska obloga je vezana na osnovnu oblogu glavnog tunela (sl.14).

Na ulazu u sigurnosnu nišu nalaze se protupožarna vrata i sama niša omogućava prijelaz stepenicama iz jedne etaže na drugu. Na taj način omogućen je izlazak s nivoa na kojem je nesreća ili požar na drugu etažu i evakuacija uzduž tunnelske cijevi do ulaznih portala tunela ili do prvog vertikalnog šahta te njima dalje na površinu.

Sigurnosne, kao i ventilacione niše su jednostavne konstrukcije koje su dodatno uvedene u projekt i izvedene radi pojačanih zahtjeva sigurnosti uzrokovanih nizom većih nesreća. One su i značajno povećale osnovnu cijenu projekta, ali predstavljaju novi pristup projektu osiguranja sigurnosti tunela (sl.15).

Uz sigurnosne niše koje se nalaze na istoj strani na kojoj su i glavnog tunela i ventilacione niše koje su manje po veličini i služe isključivo za dovod svježeg zraka u tunel i odvod korištenog zraka izvan tunela (sl.20).

5. Izvedba niša za evakuaciju i ventilaciju

Lokacija pojedinih sigurnosnih niša je radi konfiguracije terena, raspodjele pružanja geoloških slojeva i nivelete projekta različita, pa su stoga pojedine niše u boljim, stabilnijim slojevima, a pojedine su u nestabilnim slojevima pijeska. Stoga se u određivanju načina izvedbe pojedine sigurnosne niše nastojalo predložiti slične oblike iskopa, ali su oblici primarne zaštite iskopanog otvora bili različiti i odgovarali su geološkim uvjetima na toj lokaciji.

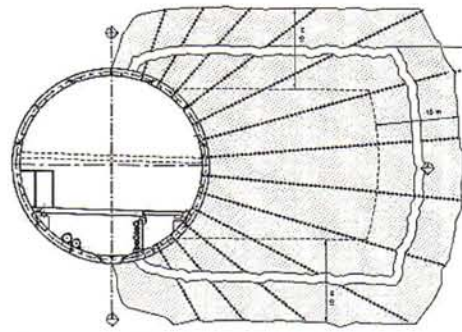
Stoga će se ovdje predstaviti način izvedbe i oblik primarnog osiguranja iskopa za najzahtjevniji i najteži iskop koji se u uvjetima projekta nalazio u dubini od 38.25 m, u sloju pijeska (Sables du Fontainebleau), uz dosta očekivane podzemne vode koje su prijetila narušiti stabilnost čela iskopa i urušiti otvor. Veličina poprečnog presjeka je bila značajna (visina 8.65m, širina 7.65m) pa se metodi iskopa i osiguranju protiv urušavanja pristupilo s dužnim oprezom.

Iz navedenih razloga je utjecaj vode na stabilnost otvora umanjen snižavanjem nivoa podzemne vode bušenjem bušotina radijalno oko područja gdje se planirao iskop. Bušotine su bile 20 m duljine, promjera 5 cm, osigurane plastičnim perforiranim cijevima od urušavanja.

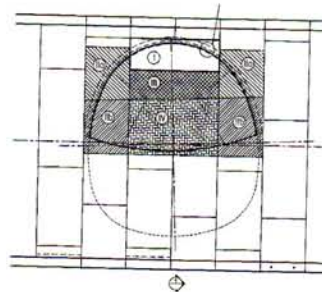
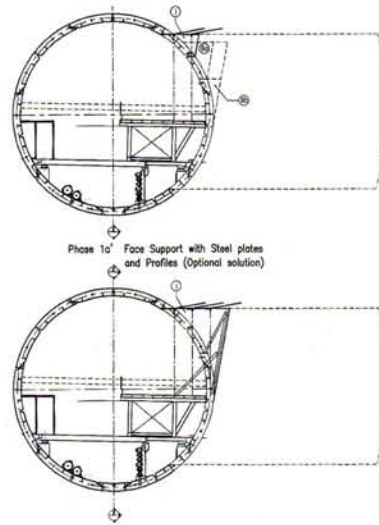
Bušenje je izvedeno putem rotirajuće glave kroz plastičnu cijev, unutar segmentne tunnelske obloge. Po završetku bušenja podzemna voda je iz okolnog pijeska crpljena po principu vakuuma uz kapacitet crpke od 230 litara/sekundu. Bušotine su izvedene s penetriranim i perforiranim plastičnim cijevima izvan područja koje će biti iskopane za sigurnosnu nišu i to stoga da prilikom iskopa ne dođe do lomljenja plastične cijevi i prekida funkcije crpljenja podzemne vode (sl.16).

Početak iskopa sigurnosne niše započinje rezanjem segmentne tunnelske obloge unutar područja gdje je nivo podzemne vode spušten crpljenjem (sl.17, gore, faza 1a u presjecima 1-1 i 2-2). Po otvaranju čela iskopa pobijaju se horizontalni čelični limovi uz njihov prijklop oko cijelog presjeka kalote niše. Oni sprečavaju bočno urušavanje pijeska u poprečni presjek kalote niše i omogućavaju nastavak iskopa 1. faze u uzdužnom smjeru niše.

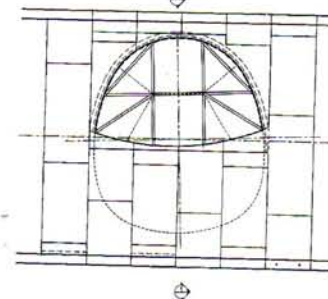
Čelo iskopa u kaloti poprečnog presjeka razdijeljeno je u dijelove koji se otkapaju u stepenastom slijedu uz korištenje jezgre u poprečnom presjeku za stabilizaciju čela iskopa. Opcionalno je



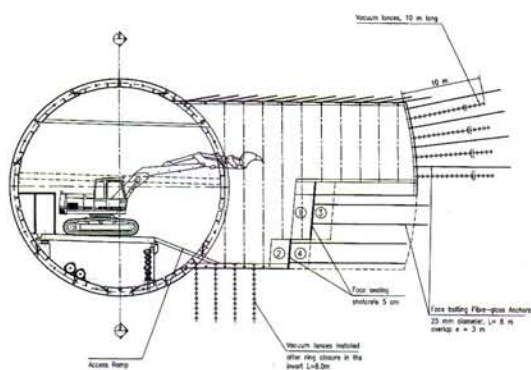
Slika 16. Presjek kroz područje izvedbe sigurnosne niše i bušotine za odvodnju vakuumom



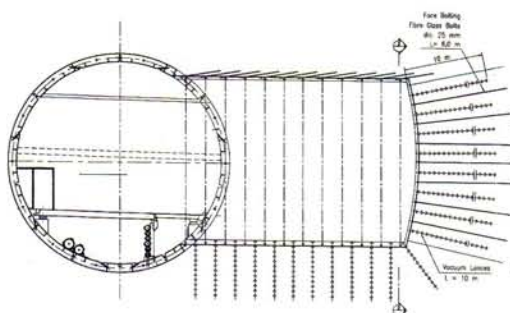
Phase 1a' Face Support with Steel plates and Profiles (Optional solution)



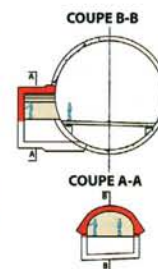
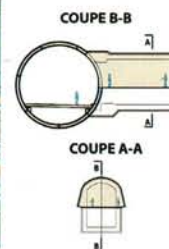
Slika 17. Prva faza iskopa sigurnosne niše s otvaranjem obloge i zaštitom od urušavanja čeličnim limovima



Slika 18. Metodologija iskopa sigurnosne niše s raspodjelom čela u dvije faze i osiguranjem stabilnosti čela iskopa fiberglass sidrima



Slika 19. Pogled na završen iskop uz osiguranje stijene iskopa fiberglass sidrima i cijevima za odvodnju kroz prvotnu oblogu od prskanog betona



Slika 20. Izveden oblici izvedbe sigurnosne i ventilacione niše u drugoj fazi iskopa u području kalote poprečnog presjeka

predložena i potpora čela iskopa čeličnim pločama uz potpore u slučaju da stepenasti iskop ne ostvari dovoljnu stabilnost protiv urušavanja što može biti slučaj kod vrlo suhog pijeska ili pak kod pijeska koji ima dovoljno vode u sebi djelujući nestabilno.

U daljnjim fazama iskopa predviđa se stepenasti iskop i osiguranje stijenki iskopa u koracima po 1.0 m duljine, prskanim betonom debljine 15 cm izvedenim u slojevima te čeličnim mrežama u 2 sloja. Čelo iskopa predviđeno je bilo osigurati preklapajućim fiberglass sidrima koja se mogu rezati i otkidati s napredovanjem iskopa poprečnog presjeka niše (sl.18).

Na završetku iskopa cijelog poprečnog presjeka niše, u cijeloj njoj duljini, u porečnom presjeku od urušavanja štiti prskani beton s čeličnim mrežama, na čelu otvora su fiberglass sidra i plastične perforirane cijevi za crpljenje vode, koje su položene na dnu poprečnog presjeka.

Kod izvedbe u tunelu uglavnom se izvođač držao predviđenog koncepta, ali je iz razloga vlastite sigurnosti gradilišta i radnika izvršio izmjenu u izvedbi sekundarne konačne armirane tunelske obloge. Odmah po iskopu kalote poprečnog presjeka, presjek je osiguran prskanim betonom s čeličnim mrežama, položena je vodonepropusna membrana i preko nje izbetonirana konačna betonska tunelska obloga.

Nakon iskopa donjeg dijela presjeka, njegovog osiguranja prskanim betonom i mrežama, izbetoniran je i donji dio poprečnih presjeka sigurnosnih i ventilacionih niša (sl.20)

6. Predgotovljeni elementi

Posebnost ove metodologije izvedbe velikih promjera tunela je vrlo uobičajena praksa izvedbe u Francuskoj svih završnih dijelova tunelske obloge iz predgotovljenih elemenata, čiji je udio u konačnici oko 95 % svih strukturalnih dijelova obloge.

Kao što je vidljivo na sl. 21, predgotovljeni elementi su: svi elementi tunelske obloge-prstena ($t=0.42$ m), središnji zid donje kolničke ploče (0.15m), sama donja kolnička ploča (0.30m), gornja kolnička ploča (0.30 m), horizontalni elementi stropa (0.15 m) koji zatvaraju gornje prostore za ventilaciju i to za dovod svježeg zraka kao i za otpremu korištenog zraka, te gornji vertikalni razdjelni zid (0.15m) između kanala sa svježim zrakom i kanala s korištenim zrakom koji se odvodi iz tunela.

Za razliku od predgotovljenih elemenata iz kojih je isključivo izvedena tunelska obloga i razdjelni dijelovi tunelskog presjeka, dijelovi koji se betoniraju na mjestu su betonski blokovi koji su oslonci ležajeva za donju i gornju kolničku ploču, te oslonci gornje razdjelne ploče ventilacijskih kanala za odvod i dovod zraka.

7. Zaključne napomene

Ovaj projekt pristupa rješavanju prometnih i tehničkih zahtjeva originalnim rješenjima koja su inventivna i jedinstvena u suvremenoj graditeljskoj praksi. Prometni zahtjevi i uz njih čvrsto vezani zahtjevi sigurnosti, koji su posebno pooštreni u posljednjim godinama i nakon većih nesreća u tunelima, riješeni su novim tehničkim rješenjima.

Promet na dvije razine u istoj tunelskoj cijevi, daleko intenzivniji sustav signalizacije i detekcije nesreća te zapreka u prometu tunela su značajni tehnološki pomoci koji se baziraju doduše na razvijenosti sredine, kulture i discipline vozača. Izvedbom višestrukih vertikalnih šaftova za ventilaciju i evakuaciju, kao sigurnosnih i ventilacijskih niša riješili su se unutar jedne tunelske cijevi, problemi za čije rješenje se u današnjim uvjetima koriste dvije paralelne tunelske cijevi i vezni elementi među njima.

Analiza tehnoloških procesa kao i provjera razlika u cijenama izvedbe govori u prilog ovog suvremenog rješenja u usporedbi s dvostrukim cijevima jer je ekonomski prihvatljivija kako u početnoj investiciji, samo u troškovim gradnje kao i uzevši u obzir održavanje tokom koncesijskog perioda. Konačni sud o općoj uspješnosti rješenja s prometom na dvije etaže unutar jednog tunelskog presjeka bit će moguće stvoriti nakon perioda korištenja od nekoliko godina.

8. Sudionici u projektu

Koncesionar: COFIROUTE, Paris, France

Akcionari koncesionara: VINCI-EIFFAGE-COLAS J.V.

Geotehničke studije : SIMECSOL- MACASOL J.V, Paris, FR

Projektant tunela : COFIROUTE, Paris, France

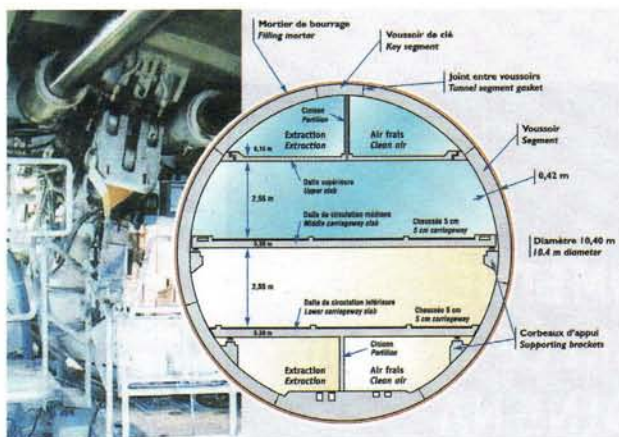
Projektant sigurnosnih i ventilacionih niša : mr.sc. Davorin Kolić, D2C Zagreb doo (2001)

Analize rizika i procjene troškova: mr. sc. Davorin Kolić, Neuron Consult (2005)

Izvedba i vođenje projekta: SOCATOP, Sevres Cedex, FR

Proizvođač rotacionog stroja: Herenknecht, Schwanau, DE

Geotehnički nadzor: SIMECSOL, Paris, France



Slika 21. Pogled na unutrašnjost istočnog tunela za osobna vozila (tunnel est) tokom izvedbe

Izvori

1. CoFIROUTE: Longitudinal sections and geological sections for adits no. 29,30,31,32 and 33., issue june 1999.
2. CoFIROUTE: Dwgs. P-SMC-001413-C Tunnels East: Geometrie, issue june 1999.
3. CoFIROUTE: Dwgs. E-CB5-1222233-A1 Tunnels East: Safety Adit Layout Drawing, issue june 1999.
4. CoFIROUTE: Dwgs. E-CB5-1222234-A1 Tunnels East : Safety Adit Layout Drawing, issue june 1999.
5. CoFIROUTE: Dwgs. E-CB5-1222232-A1 Tunnels East : Ventilation Adit Layout Drawing, issue june 1999.
6. CoFIROUTE : Dwgs. P-SMC-020305-C Tunnels East: Main Tunnel Layout Drawing, issue june 1999.
7. Simecsol : Geotechnical Reports, issue june 1999.
8. Kolić D.: "SOCATOP Tunnel East., Tunnel Section VL1: Construction Sequence for the Safety Adit No.31 Using Vacuum Assisted Well Points", Method Statement Report, June 2001, pp.32
9. Kolić D. et al.: "SOCATOP Tunnel East., Tunnel Section VL1 : Risk Analysis for the Construction of Safety and Ventilation Adits", Final Report, Neuron Consult ZT, January 2005, pp.75
10. www.a86ouest.com : "SOCATOP L'A86 a l'Ouest – La Securite, (15.04.2007.)

SUMMARY

Davorin Kolić, Ali Pazuki, Jean Launay

TUNNEL SOCATOP ON THE A86 PARIS BYPASS

The last part of the second ring road of Paris is called a highway A86 and its last part including 10 km long tunnel is under construction. The project is the first attempt in the world to have private vehicle traffic in one tunnel on two levels.

Due to several severe traffic accidents that happened in tunnels in last years numerous additional measures and therefore additional structures had to be developed and applied on this project as well. Therefore further highlights of the project are : private vehicle traffic in the tunnel only, private financing for the development of public transport infrastructure using financial support of international financing institutions, development and construction of new structures providing additional safety level after heavy traffic accidents in tunnels and placing the traffic in underground due to the geological reasons.