

## GEOTEHNIČKI PROJEKT VIJADUKTA PERIN HAN DIONICA DRIVUŠA-KLOPČE, AUTOCESTA VC

Prof. dr. sc. Zlatan Talić, email: [zlatan.talic@yahoo.com](mailto:zlatan.talic@yahoo.com)  
Džejlana Kalbić, MA, mail: [dzejlana.kalbic@iu-travnik.com](mailto:dzejlana.kalbic@iu-travnik.com)  
Internacionalni Univerzitet Travnik u Travniku  
Hajrija Sikira, BA e-mail: [hajrija.sikira@hotmail.com](mailto:hajrija.sikira@hotmail.com)

**Sažetak:** Saobraćajni koridori imaju ulogu da povežu velike gradove i da potaknu razvoj. Panevropski Koridor V je autocesta od Evropskog značaja koja povezuje sjevernu i južnu Evropu. Sastoji se od nekoliko ogranaka, gdje Koridor Vc, ogranak koridora V ide od Budimpešte preko Osijeka i Sarajeva do Ploča. U ovom radu posebna pažnja je data dubokom temeljenju jer vrijednost objekta može biti ogromna, uređenje može biti idealno, ali ako se taj objekat nalazi na lošim temeljima tada je gotovo bezvrijedan. Najbitniji dio rada biti će sami proračun nosivosti pojedinačnog šipa i proračun slijezanja temeljne konstrukcije ispod stubnog mjesta. Prilikom izrade navedenog dijela rada korišteni su softveri Plaxis 2D i Plaxis 3D Foundation.

**Ključne riječi:** koridor, temeljenje, softver, proračun nosivosti, Evropa

## GEOTECHNICAL PROJECT OF VIADUCT PERIN HAN SHARE OF DRIVUŠA-KLOPČE, HIGHWAY VC

**Abstract:** Traffic Corridors have the role of linking big cities and encouraging development. Panevropian Corridor V is a European-style railway linking northern and southern Europe. It consists of several branches, where Corridor Vc, the corridor V branch goes from Budapest through Osijek and Sarajevo to Ploče. In this paper special attention is given to the deep foundation because the value of the object can be enormous, the arrangement can be ideal, but if the object on bad foundations is almost insignificant. The most important part of the work will be the calculation of the bearing capacity of a single rod and the calculation of the endurance of the underlying structures beneath the dump. The Plaxis 2D and Plaxis 3D Foundation software was used during the production of this part of the work.

**Key words:** corridor, foundation, software, payload, Europe

### UVOD

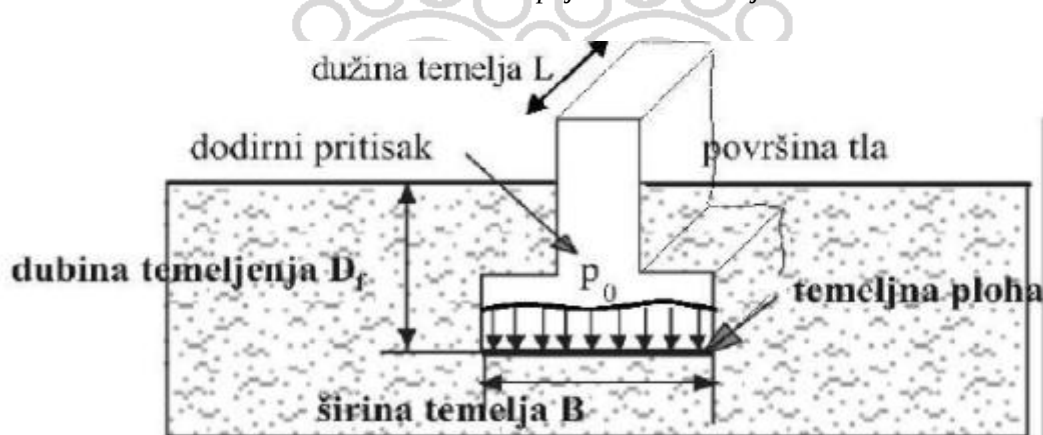
Kako navode Lazić, Mitrović i Petrović (2004), cilj saobraćajne politike EU preciziran na Prvoj panevropskoj konferenciji o saobraćaju (Prag, 1991. god) je definisanje efikasnog transportnog sistema koji bi zadovoljili potrebe korisnika, kako za prevozom tako i za bezbednošću i očuvanjem životne sredine, da bi Evropa mogla uspešno da konkuriše na svetskom tržištu. Kroz ovaj projekat uključena je i Bosna i Hercegovina. Kako je već rečeno glavna tematika ovog rada je duboko temeljenje i to na poddionici Drivuša – Klopče. Kako su kazali iz Autocesta FBiH za radiosarajevo.ba, 2017 godine, ova poddionica finansirala se iz sredstava osiguranih od Kuvajtskog fonda za arapski ekonomski razvoj, a za izgradnju poddionice Klopče – tunel Pečuj (Donja Gračanica) putem OPEC fonda za međunarodni razvoj i Europske banke za obnovu. Na ovoj dionici jedan od problema bilo je i klizište u dužini od 400 metara, ali i u glavnom projektu nisu bili detaljno objašnjeni geomorfološki uslovi, tako da mijenjana dokumentacija, a to je dovelo da zastoja u radovima koji je bio prisutan određeni period. Sve neplanirane situacije utiču negativno na projekat i iziskuju dodatne troškove. Na financije utiče i kvaliteta izvedbe radova, tako da će se kroz ovaj rad

prikazati značaj proračun nosivosti i proračun slijeganja temeljne konstrukcije ispod stubnog mjesta. Bitno je se upoznati i sa pojmovima temelja, vijadukta i dubokog temeljenja.

## 1. TEMELJ, VIJADUKT I DUBOKO TEMELJENJE

Temelj je dio građevine kojim se opterećenja iz kontroliranog nadzemnog dijela prenose u prirodnu sredinu, tlo, na način da građevina bude upotrebljiva i stabilna. Temelj je sastavni dio svake građevine, a oblik temelja i dubina temeljenja ovise o vrsti građevine i osobinama tla ispod nje. Temelji su prijelazni dijelovi u kojima se preraspodjeljuju unutrašnje sile iz vitkih i tankih elemenata konstrukcije u masivne i široke zone tla. Temelj nikad nije sam sebi svrha.

Slika 1. Osnovni pojmovi kod temelja



(Izvor: [https://www.researchgate.net/publication/272962664\\_Duboko\\_temeljenje\\_i\\_poboljsanje\\_temeljnog\\_tla](https://www.researchgate.net/publication/272962664_Duboko_temeljenje_i_poboljsanje_temeljnog_tla), 30.11.2018)

Vijadukt (lat. *via* =put + *ducere* =voditi) je konstrukcija koja premošćuje dolinu. Opće pravilo je isto kao kod mosta, ali ispod mosta, se nalazi voda (rijeka, more, jezero), a pod vijaduktom je obično dolina ili saobraćajnica.

Slika 2. Vijadukt

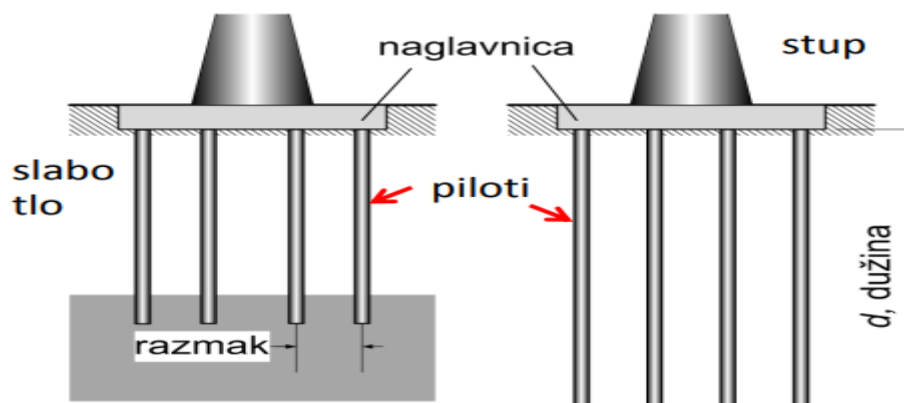


(Izvor: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Dornstetten\\_K%C3%BCbelbachviadukt02rect\\_2006-10-17.jpg](https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Dornstetten_K%C3%BCbelbachviadukt02rect_2006-10-17.jpg), 30.11.2018)

Duboko temeljenje je svako ono temeljenje pri kojem je dubina temeljena  $D_f > 4B$ , gdje je  $B$  širina temeljne stope, ispod najniže kote građevine koju temelj nosi, a uspravno se opterećenje na tlo, osim preko dodirnog pritiska temeljne plohe, prenosi barem dijelom i trenjem po plaštu tijela ugrađenog u tlo. Iznimku čine oni piloti, koji opterećenje predaju izravno na čvrstu

stijensku podlogu, pa se ne može ostvariti pomak i neki masivni temelji izvedeni tehnologijom bunara, kod kojih se ne može ostvariti trenje po plaštu. Duboko temeljenje primjenjuje se kod složenijih građevinskih zahvata i dobilo je naziv po temeljenju u dubokoj vodi koje je uzrokovalo razvoj tehnologija. Duboki temelji se mogu podijeliti na podskupine ovisno o obliku temelja i prijenosu sila u tlo.

Slika 3. Temelj pilot



(Izvor: [http://rgn.hr/~pkvasnic/09\\_PILOTI.pdf](http://rgn.hr/~pkvasnic/09_PILOTI.pdf), 30.11.2018)

## 2. GEOGRAFSKE I MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Vijadukt Perin Han, nalazi se na dionici Donja Gračanica – Drivuša autoputa na koridoru Vc, poddionica Drivuša – Klopče. Kako bi se zadovoljili potrebni gabariti autoputa, Vijadukt Perin Han je projektovan kao dva odvojena objekta: lijevi i desni vijadukt gledano u pravcu rasta stacionaže po centralnoj osovini autoputa:

- Lijevi Vijadukt Perin Han:
  - početak vijadukta KM 2+197.45
  - kraj vijadukta KM 2+587.45
- Desni Vijadukt Perin Han:
  - početak vijadukta KM 2+197.45
  - kraj vijadukta KM 2+587.45

Dužina lijevog vijadukta iznosi 386.78 m, a desnog vijadukta 393.22 m. Statički sistem vijadukta Perin Han je kontinualni nosač na 12 oslonaca za oba objekta. U poprečnom presjeku konstrukcija je sandučasti nosač. Temeljenje srednjih stubnih mjesta S1-S10 desnog i lijevog vijadukta vrši se na 6 šipova prečnika Ø1500mm, povezanih naglavnom pločom dimenzija 11,5x7m, debljine 2m. Upornjaci A1 i A2 su "U" oblika, konstruirani tako da jedan krajnji stub prihvata i lijevu i desnu rasponsku konstrukciju. Upornjaci su temeljeni na 12 šipova prečnika Ø1500mm, povezanih zajedničkom ležišnom pločom 27,2x7,05m, promjenljive debljine na lijevom i desnom objektu 2,24-3,2m (upornjak A1) i 2,89-3,89m (upornjak A2).

Rasponska konstrukcija vijadukta Perin Han izvodi se tehnologijom izgradnje na skeli „polje po polje“. Konstrukcija se izvodi na Staxo skeli, lako prenosivoj, s oplatnim sklopovima

složenima na skelu, koji u četiri komada u poprečnom presjeku čine vanjsku oplatu sanduka mosta.

*Slika 4. Izvođenje radova na vijaduktu Perin Han*

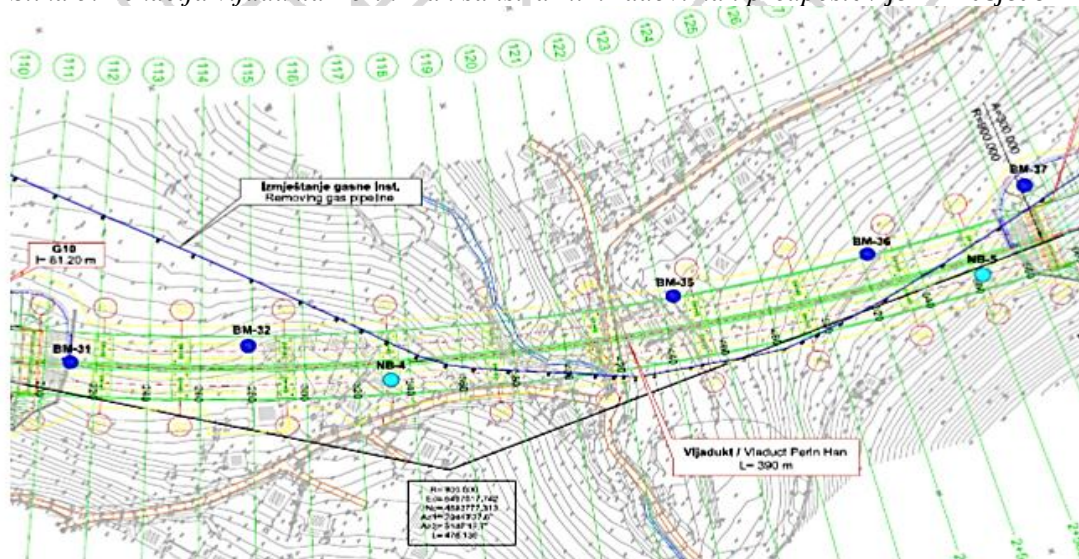


(Izvor: autor)

### 3. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Potez vijadukta Perin Han, prema datim stacionažama, smješten je kompletno u rejon 4. Navodi se da je teren na lokaciji vijadukta Perin Han u geološkom smislu izgrađen od stijena gornjokredne starosti tzv. Subgupa Ugar koja predstavlja supstrat i kvartarnog pokrivača. Subgrupa Ugar zajedno sa subgrupom Vranduk grade Bosanski fliš koji predstavlja pasivnu kontinentalnu marginu. Ove subgrupa, koja se inače prostire od Banja Luke do Sarajeva, prema sedimentološkom i litološkom pogledu izdiferencirana je na šest formacija koje su opisane, ali nije spomenuto u koju formaciju pripada predmetni teren. Prema tektonskom sklopu tvrdi se da su veći strukturni oblici usložnjeni sekundarnim naborima visokog indeksa ubiranja i paralelnim tipom klivaža, velike učestalosti pojavljivanja. Pravci klivaža u pravilu, poklapaju se sa pružanjem folijacija, a ove zajedno sa rasjedima, uglavnom su upravne ili dijagonalne na trasu.

*Slika 5. Lokacija vijadukta Perin Han sa istražnim radovima i predpostavljenim rasjedom*



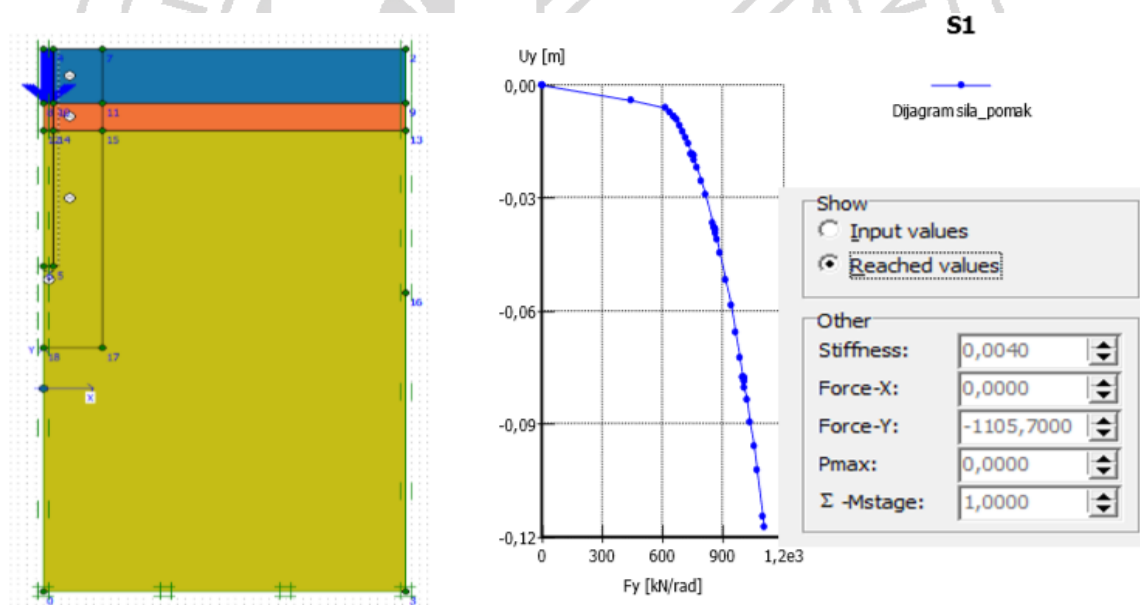
(Izvor: autor)

#### 4. PRORAČUN NOSIVOSTI POJEDINAČNOG ŠIPA I PRORAČUN SLIJEGANJA TEMELJNE KONSTRUKCIJE ISPOD STUBNOG MJESTA

Zbog izmijenjene tehnologije izvođenja mosta, te umjesto naguravanja rasponske konstrukcije koristi se tehnika izvođenja rasponske konstrukcije na skeli. To je rezultiralo i manjim uticajima koji se sa stubova prenose na temeljnu konstrukciju. U vezi s tim može se smanjiti prečnik šipa kao i dužina, a sve to je dokazano proračunom. Temeljenje srednjih stubnih mjesta S1-S10 desnog i lijevog vijadukta vrši se na 6 šipova prečnika Ø1200

mm, povezanih naglavnom pločom dimenzija 9,6x6m, debljine 2m. Upornjaci A1 i A2 su temeljeni na 9 šipova prečnika Ø1200mm, povezanih zajedničkom ležišnom pločom 28,2x4,07m, promjenljive debljine na lijevom objektu 2,0-2,19m i desnom objektu 2,7-2,88m. Proračun dopuštene nosivosti šipova izvršen je prema Pravilniku za usvojene parametre čvrstoće supstrata te u programu Plaxis 2D prema EC7 odnosno projektnom pristupu PP3. Parametri čvrstoće umanjeni su faktorom sigurnosti  $FS = 1,25$ . Za proračun granične nosivosti koristit će se proračun metodom konačnih elemenata, pri čemu će se ultimnim opterećenjem smatrati opterećenje koje odgovara pomaku od 12,0 cm što je jednako  $0,1 \cdot D$ , gdje je  $D$  - prečnik šipa. Na slici 6, prikazan je rezultat analize pojedinačnog šipa i rezultat proračuna.

*Slika 6. Numerički model pojedinačnog šipa Plaxis 2D i rezultati proračuna*



(Izvor: autor)

$$F = 1105,7 \cdot 2 \cdot 3,14 / 1,4 = 4959,85 \text{ kN}$$

Proračunata nosivost šipa prema numeričkom proračunu  $N = 4959,85 \text{ kN}$  veća je od radne sile po šipu  $N = 3464,41 \text{ kN}$ .

Proračun slijeganja proveden je u računarskom programu Plaxis 3D Foundation, za SLS kombinacije koje daju maksimalne uticaje. Koristi se elastično-idealno plastični model koji

zahtijeva unos pet osnovnih parametara za opis ponašanja tla, i to: Jangov modul elastičnosti  $E$ , Poisson-ov koeficijent  $\nu$ , kohezija  $c$ , ugao unutrašnjeg trenja  $\phi$ , te ugao dilatancije  $\psi$ . Proračun je proveden za maksimalne uticaje i to za SLS proračunske kombinacije. Proračun je proveden za tri kombinacije maksimalnih uticaja.

*Slika 7. Kombinacija za proračun slijeganja*

| Identification  | Phase no. | Start from | First | Last |
|-----------------|-----------|------------|-------|------|
| ✓ Initial phase | 0         | N/A        | 1     | 1    |
| ✓ <Phase 1>     | 1         | 0          | 2     | 2    |
| ✓ max N         | 3         | 1          | 4     | 4    |
| ✓ max Mpop      | 4         | 1          | 5     | 5    |
| ✓ maxMpod       | 5         | 1          | 6     | 6    |

(Izvor: autor)

Stubno mjesto S1 desnog mosta temeljeno je na šipovima ukupne dužine 16,0 m, korišteni su usvojeni parametri tla u kojem se izvodi temeljenje, te su prikazani u narednoj tabeli.

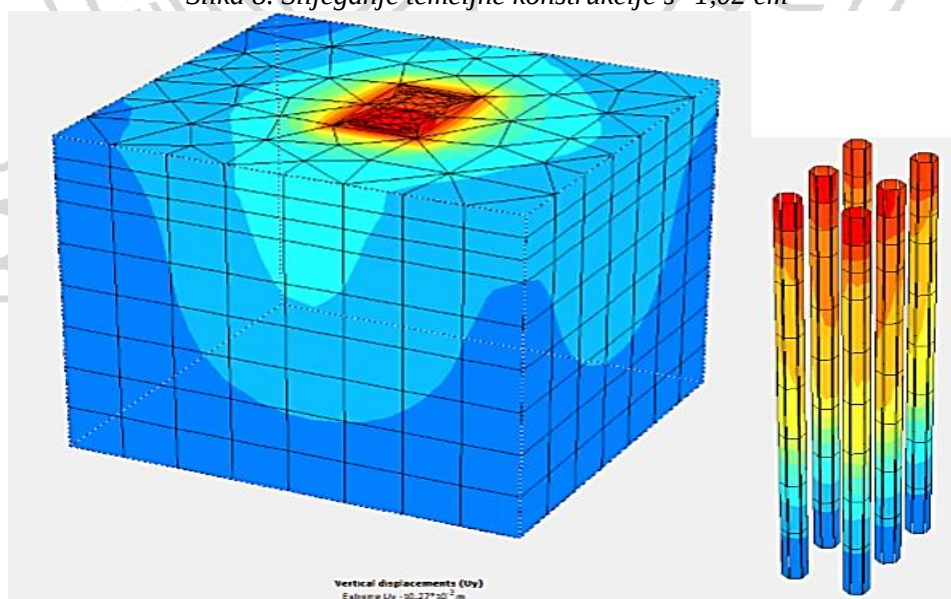
*Tabela 1: Parametri tla-Numerički proračun Plaxis 2D i Plaxis 3D Foundation*

| Geotehnička sredina  | $\phi$ (°) | $c$ (kPa) | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $E$ (MPa) |
|----------------------|------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| Pokrivač             | 15         | 15        | 20,00                         | 15        |
| Raslabljeni supstrat | 20         | 25        | 20,00                         | 30        |
| Supstrat             | 30         | 70        | 21,00                         | 80        |

(Izvor: autor)

Konačan rezultat u pomenutom programu prikazan je na slici 8.

*Slika 8. Slijeganje temeljne konstrukcije  $s=1,02$  cm*



(Izvor: autor)

## ZAKLJUČAK

Temeljenje na šipovima(pilotima) izvodi se kada nosivo tlo egzistira samo u dubokim slojevima tla ispod nenosivog pokrivnog sloja ili ispod razine podzemnih voda, zatim kod nepravilne konstrukcije sloja za temeljenje ili kod visokih koncentracija opterećenja. Stubovi mosta vijadukta Perin Han su temeljeni na šipovima.

Na osnovu provedenih terenskih i laboratorijskih istražnih radova te geotehničkih analiza za vijadukt Perin Han može se zaključiti :

- Konstrukcija mosta se sastoji od dva odvojena objekta: lijevi i desni vijadukt gledano u pravcu rasta stacionaže po centralnoj osovini autoputa.
- Statički sistem vijadukta je kontinualni nosač na 12 oslonaca za oba objekta.
- Temeljenje srednjih stubnih mjesta S1-S10 desnog i lijevog vijadukta vrši se na 6 šipova prečnika Ø1500mm, povezanih naglavnom pločom dimenzija 11,5x7m, debljine 2m.
- Upornjaci A1 i A2 su "U" oblika, konstruirani tako da jedan krajnji stub prihvata i lijevu i desnu rasponsku konstrukciju. Upornjaci su temeljeni na 12 šipova prečnika Ø1500mm.

S obzirom da smo u ovom radu vršili proračun nosivosti i određivanje dužine šipa za odabrano stubno mjesto S1(D), kao optimalno rješenje izabrali smo dužinu šipa 16m. Jer šip dužine 10m za stubno mjesto S1(D) nije zadovoljio kriterij sigurnosti, dok šip dužine 20m ne zadovoljava kriterij ekonomičnosti, dakle šip dužine 16m u ovom slučaju zadovoljava i kriterij sigurnosti i ekonomičnosti . Pravci klivaža u pravilu, poklapaju se sa pružanjem folijacija, a ove zajedno sa rasjedima, uglavnom su upravne ili dijagonalne na trasu.

## LITERATURA

- [1] Lazić, J, Mitrović, S. i Petrović, N. (2004). Uloga saobraćajne infrastrukture u procesu razvoja Jugoistočne Evrope - slučaj SCG, Beograd.
- [2] [https://www.researchgate.net/publication/272962664\\_Duboko\\_temeljenje\\_i\\_poboljsanje\\_temeljnog\\_tla](https://www.researchgate.net/publication/272962664_Duboko_temeljenje_i_poboljsanje_temeljnog_tla)
- [3] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Dornstetten\\_K%C3%BCbelbachviadukt02rect\\_2006-10-17.jpg](https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Dornstetten_K%C3%BCbelbachviadukt02rect_2006-10-17.jpg)
- [4] [http://rgn.hr/~pkvasnic/09\\_PILOTI.pdf](http://rgn.hr/~pkvasnic/09_PILOTI.pdf)