

prof. dr. Milenko Pržulj
Družba za državne ceste, d.o.o. Ljubljana

POBOČNI VIADUKTI –POSEBNOSTI TEMELJENJA

POVZETEK

- Pobočni viadukti so eden od pomembnejših karakteristik sodobnih avtocest v hribovitih in planinskih območjih.
- Projektiranje in gradnja pobočnih viaduktov vsebuje veliko posebnosti. Položaj in višina osi avtoceste pri pobočnih viaduktih bistveno vpliva na izbiro tehnologije gradnje podporne in prekladne konstrukcije. Cena temeljenja podpor viaduktov dosega tudi 20 do 30% celotne cene viaduktov.
- Pravilna izbiro položaja in višine viadukta, kakor tudi tehnologije gradnje lahko zadostno ohrani naravno okolje, nepravilna izbiro pa ga lahko nevarno ogrozi.
- Zaželeno je interdisciplinarno reševanje trase avtoceste v območju viaduktov v katerem morajo sodelovati tako projektanti avtocest kakor tudi projektanti cestnih objektov, geomehaniki in geologi.
- V tem prispevku je poudarek na posebnostih temeljenja pobočnih viaduktov.

SLOPE VIADUCTS – SPECIFICS OF FOUNDATION

SUMMARY:

- Slope viaducts represent a typical feature of modern motorways in hilly and mountainous regions.
- Several particularities are involved in the design and construction of slope viaducts. The choice of the construction technology of slope viaduct substructure and superstructure is significantly influenced by the position and elevation of the motorway axis. Since the cost of viaduct support foundations can amount to 20 - 30% of the total viaduct price.
- Natural environment can be sufficiently reserved by a correct choice of the viaduct position and height as well as of the construction technology, while it can be seriously jeopardised if this choice is made wrongly.
- An interdisciplinary consideration and seeking solutions of the motorway layout in the viaduct areas is desired. A thorough co-operation of motorway designers bridge designers, geomechanics and geologists is required.
- In this article is accent on the specifics foundation of slope viaducts.

1. UVOD

Viadukti so najbolj zastopani objekti na sodobnih avtocestah v hribinskih in planinskih območjih. S pomočjo viaduktov se obvladujejo težki morfološki in geološki pogoji, kar omogoča, da trase avtocest tudi v tako težkih pogojih obdržijo visoko računsko hitrost in ustrezne elemente.

Razlikujemo dolinske in pobočne viadukte. Projektiranje in gradnja dolinskih viaduktov je podobno projektiranju in gradnji mostov. Projektiranje in gradnja pobočnih (brežinskih) viaduktov posebej temeljenja vsebuje veliko posebnosti, katere so analizirane v nadaljevanju.

Položaj osi in niveleta avtoceste opredeljujeta število, dolžino, višino in geometrijo viaduktov ter bistveno vplivata na njihovo zasnovanje, konstrukcijsko rešitev in tehniko gradnje.

Rešitev trase z viadukti na strmih in geološko neugodnih pogojih pobočjih poleg ostalega omogoča varen promet, zmanjšuje stopnjo rizikov in stroške vzdrževanja avtoceste.

2. POLOŽAJ OSI AVTOCESTE NA POBOČJU

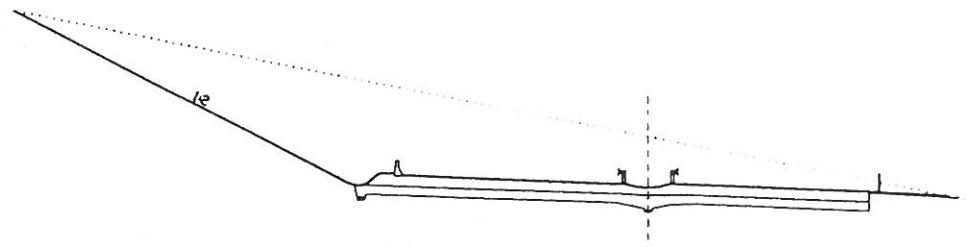
Na izbiro položaja avtoceste na pobočju najbolj vplivajo:

- Nagib pobočja,
- Geološka sestava tal in stabilnost pobočja,
- Položaj osi avtoceste glede na dno pobočja,
- Zaščita in ohranitev naravnega okolja,
- Organizacija in tehniko gradnje - pristopne poti,
- Cenovno razmerje variantnih rešitev

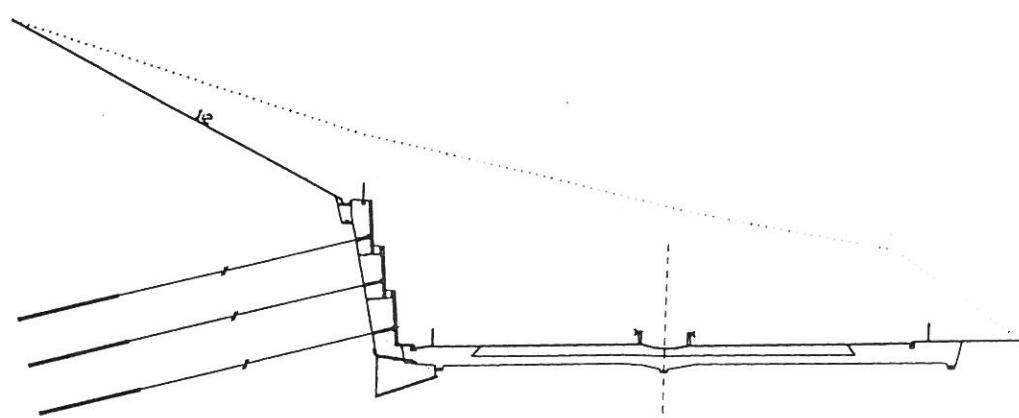
Os trase avtoceste na pobočju je običajno v krivini ali kombinaciji krivin različnih radijov, tako da se trasa čim bolj prilagaja splošni obliki doline in brežine ter tako ohranja približno enako razmerje proti pobočju.

Pri zasnovi avtoceste na pobočju ima projektant več možnosti:

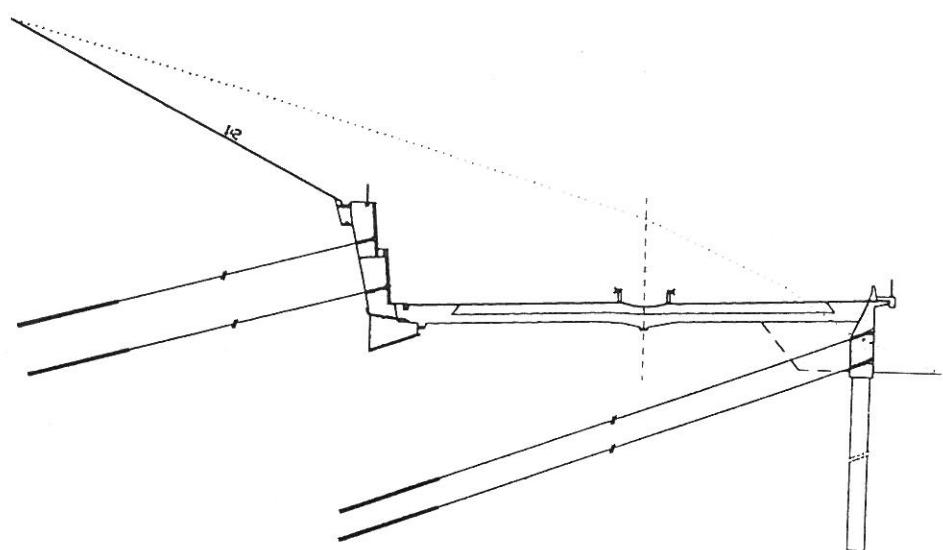
- Avtocesta v nasipu v blagem stabilnem pobočju brez podpornih konstrukcij.
- Avtocesta v nasipu na pobočju s podpornimi konstrukcijami na nižji strani.
- Kompletno avtocestno telo s celotno širino je v plitvem useku na blagem stabilnem pobočju brez opornih in podpornih konstrukcij (slika 1).
- Avtocesta s celotno širino je v globokem useku na relativno blagem pobočju z opornimi zidovi višine 10 – 12m in brežino nad zidom s povečanim naklonom (slika 2).
- Avtocesta v globokem useku na strmem pobočju v useku in delno v nasipu z opornimi in podpornimi konstrukcijami (slika 3). Niveleti levega in desnega vozišča sta lahko na isti ali na različnih višinah, kar je odvisno od strmine pobočja in geoloških razmer.
- Polovica avtoceste (pobočno vozišče) je v useku oziroma delno v useku in delno na nasipu z opornimi in podpornimi konstrukcijami. Zunanja polovica avtoceste (dolinsko vozišče) je na viaduktu. (slika 4).
- Celotna avtocesta (obe vozišči) nad strmim pobočjem sta na viaduktih z niveleto na isti ali na različnih višinah (slika 5).
- Katera od naštetih osnovnih možnosti bo izbrana je odvisno od niza dejavnikov, katere je potrebno dokumentirano analizirati. Za dokončno odločitev je potrebno izdelati študijo več variantnih idejnih projektov na osnovi ustreznih geomehanskih in geodetskih podlog projektov v sodelovanju projektanta viadukta s projektantom avtoceste in geomehanikom.



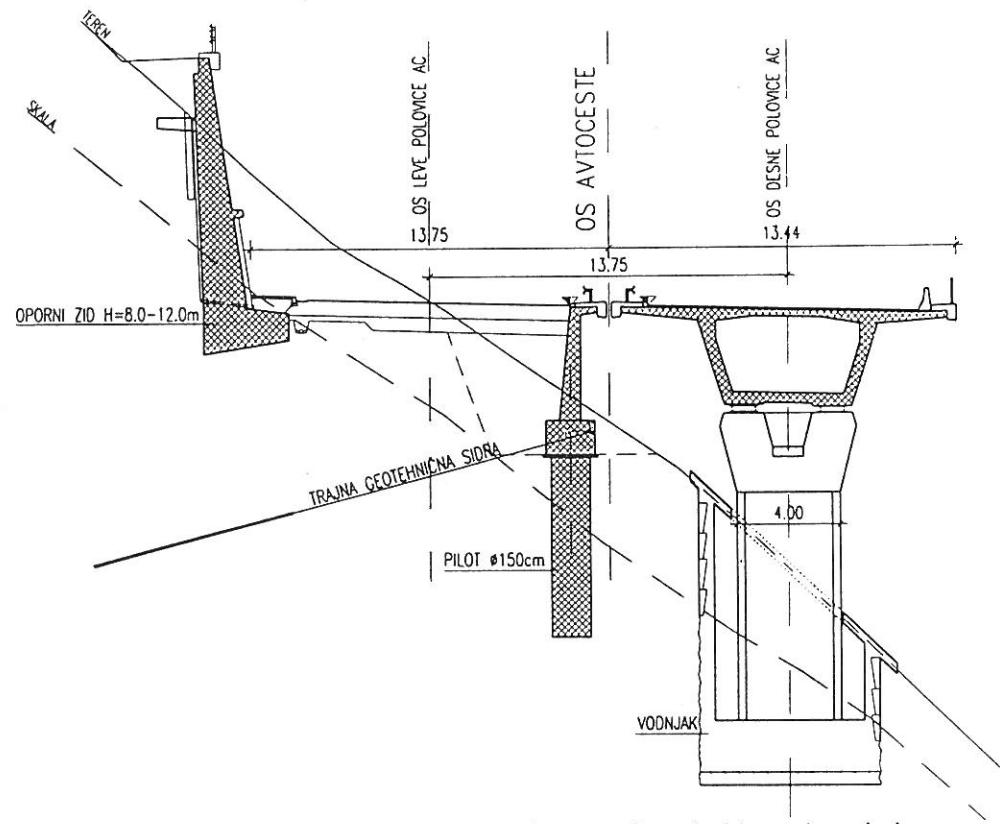
slika 1 Avtocesta v plitvem useku na blagem pobočju



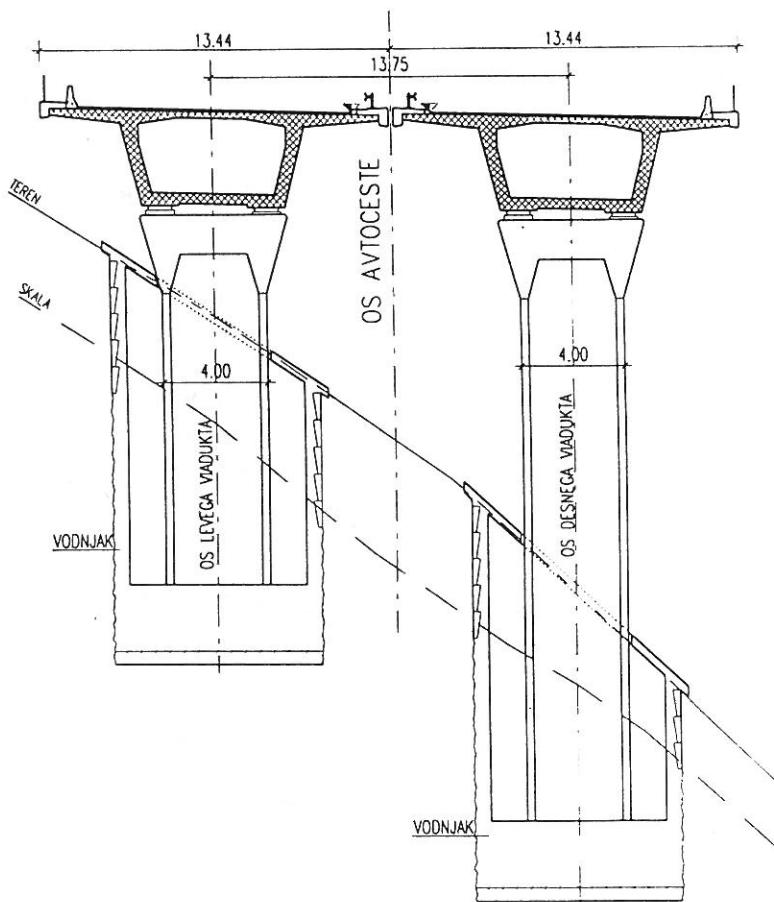
slika 2 Avtocesta v globokem useku na blagem pobočju



slika 3 Avtocesta v globokem useku na strmem pobočju



slika 4 Polovica avtoceste je v useku in nasipu s podpornimi in podpornimi konstrukcijami, polovica pa na viaduktu



slika 5 Kompletna avtocesta na strmem pobočju je na viaduktu

3. VIŠINSKI POLOŽAJ AVTOCESTE NA POBOČNIH VIADUKTIH

Niveleta avtoceste na viaduktu sledi logiko kontinuitete nivelete obravnavanega odseka avtoceste. Zaželene so nivelete v naklonu od 1 - 3%. Višinski položaj viadukta nad pobočjem mora biti tak, da pušča najmanj 3m proste višine pod najnižjim delom prekladne konstrukcije. Pri tem ne smejo biti potrebni drugi posegi v pobočje izven območja podpor. Če je področje po katerem poteka pobočni viadukt gozd, je zaželeno, da viadukt poteka nad gozdom, ker se s tem najmanj ogroža naravno okolje in obstoječa vegetacija. Na izbiro optimalnega višinskega položaja vpliva tudi potencialna tehnologija izgradnje prekladne konstrukcije viadukta, katera potrebuje nekaj prostora tudi pod viaduktom. Višina podpor pobočnih viaduktor v mejah od 10 - 30m ne vpliva na ceno viadukta z več kakor z 3 - 5%. To dopušča projektantom avtoceste večjo svobodo pri izbiri višinskega položaja trase avtoceste na viaduktih.

Običajno je, da so dvojni viadukti na isti višini. Če pogoji rešitve trupa avtoceste izven viadukta pogojujejo različni višini nivelet, takrat je taka rešitev sprejemljiva tudi na delu viadukta (slika 6).

4. ORGANIZACIJA IN TEHNOLOGIJA GRADNJE POBOČNIH VIADUKTOV

Potrebno se je zavedati, da določanje položaja avtoceste na pobočnih viaduktih bistveno vpliva, poleg ostalega, tudi na izbiro organizacije ter tehnologijo gradnje viaduktor, s tem pa tudi na ceno objekta. Cilj je, da je izgradnja pobočnih viaduktor čim manj odvisna od terenskih razmer.

Pri mostovih in dolinskih viaduktih se uporablja enotna organizacija gradbišča pri izgradnji podporne in prekladne konstrukcije. Pri pobočnih viaduktih na strmih oziroma nestabilnih pobočjih se posebej organizirajo gradbišča za posamezna podpora mesta, posebej pa za izgradnjo prekladne konstrukcije.

Samo na blago nagnjenem in geološko stabilnem pobočju je možna izgradnja začasnih gradbiščnih poti za pristop mehanizacije do vseh podpor. Začasne poti omogočajo relativno enostavno in ekonomično izgradnjo podpor viaduktor.

Na nestabilnih pobočjih z večjo debelino nestabilnih tal in na pobočjih z nakloni večjimi od 30% izgradnja gradbiščnih poti ogroža stabilnost brežin, kvari naravno okolje ter je draga. Realno je, da se v takih pogojih organizacija graditve podpor viaduktor načrtuje brez izgradnje gradbiščnih poti.

Če ni možna oziroma upravičena izgradnja začasnih gradbiščnih poti, takrat je bistven položaj avtoceste glede na rob doline. Izgradnja gradbiščnih poti po robu doline je običajno enostavna ter služi za postavitev žerjava in transport materiala. Doseg žerjava je do cca. 40m, kar je zaželena razdalja trase avtoceste od roba doline. Za večje odmike od roba doline je za izgradnjo podpor nujna uporaba druge vrste mehanizacije.

Vse sodobne tehnologije izgradnje prekladnih konstrukcij mostov in viaduktor (prosta konzolna gradnja, narivanje, segmentna gradnja in gradnja s pomicnimi odri) so neodvisne od terena. Za tehnologijo narivanja je potrebno imeti delovne platoje pred in za objektom na stabilnem pobočju ter ustrezno geometrijo avtoceste na delu viadukta brez prehodnic in vitopirjenj.

5. VELIKOST RAZPETIN TER POLOŽAJ PODPOR POBOČNIH VIADUKTOV

Položaj podpor in velikost razpetin pri pobočnih viaduktih je v glavnem odvisna od geološko morfoloških pogojev, manj pa od višine objekta nad terenom. Potrebno je težiti k taki rešitvi, ki predvideva podpore v boljših geološko morfoloških pogojev, oziroma kjer so nosilna tla čim bliže terenu. Delež cene temeljenja v skupni vrednosti dolinskih viaduktor je cca 10%, pri pobočnih viaduktih pa od 15 - 30%. Povečanje deleža temeljenja, roki izgradnje in riziki pri težavnem globokem temeljenju vpliva, da se meja optimalnih razpetin veča. Pri daljših pobočnih viaduktih je potrebno posebej analizirati ter upravičiti izbiro velikosti razpetin. Če so npr. za dolinski viadukt višine 20 - 40m nad terenom racionalni razponi 30 - 45m, so za pobočne viadukte ti razponi od 45 - 60m. Seveda na izbiro velikost razpetin vplivajo tudi vsi drugi znani dejavniki, še posebej tehnologija izgradnje prekladne konstrukcije in racionalno razmerje cene podporne konstrukcije s temeljenjem v primerjavi s ceno prekladne konstrukcije v odvisnosti od velikosti razpetin.

Za razpetine pobočnih viaduktov večje od 120 - 150m je težko dokazati splošno ekonomsko upravičenost.

6. ZASNOVE PREČNIH PREREZOV PREKLADNIH KONSTRUKCIJ VIADUKTOV

V Smernicah za projektiranje premostitvenih objektov je načeloma določeno, da so prekladne konstrukcije viaduktov in mostov ločene, t. j. dvojne. To načelo velja za vse materiale, vse statične sisteme in vse tehnologije izdelave prekladnih konstrukcij.

Pri primerjavi rešitev prečnih rezov kot dvojnih ali enojnih konstrukcij je potrebno upoštevati naslednje vidike:

- Funkcija objekta na avtocestni mreži,
- Možnost obvoza v primeru zapore avtoreste na objektu,
- Pogoji eksploracije objekta (redno vzdrževanje, rehabilitacija),
- Možnost obnove - zamenjave prekladne konstrukcije,
- Ohranitev in vklapljanje objekta v naravno okolje,
- Ekonomski vidiki glede začetne investicije in skupne investicije v celotnem času predvidene življenske dobe objekta.

7. POSEBNOSTI TEMELJENJA PODPOR POBOČNIH VIADUKTOV

Na posebnosti rešitev temeljenja podpor pobočnih viaduktov vplivajo predvsem geološka sestava tal, naklon pobočja in možnost dostopa mehanizacije.

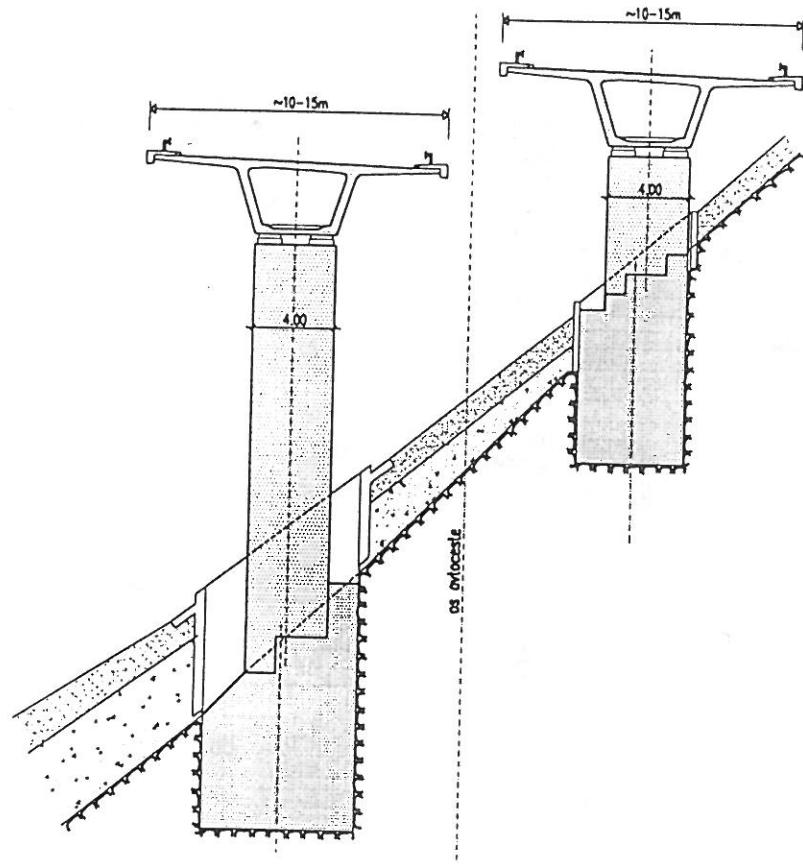
Pri izbiri zasnovi temeljev viaduktov na pobočjih je potrebno zagotoviti:

- Izbrani način temeljenja ne sme podreti ali ogroziti naravne stabilnosti brežin.
- Projektirana rešitev temeljenja mora zagotoviti stabilnost temeljev in podpor viadukta tudi v primeru, da pride do plazenja preperinskega dela terena na območju viadukta.
- V konstrukciji temeljev in spodnjih delov podpor je potrebno pustiti možnost za naknadno vgradnjo sider za dodatne ukrepe proti zdrsuh.
- Projektirana rešitev temeljenja mora biti skladna z možnostjo uporabe določene mehanizacije.
- Dela na temeljenju ne smejo ogrožati varnosti delavcev.

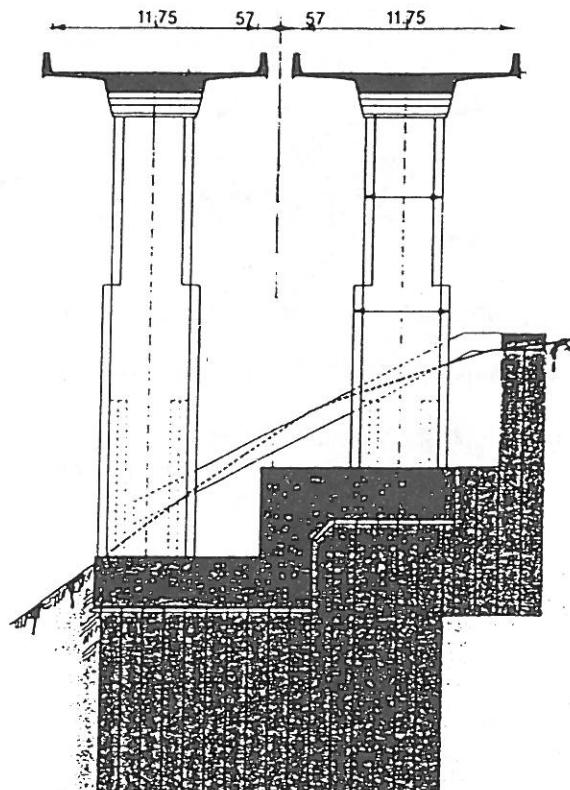
Za strma pobočja s preperinskim slojem spremenljive debeline je ustrezna rešitev krožni ali eliptični vodnjaki za vsak steber, kakor je to prikazano na sliki 5. Temeljna blazina na nižji strani sega najmanj 2,0m v zdravo skalo. Prostor med stebri in zidom vodnjaka je lahko prazen ali pa zapolnjen, kar je odvisno od stabilnosti preperinskega sloja in višine vodnjaka.

Pri strmih pobočjih v kompaktni skali z manjšo debelino preperinskega sloja se predvideva zaščita izkopa samo za del preperinskega sloja. Izkop v skali je brez zaščite s kontaktnim betoniranjem. Globina izkopa je odvisna od naklona terena ter potrebnega odmika roba temelja od površine terena, da se ne bi preveč zmanjšala dopustna nosilnost, ter da se zagotovi potrebna stopnja vpetosti in varnosti proti zdrsuh. Za prevzem horizontalnih sil pravokotnih na os viadukta se uporabijo trajna geotehnična sidra, če so nujna (slika 6).

Za gruščnata pobočja z manjšimi nakloni je možno in ugodno za ojačitev tal pod temelji in zaščito izkopa koristiti injektiranje pod pritiskom po sistemu Jet-grouting (slika 7).

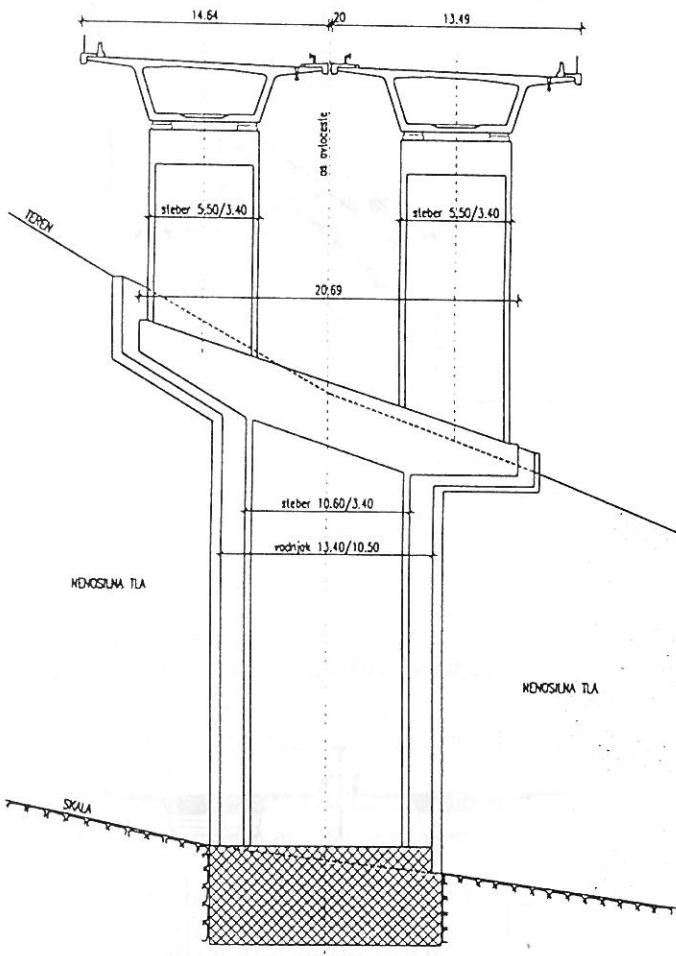


Slika 6 Temeljenje podpor pobočnih viaduktov na strmem skalnem pobočju



Slika 7 Temeljenje podpor pobočnih viaduktov z ojačitvijo tal pod temeljem in zaščito gradbene jame z Jet-groutingom

Za temeljenje vmesnih podpor pobočnih viaduktov na strmih pobočjih z večjimi debelinami nenosilnih slojev je dobra rešitev izdelava enega vodnjaka večjega eliptičnega prereza. Skupni del stebra v vodnjaku se končuje s konzolno razširitvijo iz katere se nadaljujeta ločena stebra prekladne konstrukcije. Prostor med stebrom in vodnjakom ni zapolnjen, tako da je steber v vodnjaku neodvisen od možnih manjših pomikov terena oziroma vodnjaka. Zidovi vodnjaka so ojačeni, da prevzamejo pomike in vplive nenosilnega sloja (slika 8).



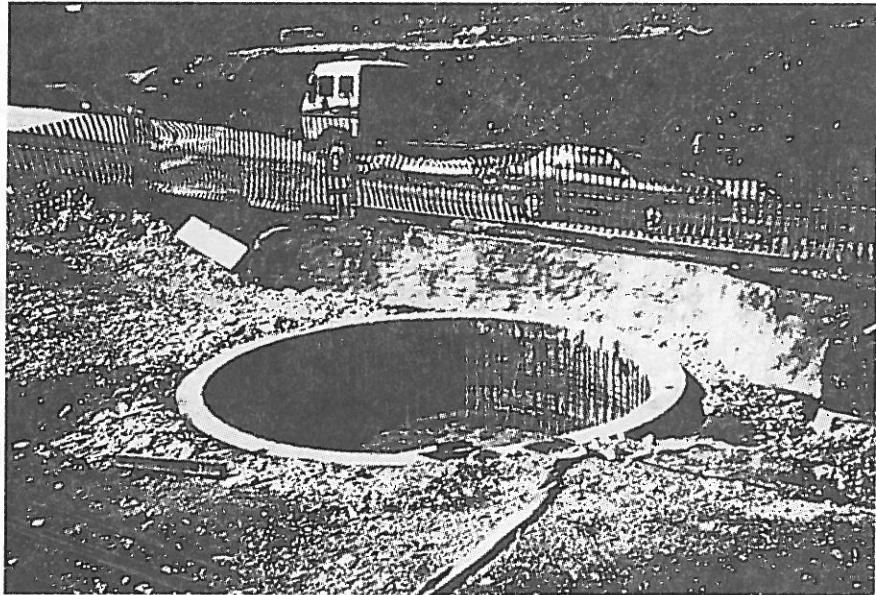
Slika 8 Temeljenje podpor pobočnih viaduktov na skupnem vodnjaku

Pri nas so v praksi uveljavljena dva načina zaščite izkopa in izdelave vodnjakov:

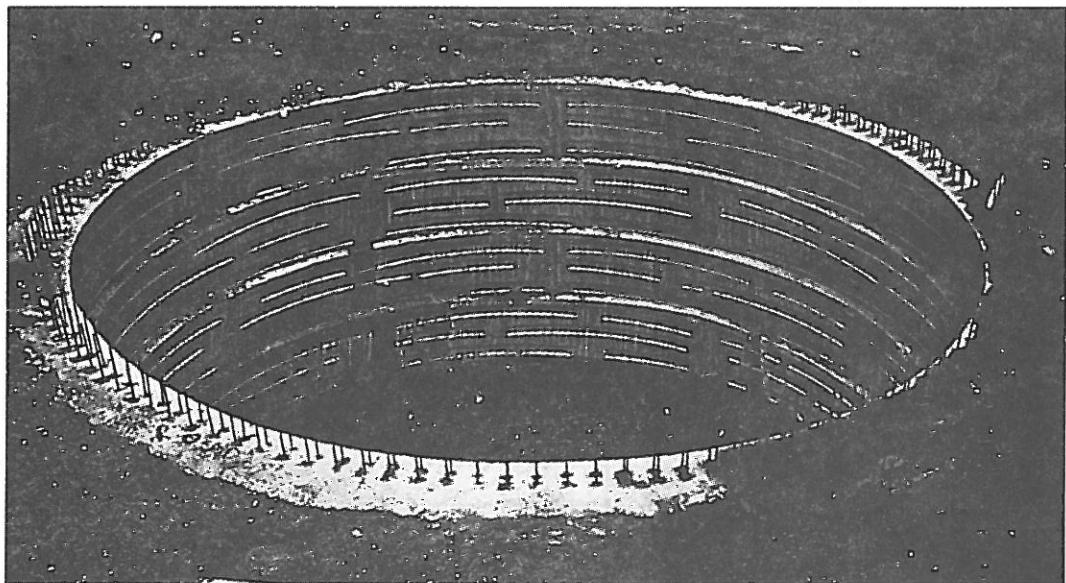
- Zaščita izkopa in formiranje plašča vodnjaka z armiranim torkret betonom debeline 10 – 20cm.
- Zaščita izkopa in formiranje plašča vodnjaka iz armiranobetonskih obročev višine 1,0m, kateri se izdelujejo postopno z napredovanjem del v vodnjaku.

Kateri od dveh naštetih načinov bo uporabljen v konkretnih pogojih je odvisno predvsem od velikosti zemeljskih pritiskov, premra in višine vodnjaka.

Na ravnem delu terena ali na blago nagnjenem pobočju je možna vzpostavitev delovnega platoja za celotno površino vodnjaka in simetričen izkop v vodnjaku na celotnem prerezu (sliki 9 in 10). Terenski pogoji omogočajo dostop mehanizacije za izdelavo uvrtanih kolov s temeljno blazino na skupini kolov. Cenovna primerjava ter boljši prenos sil konstrukcije viadukta na temeljna tla daje prednost rešitvam z vodnjaki ob pogoju, da prliv vode v vodnjak ni prevelik.

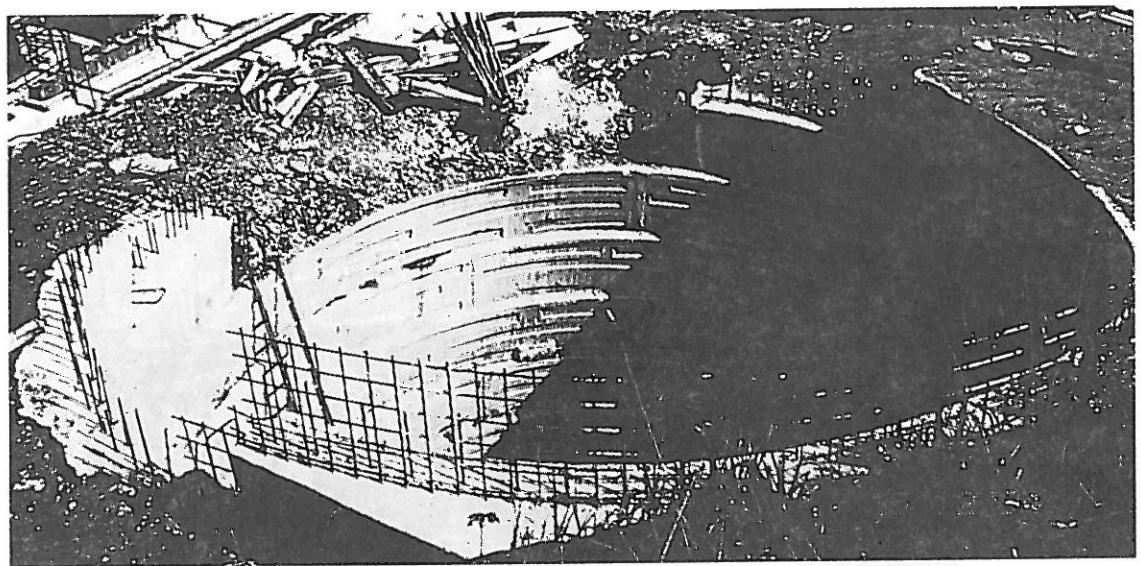


Slika 9 Vodnjaki na ravnem delu terena Φ 6,0m, višine 6 – 8m varovan z armiranim torkretom debeline 10 – 15cm in armiranobetonским prstanom na vrhu vodnjaka uporabljenim na viaduktih Zlokarje in Črni mlinar - Trojane



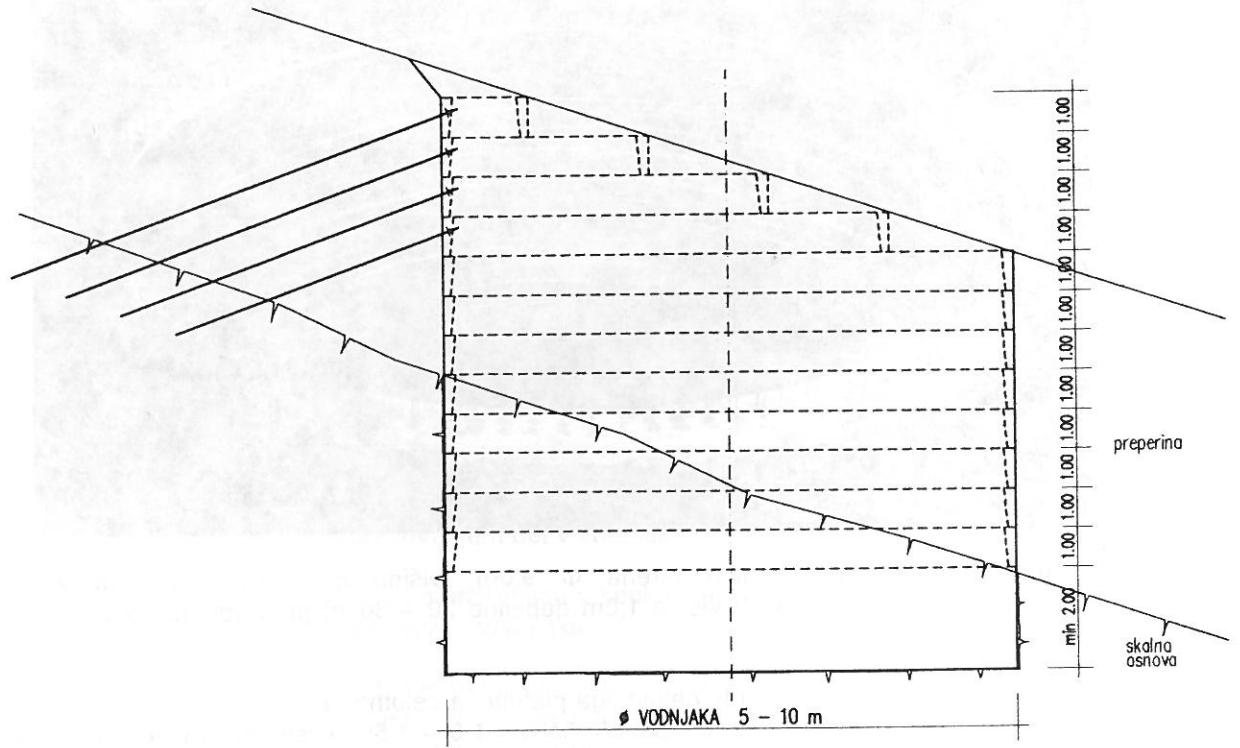
Slika 10 Vodnjaki na ravnem delu terena Φ 9,0m, višine 6 – 15m varovan z armiranobetoniskimi obroči višine 1,0m debeline 20 – 30cm pri viaduktu Ločica - Trojane

Na strmem pobočju ni možna vzpostavitev delovnega platoja za celotno površino vodnjaka. Izkop in zaščita pobočja se izvaja postopoma po kampadah višinah 1,0 – 1,5m z istočasno izdelavo delov zaščitnih prstanov (slika 11). Zemeljske pritiske v zgornjih kampadah (odpri prstani) je potreben prevzeti s pasivnimi paličnimi sidri.

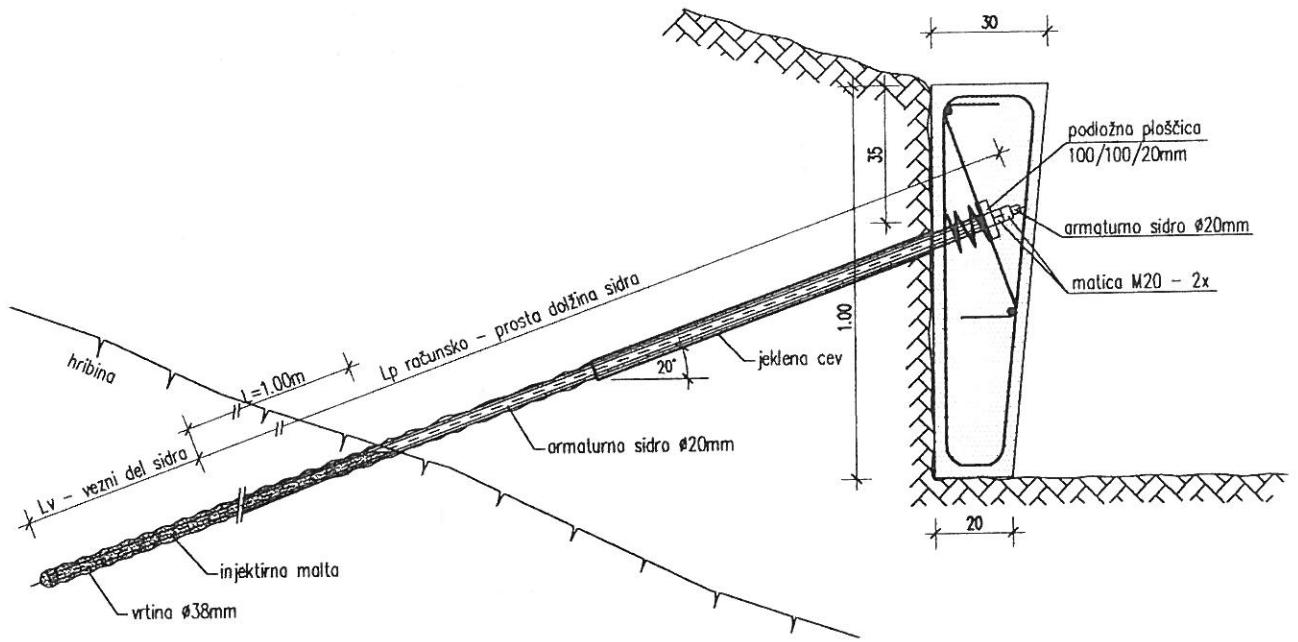


Slika 11 Vodnjaki na strmem pobočju Φ 9,0m, višine 6 – 15m varovan z armiranobetoniskimi obroči višine 1,0m debeline 20 – 30cm pri viaduktu Ločica – Trojane

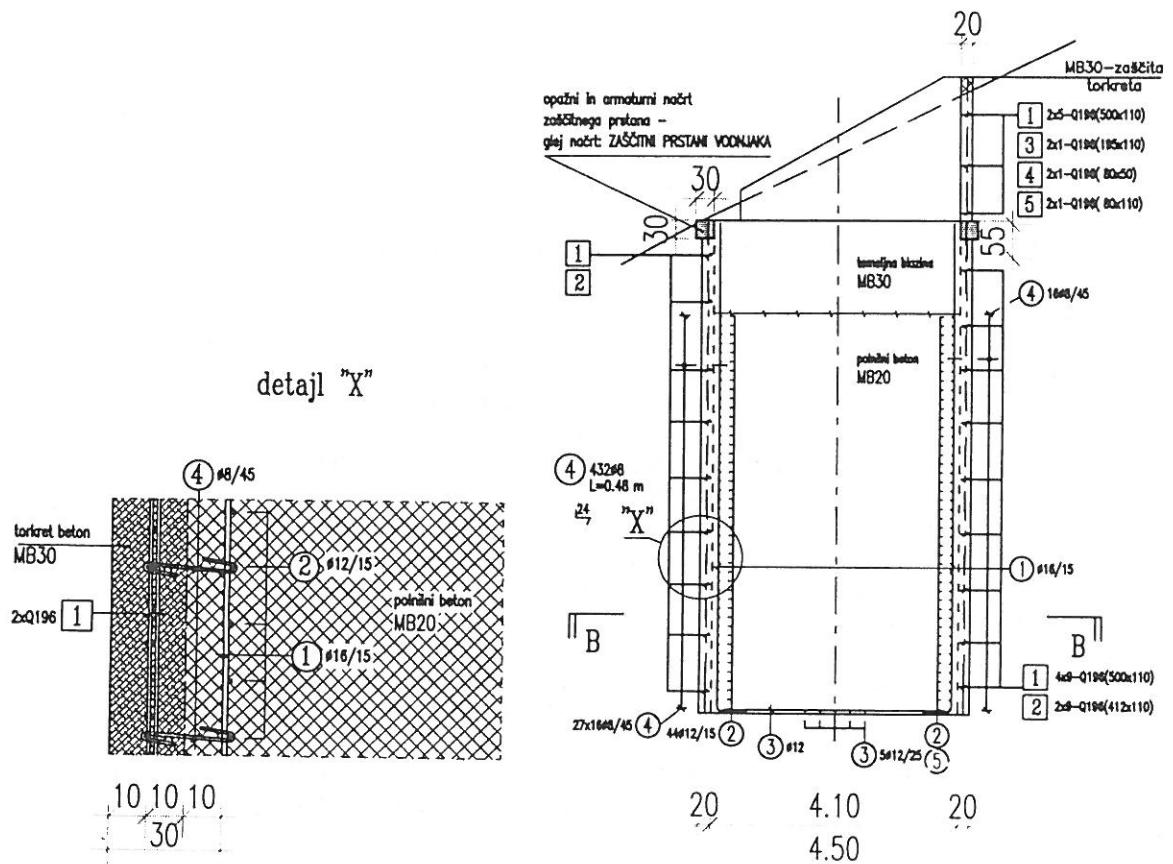
Na sliki 12 je podana splošna shema vodnjakov Φ 5 - 10m na strmem pobočju s postopno izdelavo armiranobetoniskih obročev višine 1,0m. Do globine 6 - 8m je izkop možen z bagri izven vodnjaka. V večjih globinah se koristijo manjši bagri v vodnjaku. Na delu izkopa v skali je nujno miniranje, katero se mora izvajati zelo previdno in kontrolirano. Na sliki 13 je podan detalj pasivnega paličnega sidra za prevzem zemeljskih pritiskov v zgornjih odprtih obročih.



Slika 12 Shema vodnjaka Φ 5,0 – 10,0m, na strmem pobočju s postopno izdelavo armiranobetoniskih obročev višine 1,0m



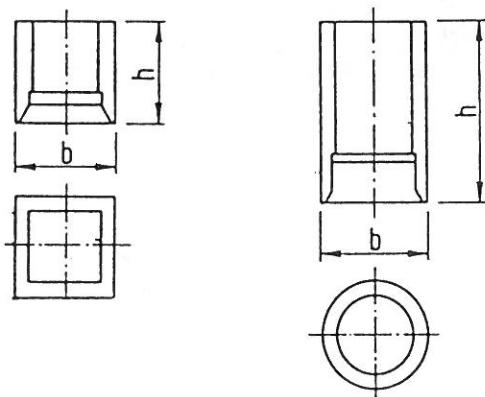
Slika 13 Detajl sidranja zgornjih odprtih obročev vodnjakov



Slika 14 Vodnjak manjšega premera na strmem delu pobočja varovan z armiranim torkretom na viaduktu Jelševica - Trojane

Na sliki 14 je podan prerez in detalj vodnjaka premera 4,5m višine 8 – 15m na strmem pobočju. Zaščita pobočja in zaščita izkopa v vodnjaku je z armiranim plaščem iz torkret betona debeline 20cm. Temeljna blazina je na vrhu ravnega dela vodnjaka. Na detajlu X je podan način armiranja plašča vodnjaka debeline 30cm.

Za zaščito izkopa za temelje podpor mostov globine 4m-10m (15m) na ravnom terenu, kjer se pričakuje priliv vode, se koristijo armirano betonski odprti vodnjaki pravokotnega ali krožnega prereza (slika 15) z ali brez komor (odvisno od velikosti vodnjaka). Vodnjaki se betonirajo na mestu izkopa nad terenom do višine 2 – 4m. Mechanizirani izkop v vodnjaku in spuščanje vodnjaka se izvaja istočasno. Po spuščanju prvega dela vodnjaka se betonirajo novi deli vodnjaka in vodnjak se ponovno spušča. Priliv vode je možno obvladati s črpalkami v jašku na poglobljenem delu dna vodnjaka.



Slika 15 Karakteristični prerezi odprtih vodnjakov

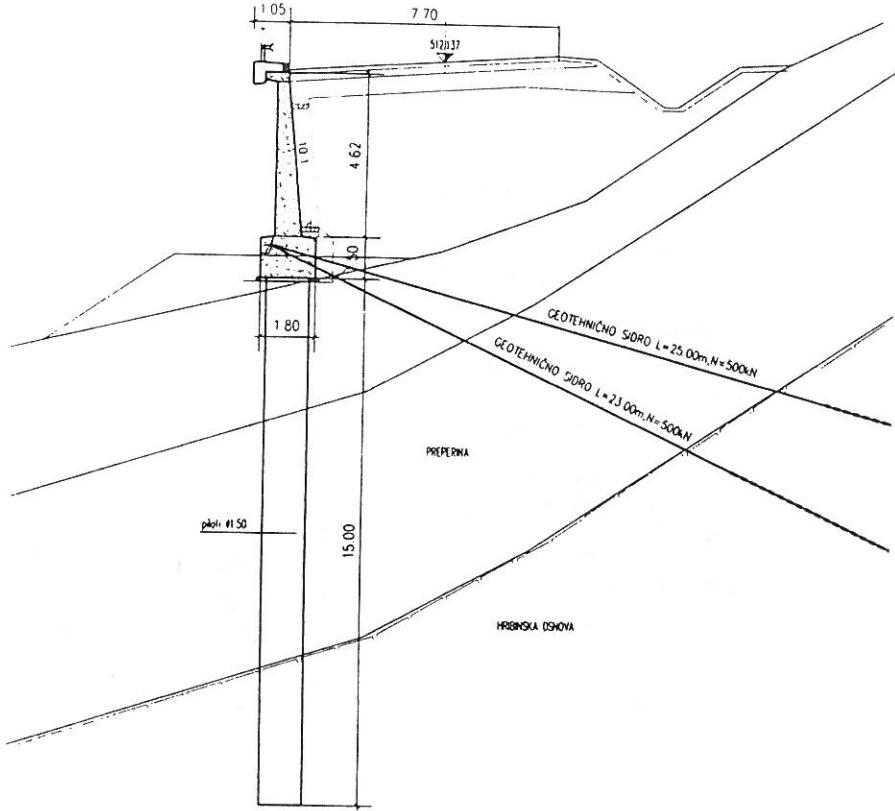
8. KARAKTERISTIČNI PRIMERI REŠITEV POBOČNIH VIADUKTOV

Splošnih navodil za pravilno in varno izbiro rešitve ceste ali avtoceste na pobočju ni možno dati. Vsak posamezni primer je poseben in unikaten. Do pravih rešitev se prihaja na osnovi ustreznih podlog, posebej geološko geomehanskih in z izdelavo več variantnih rešitev. V gradbeništvu so izkušnje zelo pomembne in zaželene, še posebej pri umeščanju avtocest na geološko zahtevnih pobočjih.

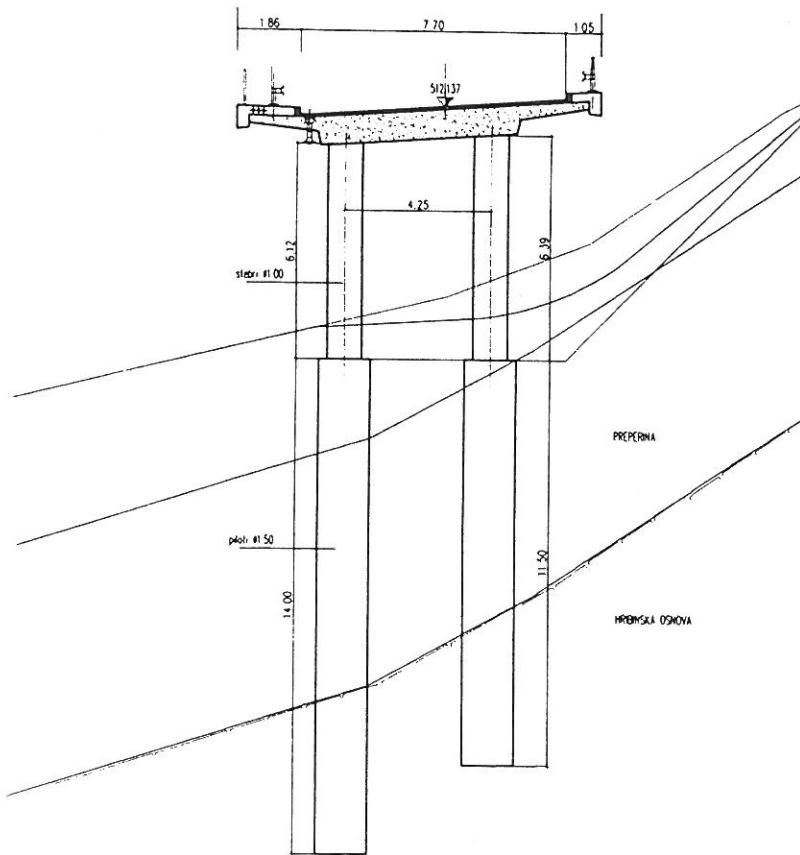
8.1 Viadukt Ločica na odseku AC Vransko - Blagovica dolžine 860m je imel po prvotni zasnovi na srednjem delu levega pasu na dolžini 400m zasek z opornim zidom višine 8 – 12m ter podporno pilotno steno, desni pas pa je bil na viaduktu (slika 4). Izgradnja začasne poti na strmem pobočju na preperinskem sloju 4 – 6m za pristop mehanizacije za izdelavo uvrtnih kolov je bila vprašljiva z vidika stabilnosti brežine in stroškov. Premik trase avtoceste za 15 – 20m proti dnu doline je omogočil rešitev z viaduktoma za obe smerni vozišči (slika 5). Na dnu pobočja je zgrajena začasna gradbiščna cesta. Transport materiala in opreme za izkop ter izdelavo vodnjakov in podpor se izvaja z žerjavji. Ta primer prednosti rešitve AC na pobočju z viaduktom zasluži posebno in detajlnejšo obravnavo. Poleg finančnih in tehnoloških prednosti rešitve z viaduktom taka izbira tudi najmanj ogroža naravno okolje.

8.2 Rekonstrukcija dela regionalne ceste R2 1227 Trojane - Izlake v Zideh je bila po osnovni rešitvi projektirana s sidranim podpornim zidom dolžine 130m višine 6m temeljenim na uvrtnih kolih $\Phi 150\text{cm}$ (slika 16).

Za variantno rešitev podpornega zidu je bil projektiran viadukt. Armiranobetonska konstrukcija viadukta ima 9 razpetin $12 + 7 \times 15 + 12 = 129\text{m}$ s ploščastim prečnim prerezom debeline 0,8m. Vmesne podpore viadukta so temeljene na po dveh uvrtnih kolih $\Phi 150\text{cm}$ dolžine 11 – 14m, ki se nadaljujejo v stebre $\Phi 100\text{cm}$, kateri so togo povezani s prekladno konstrukcijo (slike 17 in 18). Cenovna in tehnološka primerjava je pokazala prednost rešitve z viaduktom.

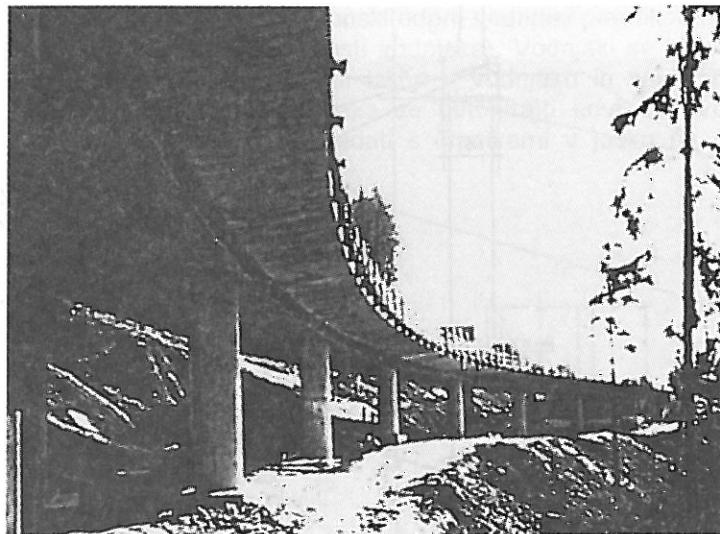


slika 16 Sidran podporni zid v Zideh – osnovna rešitev



slika 17 Variantna rešitev ceste v Zideh z viaduktom

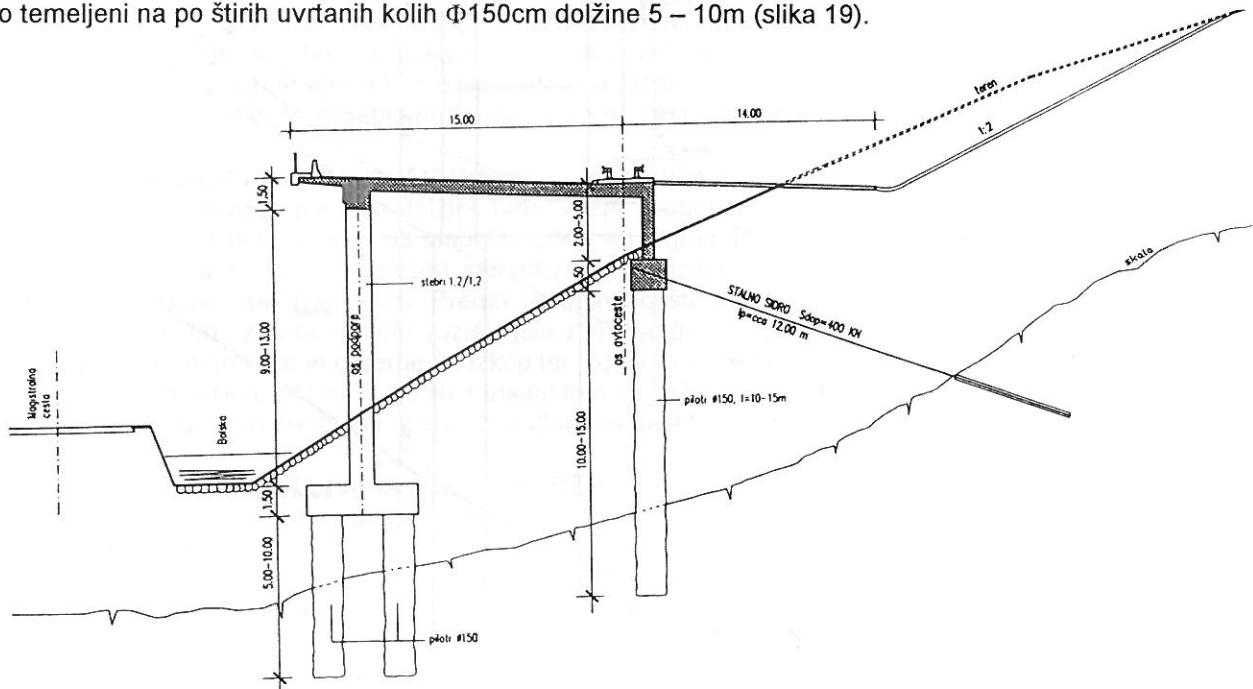
Leta 1997 je bil brez težav zgrajen viadukt v Zideh ob manjših stroških, kakor bi bili pri izvedbi rešitve s podpornim zidom (slika 18). Primer kaže na to, da variantne rešitve na nivoju idejnih ali PGD projektov ob ustreznih podlogah omogočajo racionalnejše izvedbe. Poleg cenovne primerjave so rešitve z viaduktii trajnejše in varnejše konstrukcije od rešitev s podpornimi konstrukcijami.



slika 18 Fotografija pobočnega viadukta v Zideh (Trojane)

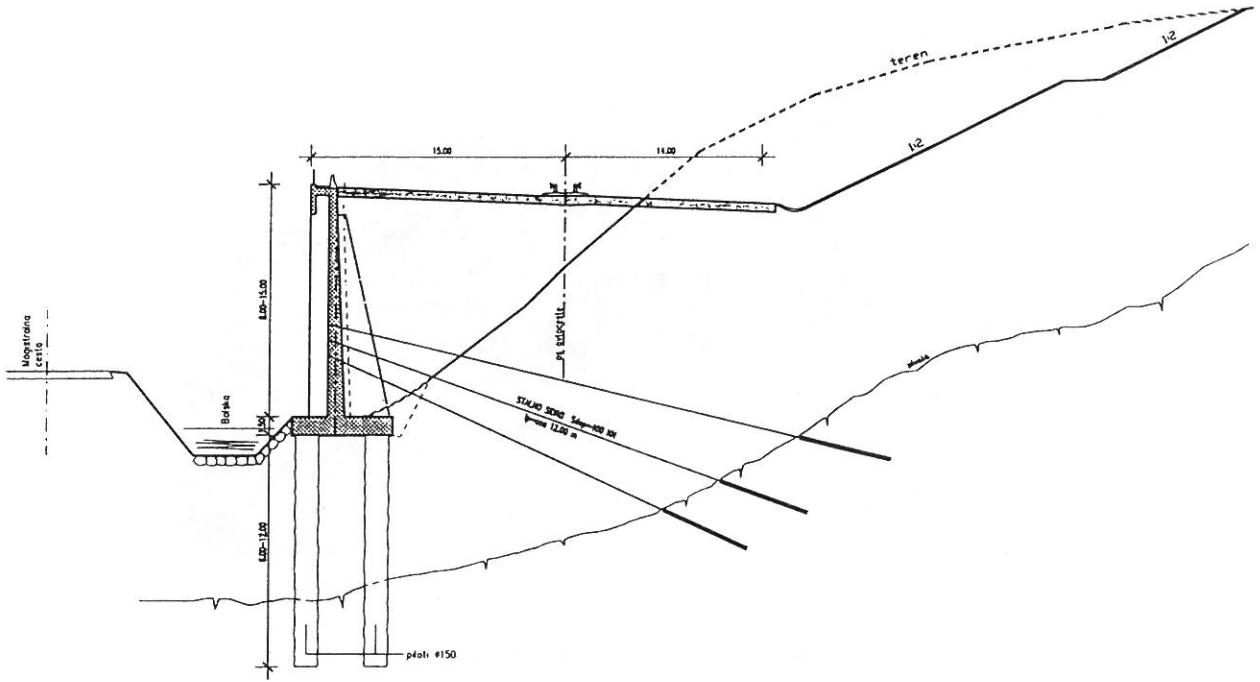
8.3 Del trase avtoceste Jelševica - Trojane: na nestabilnem strmem pobočju neposredno ob glavni cesti in reki Bolski so bile izdelane tri variantne rešitve. Variantne rešitve na nivoju idejnih rešitev so bile izdelane na ustreznih geološko geomehanskih in geodetskih podlogah ter so nudile zadostno osovo za pravilno izbiro.

Varianta Galerija je predvidevala armiranobetonsko monolitno okvirno konstrukcijo za levo vozišče avtoceste. Desna podpora galerije je zid temeljen na uvrtanih kolih $\Phi 150\text{cm}$ dolžine 10 – 15m, kateri je istočasno podpora konstrukcija za desni pas. Leve podpore so stebri na osni razdalji 15m, kateri so temeljeni na po štirih uvrtanih kolih $\Phi 150\text{cm}$ dolžine 5 – 10m (slika 19).



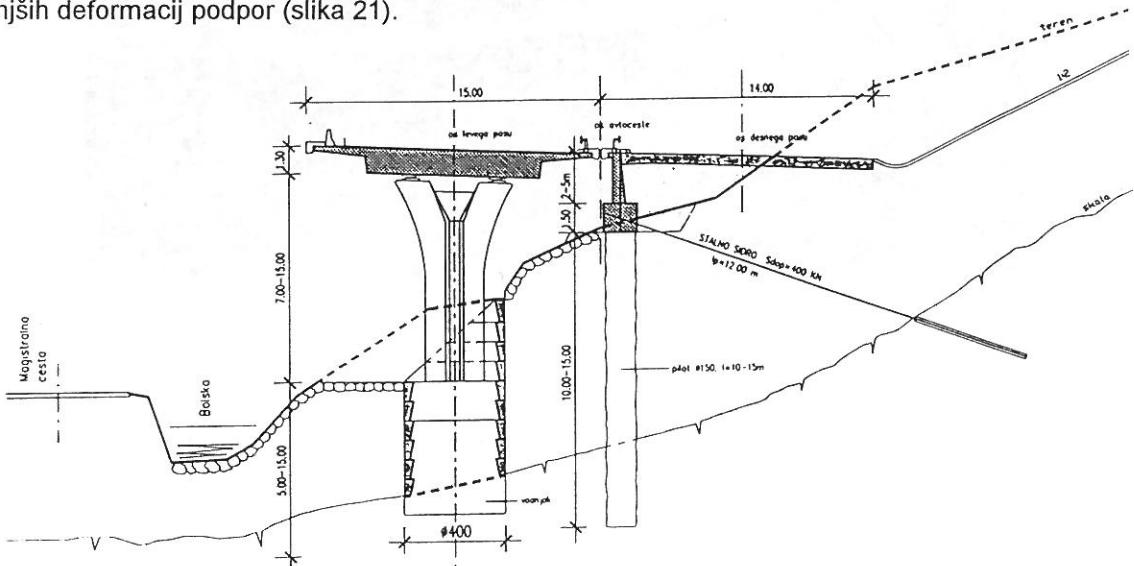
slika 19 Varianta Galerija na delu avtoceste Jelševica - Trojane

Varianta zid je predvidevala armiranobetonsko konstrukcijo zidu višine 8 – 15m temeljeno na uvrtanih kolih $\Phi 150\text{cm}$ dolžine 6 – 12m ter večkrat sidrano v skalno osnovo zaledja. Zid je na robu levega vozišča ob reki Bolska ter istočasno varuje obe smerni vozišči avtoceste. Konstruiran je kot stenska konstrukcija spremenljive debeline na slopih v medsebojni razdalji 5m. Velike horizontalne sile zaradi zemeljskih pritiskov se prevzemajo s sidri v območju slopov. Kot podvarianta so analizirani učinki izdelave nasipa iz različnih materialov s ciljem zmanjšanja vplivov zemeljskih pritiskov na zid (slika 20).



slika 20 Varianta Zid na delu avtoceste Jelševica - Trojane

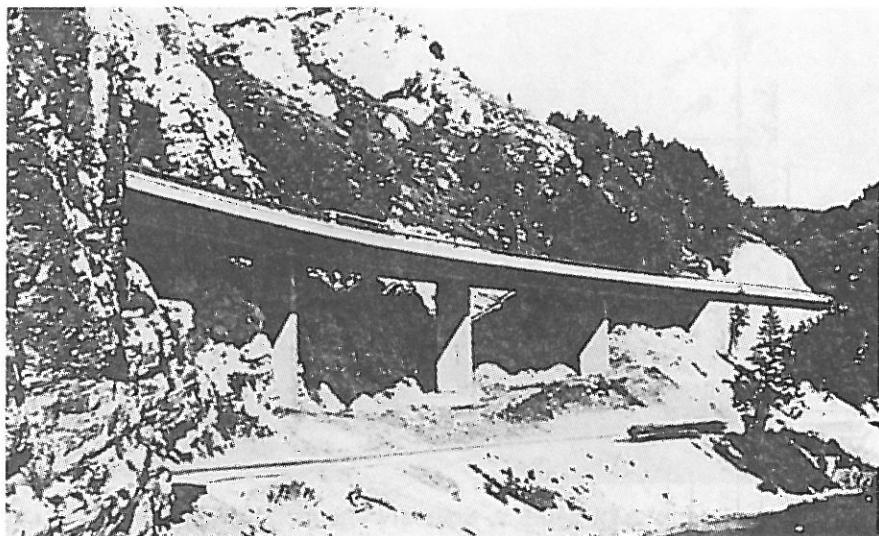
Varianta viadukt je predvidevala izdelavo armiranobetonske prednapete konstrukcije viadukta za levi pas avtoceste in sidrano pilotno steno za desni pas avtoceste. Viadukt ima 9 razpetin po 30m. Vmesne podpore so temeljene na krožnih vodnjakih $\Phi 400\text{cm}$ višine 5 – 15m z istočasnim varovanjem brežine nad vodnjakom. Vodnjaki se izvajajo šele po izdelavi in sidrani pilotne stene za desno vozišče. Prekladna konstrukcija viadukta ploščastega prereza konstantne debeline 1,3m se preko ležišč naslanja na podporno konstrukcijo, tako da obstaja možnost naknadne regulacije možnih manjših deformacij podpor (slika 21).



slika 21 Varianta Vladukt na delu avtoceste Jelševica - Trojane

Po detajlni analizi in reviziji vseh treh variant glede cene, tehnologije izdelave, varnosti in trajnosti je za izgradnjo izbrana najugodnejša varianta viadukta. Dela na gradbišču se izvajajo brez težav.

8.4 Na sliki 22 se vidi pobočni viadukt na magistralni cesti Sarajevo – Pale, ki je bil zgrajen 1980 na strmem skalnem pobočju. Viadukt je bil variantna rešitev za visoki podporni zid, ki bi porušil naravni izgled pobočja.



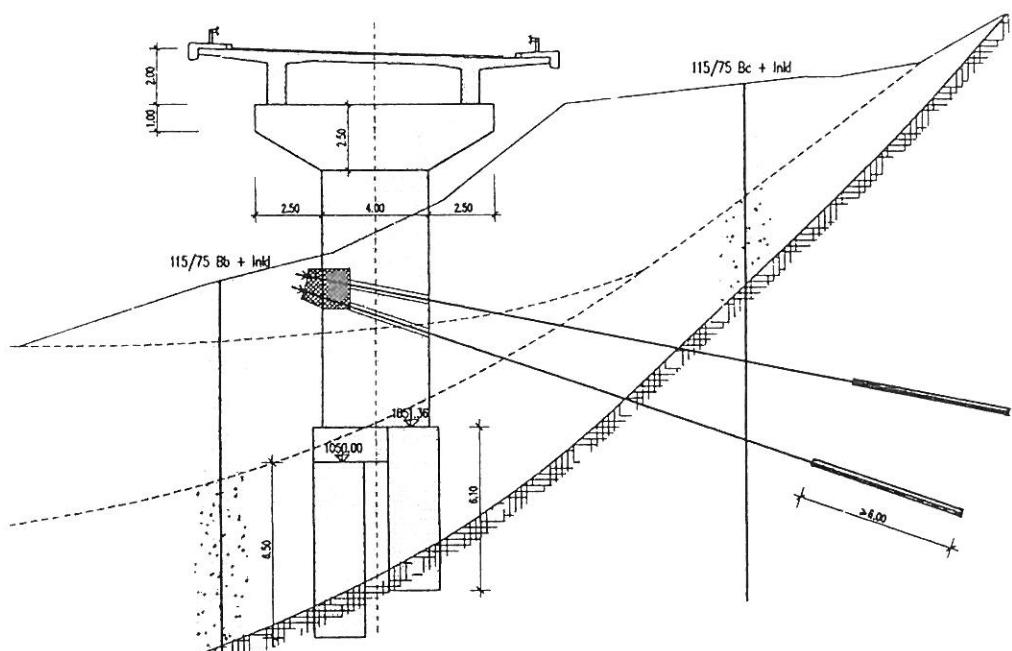
slika 22 Pobočni viadukt na magistralni cesti Sarajevo - Pale

8.5 Več let po izgradnji viadukta na cesti B 115 v alpskem delu Avstrije je prišlo do plazenja pobočja in s tem do poškodb na konstrukciji viadukta (slika 23).



slika 23 Viadukt na cesti B 115 med sanacijo poškodb zaradi plazenja tal

Dela na sanaciji viadukta so predvidevali naknadno varovanje vseh temeljev in podpor poroti zdrsuv (slika 24). Dno vodnjakov ni segalo ali pa ni bilo dovolj vpeto v skalno osnovno. Zaradi pomikov podpor so se v zgornjih konzolnih delih podpor pojavile razpoke, katere so bile sanirane z rešitvijo, ki se vidi na sliki 23.



slika 24 Naknadno varovanje vmesnih podpor viadukta z geotehničnimi sidri

LITERATURA:

- (1) H. Brandl (1988) Brunnenffudierung von Bauwerken in Hängen (insbesondere Brücken) Wien
- (2) F. Leonhardt (1984) Bridges, Aestetic and Design, Deutsche Verlags-Austalt
- (3) M. Trojanović (1984) Savremeni mostovi od armiranog i prednapregnutog betona, Zavod za učbenike, Beograd
- (4) M. Wicke, P. Kirsch (1996) Abtrag und Tragwerkserneuerungen bei Pilzbrücken der Brenner Autobahn unter Verkehr, Bauingenieur 71/96
- (5) Conception des ouvrages d'art en site montagneux fondations en zones instables (1985) Assosiation Francoise pour la Construction,
- (6) Der Lehnenviadukt Beckenried (1981) Verlag d.j. Bänziger Zürich
- (7) Structural Engineering International 1/97, IABSE, Zürich