



## Analiza nivelmanske mreže vijadukta Koševo

*Stručni rad/ Professional paper  
Primljen/Received: 23. 1. 2018.;  
Prihvaćen/Accepted: 1. 6. 2018.*

**izv.prof. dr. sc. Admir Mulahusić, dip. ing. geod.**

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

**doc. dr. sc. Jusuf Topoljak, dip. ing. geod.**

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

**doc. dr. sc. Nedim Tuno, dip. ing. geod.**

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

**izv.prof. dr. sc. Naida Ademović, dip. ing. građ.**

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

**Ernes Vojniković, mag. geod. dip. ing. geod.**

Općina Sanski Most

**Sažetak:** Na vijaduktu Koševo uspostavljena je visinska geodetska mreža posebne namjene. Mjerenja u mreži obavljena su metodom preciznog geometrijskog nivelmana u dvije epohe. Prvu epohu mjerenja čine mjerenja obavljena u zimskim uvjetima, a drugu epohu u ljetnim uvjetima. Nakon obavljenih mjerenja uslijedila je njihova obrada i izjednačenje mreže, a kao rezultat su dobivene visine karakterističnih točaka na vijaduktu. Razlike nadmorskih visina točaka na vijaduktu, uzevši u obzir standardnu devijaciju obavljenih mjerenja, pokazale su da se visine pojedinih točaka na vijaduktu mijenjaju, a razlike upućuju na moguće pomake prednapete betonske konstrukcije vijadukta Koševo.

**Ključne riječi:** vijadukt, precizni nivelman, izjednačenje, analiza rezultata

## Analysis of leveling network of viadukt Koševo

**Abstract:** Special vertical geodetic network was established on the viadukt Koševo. Measurements in the network were performed by using precise geometric leveling in two epochs. Measurements in the first epoch were done in winter conditions, while the second epoch measurements were done in summer conditions. Processing and network adjustment was followed after the measurements. The heights of characteristic points on the bridge resulted from mentioned procedure. Taking into account the standard deviation of measurements, differences in heights of points on the bridge have shown change in the height of individual points on the bridge. These differences suggest possible movements of the prestressed concrete viadukt Koševo.

**Key words:** bridge, precise levelling, adjustment, results analysis



## 1. UVOD

Mostovi u širem smislu predstavljaju građevine pomoću kojih se savladava određena prepreka a njihova prvenstvena svrha je nastavljanje prometnice. Vijadukti su posebna i specifična oblast tehnike i graditeljstva (Pržulj, 2014), pa se njima posvećuje izuzetna pažnja.

Svaka mostovska konstrukcija mora zadovoljiti četiri osnovna zahtjeva; zahtjev funkcionalnosti, zahtjev postojanosti (sigurnosti, stabilnosti i trajnosti), zahtjev ljepote i zahtjev ekonomičnosti (Radić, 2002). Vijadukti su bili i sada su predmet mnogih istraživanja od strane istraživača različitih profila koji vijadukt promatraju iz perspektive svoje profesije. U radu čiji su autori Huzjan i Ostojić (2012) se provodi detaljno istraživanje u pogledu statičke i dinamičke analize vijadukta koristeći prethodno razvijeni numerički model autora za nelinearnu statičku i dinamičku analizu različitih tipova zidanih konstrukcija, ali bez geodetskih mjerenja. Statičko i dinamičko ispitivanje probnim opterećenjem obrađeno je u radovima Henriques i Casaca (2001), Ademović (2016), Ademović (2017), dok je u Jae Kang i dr. (2016) provedena analiza visinskih pomaka više građevina, uključujući i vijadukt, geodetskom metodom preciznog geometrijskog nivelmana, s tim da su mjerenja obavljena duži vremenski period, a ne samo u kritičnim uvjetima.

Geodetske mjerne tehnike koje se najviše primjenjuju kod geometrijskog nadzora strukturnih deformacija vijadukta su satelitske (Lienhart i dr. 2017), terestričke (Taşçi, 2015) i fotogrametrijske (Beshr, 2015). One daju globalne informacije o ponašanju ispitivanog objekta (Skoczylas, 2016). U novije vrijeme se za ispitivanje pomaka konstrukcije vijadukta sve više upotrebljava i tehnika terestričkog laserskog skeniranja (Mill i dr., 2015; Pellegrinelli i dr., 2013). U situacijama kada se prostorni pomaci točaka vijadukta u vertikalnoj ravnini trebaju odrediti visokom točnošću, najbolje rezultate daje metoda preciznog geometrijskog nivelmana (Kapetanović i dr., 2015).

Najveći zahtjevi sa geodetskog aspekta se postavljaju na iskolčenje donjeg stroja, bilo da se radi o upornjacima ili stupovima prilikom izgradnje vijadukta. Također, geodetska mjerenja pomaka konstrukcija prije i poslije djelovanja potresa su od najvećeg značaja za daljnje korištenje konstrukcija (Güney i dr., 2010; Emniyeti i dr., 2008). Svi ovi postupci praćenja i analiziranja objekata uvjetovani su izvršenim geodetskim mjerenjima (Kapović, 2010).

## 2. PRIKAZ OPĆIH GEODETSKIH POSLOVA PRI IZGRADNJI VIJADUKTA

Globalna podjela geodetskih radova prilikom gradnje vijadukata svrstava radove u šest osnovnih faza (Novaković, 2006). Prilikom projektiranja i prikupljanja podataka tijekom izgradnje vijadukta na raspolaganju treba imati geodetske podloge različitih mjerila. Za ovu svrhu koriste se karte ili planovi sitnijeg mjerila, dok se za izradu glavnog projekta koriste geodetske podloge krupnijeg mjerila.

Pripremni geodetski radovi za izgradnju vijadukta obuhvaćaju izradu posebnih geodetskih podloga, a nakon tih radova radi se iskolčenje upornjaka i stupova vijadukta. Geodetski radovi su neophodni pri izgradnji svake konstrukcije, pa tako i pri izgradnji vijadukta pa čak do milimetarskog nivoa (Becker, 2002), iskolčenje vijadukta, kontrolna mjerenja nakon izgradnje, te prilikom probnih ispitivanja vijadukta nakon završetka same izgradnje vijadukta. Posebno važan geodetski posao, koji je zapravo osnova za sve ove poslove i proteže se kroz čitav njihov tijek, je uspostava geodetske mreže posebne namjene. Na osnovu podataka geodetske mreže posebne namjene proširenih setom podataka točaka na mostnoj konstrukciji, donose se zaključci o eventualnim pomacima konstrukcije vijadukta. U ovisnosti od vrste opterećenja, kojim se ispituje konstrukcija vijadukta, primjenjuju se uglavnom dvije metode ispitivanja: statička i dinamička.



Statičko ispitivanje konstrukcije vijadukta izvodi se tako što se konstrukcija optereti određenim teretom (kamioni) pri čemu se geodetskim metodama mjere tako izazvani pomaci. Ako su mjerene veličine u skladu sa teorijskim onda se konstrukcija proglašava tehnički ispravnom (Novaković, 2006). Način ispitivanja konstrukcije vijadukta u Bosni i Hercegovini se obavlja u skladu s standardima (BAS U.M1. 046, 2005), dok su u Sjedinjenim Američkim Državama date jasne smjernice (NCHRP-234, 1998). Stvarno ponašanje konstrukcije na djelovanje opterećenja je uglavnom bolje od teorijskog. Mnogobrojni su utjecaji koji imaju svoju ulogu u ovome. Dinamičko ispitivanje se izvodi radi utvrđivanja dinamičkih svojstava konstrukcija i to: osnovni period osciliranja, oblika vibracija, te prigušenja (Novaković, 2006; Ademović, 2017). Ispitivanje osnovne frekvencije i temperature tijekom kontinuiranog sistema monitoringa otkrilo je da su osnovna frekvencija i temperatura uveliko povezani i da se radi o nelinearnoj zavisnosti (Ademović, 2017; Moser i Moaveni, 2016).

S obzirom da je upotrebna funkcija konstrukcije vijadukta Koševo djelomično promijenjena (jedan dio konstrukcije služi kao parking, dok se saobraćajna traka koja je trebala biti namijenjena jednosmjernom koristi za dvosmjerni promet), neophodno je provjeriti stabilnost konstrukcije vijadukta, a samim tim i upotrebljivost vijadukta kao građevine. U svrhu provjere stabilnosti konstrukcije potrebno je izvršiti proračun koji je zasnovan na ažuriranim djelovanjima i parametrima upotrebljivosti (Šavor i Novak, 2015). Promjene u opterećenju mostova - vijadukta notirane su kako u Sjevernoj Americi prema Sivakumar i dr. (2011), tako i Europi prema Getachev i O'Brien (2007),

Neophodnost mjerenja stvarnog prometnog opterećenja na vijaduktu neophodno je radi ocjenjivanja viših nivoa konstrukcije, jer je opterećenje glavni izvor svih nesigurnosti na vijaduktu. Stvarno prometno opterećenje na mostovima-vijaduktima određuje se sistemom vaganja vozila u pokretu, tzv. weigh-in-motion (WIM) mjerenjima kod cestovnih vozila (O'Brien i Enright, 2013; Enright i O'Brien, 2011).

### 3. VISINSKA GEODETSKA OSNOVA

Sa geometrijskog aspekta, geodetska mreža se definira kao konfiguracija tri ili više točaka na zemlji, koje su povezane ili terestričkim geodetskim mjerenjima (horizontalni pravci, kutovi, azimuti, duljine, visinske razlike), ili astronomskim ili satelitskim mjerenjima (GNSS) ili njihovom kombinacijom (Mihailović, 1992).

Obzirom da na pogreške danih veličina nije moguće utjecati, mreže gdje se zahtjeva visoka točnost izjednačavaju se u lokalnom koordinatnom sustavu (Kontić, 1995). Točke koje se isključivo uspostavljaju za dobijanje vertikalne predstave terena ili za dobijanje nadmorskih visina karakterističnih točaka promatranih objekata, čine nivelmansku mrežu (Muminagić, 1987). Uspostavljanje nivelmanske mreže za potrebe inženjerskih radova u građevinarstvu je složen posao i može se svesti na tri osnovne cjeline (Mihailović, 1992): projekt mreže; realizacija – izvođenje projekta; i analiza mjerenja.

### 4. GEOMETRIJSKI NIVELMAN

Nivelman je geodetska operacija, kojim se metodom niveliranja određuju visinske razlike, odnosno visine točaka u odnosu na prethodno usvojenu nivo plohu (Tuno i Kogoj, 2012). Visinske razlike u specijalnim inženjerskim poslovima određuju se metodom preciznog geometrijskog nivelmana kao najtočnijoj geodetskoj operaciji. Niveliri najviše točnosti, odnosno precizni niveliri, kako se najčešće nazivaju, namijenjeni su za mjerenja visinskih razlika u državnim nivelmanskim mrežama viših redova, a važnu primjenu imaju i u industrijskim mjerenjima, građevinarstvu, laboratorijima, itd. (Pašalić, 1989).

Visinske razlike se dobiju oduzimanjem očitavanja na prednjoj letvi od očitavanja na zadnjoj letvi.



Mjerenje je neophodno izvesti strogo iz sredine. Pri postavljanju stativa, dvije noge stativa moraju biti postavljene tako da budu paralelne sa linijom niveliranja, a treća okomito na taj pravac (Slika 1).



Slika 1 Postavljanje stativa u odnosu na liniju niveliranja (Tuno i Kogoj, 2012)

Preporučeni postupak rada pri niveliranju je ZPPZ. Takva tehnika rada – postupak očitavanja na letvama podrazumijeva viziranje i očitavanje podjele na zadnjoj letvi (Z), potom dva puta viziranje i očitavanje podjele na prednjoj letvi (PP), i na kraju ponovno viziranje i očitavanje podjele na zadnjoj letvi (Z).

## 5. IZJEDNAČENJE NIVELMANске MREŽE

Obrada mjerenja se obavlja nakon završetka planiranih mjerenja. Poslije obrade mjerenja, uz obavezni uvjet značajne prekobrojnosti, pristupa se izjednačenju mjerenja koje može biti posredno ili uvjetno, ali se zasniva na principu najmanjih kvadrata što rezultira dobijanjem minimalnih popravaka mjerenja sa mogućnošću računanja najvjerojatnijih vrijednosti nepoznatih veličina.

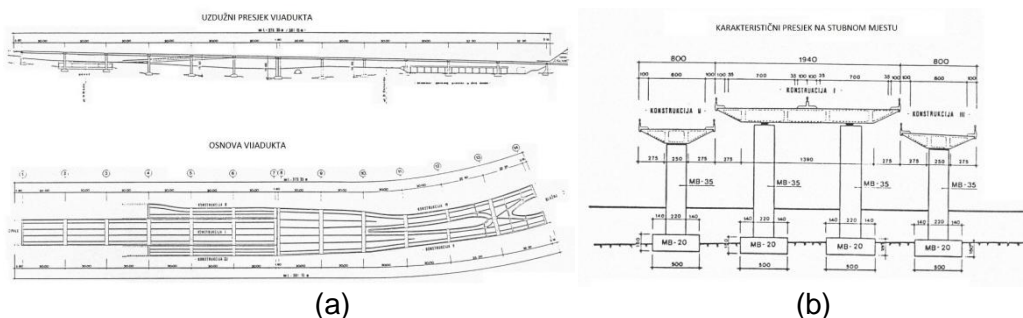
Svako mjerenje koje se koristi tijekom izjednačenja može biti izvedeno više puta pa će rezultat takvih mjerenja u vidu aritmetičke sredine ulaziti u obradu kao jedno mjerenje sa odgovarajućom težinom (Gučević i dr., 2017).

Postupak izjednačenja mreže može se provoditi kao izjednačenje slobodne i neslobodne mreže. Izjednačenje mreže kao neslobodne može biti sa prisilom i sa minimalnom prisilom u kom slučaju je jedna nadmorska visina točke unaprijed poznata i fiksirana.

## 6. VIJADUKT KOŠEVO

Vijadukt Koševo bio je predviđen u dijelu gradske autoceste prema kojoj se trebala spojiti infrastruktura sjeveroistoka grada Sarajeva sa jugozapadom.

Konstrukciju predstavlja prednapeta betonska sandučasta konstrukcija izgrađena na licu mjesta sa 12 raspona koji se kreću od 30 do 35 metara, ukupne dužine 375,35 metara (Slika 2a).



Slika 2 – Uzdužni presjek i osnova vijadukta “Koševo” (PZ Traser, 1976)

Zbog velikog broja stupova posebna pažnja poklonjena je njihovom oblikovanju. Kod svih konstrukcija usvojeni su stupovi izduženog šestokutnog presjeka konturnih dimenzija 1,40 x 2,20 m. Broj stupova na svakom mjestu stupa zavisi od širine sandučastog presjeka i



kreće se od jednog do četiri stupa. Stupovi su izgrađeni od marke betona MB 35 a temeljeni su na temeljima samcima MB 20 (Slika 2b).

Vijadukt Koševo izgrađen je početkom 1980. godine (Slika 3).

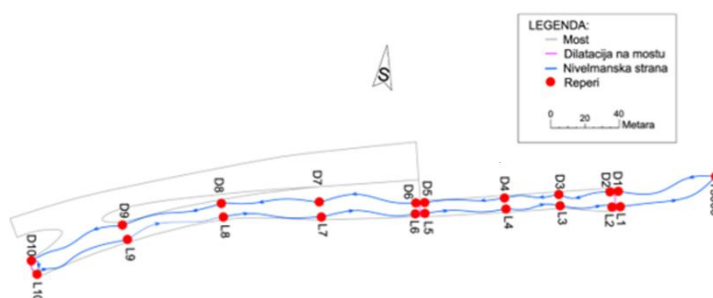


Slika 3 – Trenutno stanje vijadukta Koševo

Prvenstvena je namjena članka analizirati visine odnosno razlike nadmorskih visina karakterističnih točaka vijadukta Koševo, ako su visinske razlike mjerene u dvije epohe. U tu svrhu je na vijaduktu razvijena mreža posebne namjene – nivelmanska mreža za potrebe analize ponašanja konstrukcije pri različitim temperaturnim utjecajima.

## 7. NIVELMANSKA MREŽA VIJADUKTA KOŠEVO

Slika 4 prikazuje nivelmansku mrežu korištenu za istraživanje koja sadrži 21 točku – reper. Po deset točaka je stabilizirano u trotoarima koji se nalaze sa lijeve odnosno sa desne strane vijadukta, te na mjestima za koja se pretpostavlja da su sigurna, tj. da točke neće biti uništene npr. tijekom čišćenja snijega, a stabilizirane su metalnim bolcnama. Jedna točka je van konstrukcije (T5000) i služi kao početna točka.



Slika 4 – Nivelmanska mreža vijadukta Koševo

### 7.1. Mjerenje visinskih razlika metodom preciznog geometrijskog nivelmana u kritičnim uvjetima

Sva mjerenja visinskih razlika u nivelmanskoj mreži obavljena su preciznim digitalnim nivelnirom Leica Geosystems DNA03. Prije početka mjerenja obavljeno je ispitivanje instrumenta metodom "niveliranje iz sredine i s kraja", te je ustanovljeno da nema nikakvih smetnji za početak mjerenja.

Mjerenja su provođena u kritičnim uvjetima temperature, a obavljena su u dvije epohe: zimska i ljetna u okviru kojih su obavljene po tri serije mjerenja. Obzirom na instrumentalne





pogreške mjerenja nivelrom Leica Geosystems DNA03, koje se javljaju pri nižim temperaturama [20], posebna pažnja je poklanjana korigiranju tih pogrešaka.

Ljetnom epohom su smatrana mjerenja izvršena u toku dana u mjesecu lipnju (jutarnja temp. 13 °C, dnevna temp. 26 °C, a večernja temp. 17 °C. Zimska epoha sadržava mjerenja izvršena u mjesecu veljači (jutarnja temp. – 8 °C, dnevna temp. 2 °C, a večernja temp. -1 °C. Svaka epoha sadržava tri serije mjerenja tijekom dana.

## 7.2. Izjednačenje nivelmanske mreže vijadukta Koševo

Provođenjem statističkih testova, sa vjerojatnošću od 95 % utvrđeno je da u mjerenjima nema grubih pogrešaka. Ovim su ispunjeni uvjeti za izjednačenje mreže. Mreža je izjednačena s minimalnom prisilom, uzevši fiksnu visinu točke – repera R5000.

Tablica 1 – Standardne devijacije mjerenja dobivene nakon izjednačenja nivelmanske mreže – prikaz po serijama i epohama

Epoha / Serija	Zimska epoha	Ljetna epoha
	S <sub>o</sub> (mm)	S <sub>o</sub> (mm)
Jutarnja serija (6-8 h)	1.19	1.56
Podnevna serija (12-14 h)	1.15	1.61
Večernja serija (18-20 h ljeti), (15-17 h zimi)	1.01	1.52

Analizom podataka unutar tablice 1 uočava se da su standardne devijacije mjerenja dobivene nakon izjednačenja nivelmanske mreže zimske epohe manje od standardnih devijacija mjerenja dobivenih nakon izjednačenja nivelmanske mreže u ljetnoj epohi u svim serijama mjerenja. Najveća razlika je razlika između večernjih serija mjerenja i iznosi 0.51 mm.

## 7.3. Analiza nadmorskih visina točaka nivelmanske mreže vijadukta Koševo

Analiza je zasnovana na uspoređivanju definitivnih nadmorskih visina točaka nivelmanske mreže vijadukta Koševo određenih u različitim epohama i serijama, uzevši u obzir standardne devijacije mjerenja u pojedinim epohama odnosno serijama. Rezultati analize su prikazani odgovarajućim grafovima.

Iz rezultata usporedbe večernje serije zimske i ljetne epohe (Graf 1a) vidi se da postoje evidentne razlike u nadmorskim visinama pojedinih točaka na vijaduktu. Zbog značajne razlike u atmosferskim prilikama koje djeluje na konstrukciju vijadukta u večernjem periodu, dolazi do oscilacije konstrukcije, koja se ogleda u razlikama nadmorskih visina točaka na vijaduktu. Najupečatljiviji pomaci uočeni su na reperu 7 i to na lijevoj strani vijadukta gdje je razlika nadmorskih visina veća od 3 mm. Razlike nadmorskih visina lijevog repera broj 7 nastaju i kao posljedica izvedbe konstrukcije vijadukta, tj. na danom potezu dolazi do promjene geometrije vijadukta (širine prometnice), kao i smaknuća samog oslonca u odnosu na lijevu prometnu traku.

Temperaturne promjene su upečatljive u ranim jutarnjim i pred večernjim satima kada temperature atmosfere, ali i vijaduktovske konstrukcije znatno osciliraju.

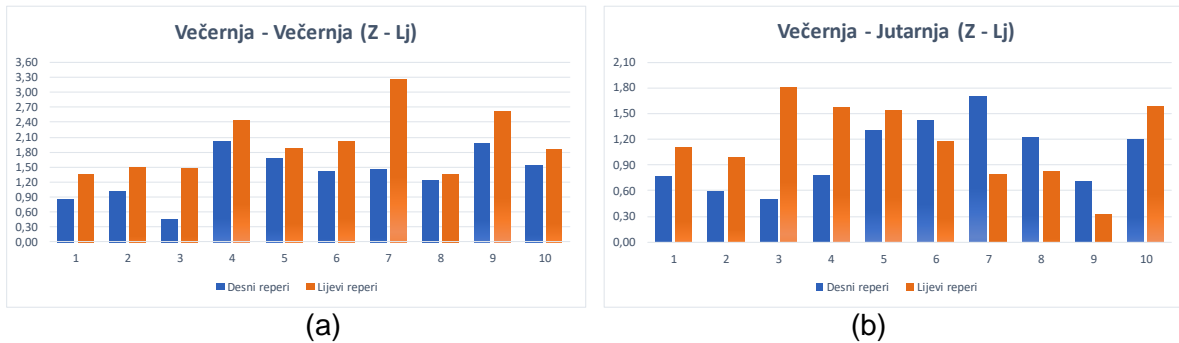
Prema rezultatima datim u Graf 1b uočava se da se na reperima dešava pozitivni pomak. Pomak nastaje radi promjene/povećanja temperature atmosfere, a samim tim i konstrukcije vijadukta jer u ljetnom periodu dolazi do promjene dimenzija - povećanja konstrukcije vijadukta koja izaziva pozitivna pomjeranja (konstrukcija vijadukta se izdiže i



širi). Vijadukt je nezaštićen od sunčevih zraka. Nadalje, analiziranjem podataka ostalih repera vidljivo je da se kod repera broj 7 uočava rast razlike između desne i lijeve strane.

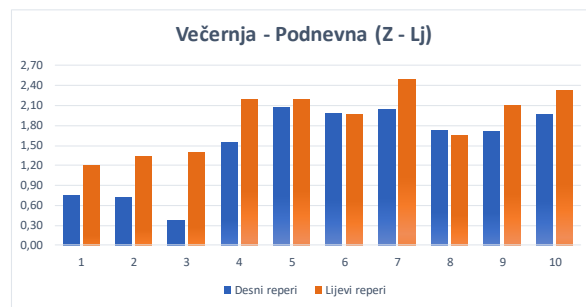
Graf 1b općenito, za razliku od Graf 1a, ukazuje na veoma male promjene nadmorskih visina točaka na vijaduktu što ukazuje na znatnu stabilnost vijadukta pri mjerenju.

Graf 1 Usporedba podataka razlike nadmorskih visina točaka (a) zimske i ljetne epohe u večernjoj seriji mjerenja; (b) zimske i ljetne epohe u večernjoj i jutarnjoj seriji mjerenja

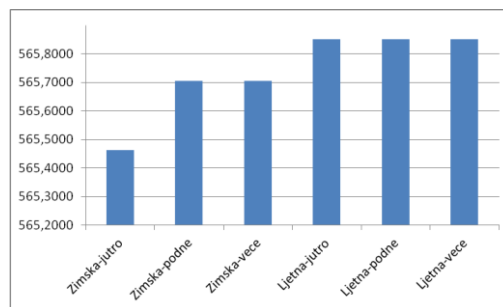


Graf 2 prikazuje razlike nadmorskih visina repera na vijaduktu Koševo dobivene u večernjoj i podnevnoj seriji mjerenja zimske i ljetne epohe. I na ovom grafu se uočavaju bliske vrijednosti razlika nadmorskih visina repera 5 i 6 (lijevih i desnih), što je za očekivati jer su spomenuti reperi postavljeni na suprotnim stranama dilatacije vijadukta na međusobno malom rastojanju. Razlike nadmorskih visina repera 9 i 10 (lijevih i desnih) dostižu vrijednost skoro 2,5 mm, a obzirom da se nalaze na izlazu iz tunela Koševsko brdo pored dilatacije na kolovoznoj konstrukciji vijadukta njihove vrijednosti upućuju na pomak konstrukcije vijadukta.

Graf 2 Usporedba podataka razlike nadmorskih visina točaka zimske i ljetne epohe u večernjoj i podnevnoj seriji mjerenja



Graf 3 Nadmorske visine repera 7 desno iz različitih epoha i različitih serija



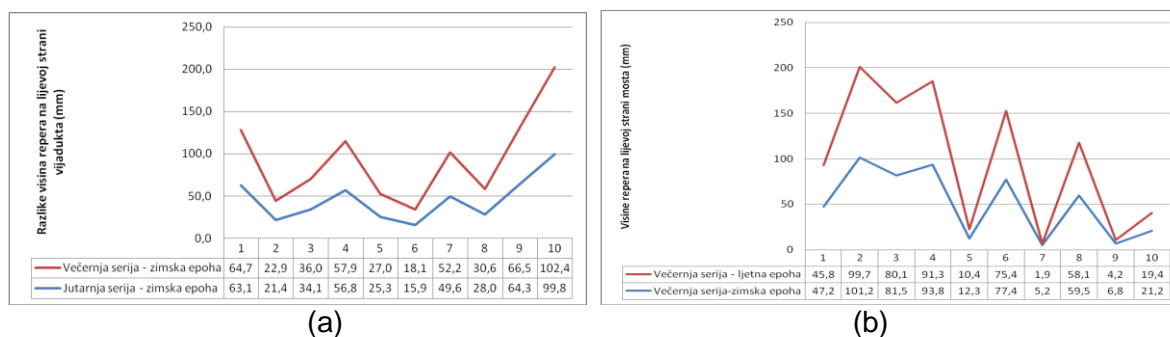
Graf 3 prikazuje promjene - oscilacije u nadmorskim visinama tačke 7 na desnoj strani kolovozne konstrukcije vijadukta. Zbog primjetne razlike u temperaturi, odstupanje



nadmorske visine promatranog repera najveće je u jutarnjoj seriji zimske epohe mjerenja. Podnevna i večernja serija su takođe međusobno ujednačene, ali odstupaju od pomenute jutarnje serije u zimskoj epohi. Nadmorske visine točaka u ostalim serijama su ujednačene.

Graf 4a prikazuje značajnu razlika između nadmorskih visina u različitim dijelovima dana. Jutarnje zimske temperature utiču na konstrukcije vijadukta tako da su nadmorske visine točaka jutarnje zimske serije manje nego visine točaka u večernjoj seriji. Manje visine točaka nastupaju i zbog niskih noćnih temperatura koje uzrokuju skupljanje armirano betonske konstrukcije vijadukta. Analiza nadmorskih visina točaka na lijevoj strani vijadukta dobivenih u večernjoj seriji zimske epohe i večernjoj seriji ljetne epohe mjerenja (Graf 4b) daje sliku neravnomjernog pomicanja konstrukcije vijadukta uzrokovanu različitim temperaturnim utjecajima. Reperi 5, 7 i 9 imaju približno iste visine, dok se visine točaka 2, 4, 6 i 8 razlikuju.

Graf 4 Promjena nadmorskih visina točaka na (a) desnoj strani vijadukta jutarnje i večernje serije zimske epohe mjerenja; (b) lijevoj strani vijadukta večernjih serija zimske i ljetne epohe mjerenja



## 8. ZAKLJUČAK

Razvojem države dolazi do potrebe planiranja i praktične realizacije izgradnje složenijih građevinskih objekata (vijadukata, tunela, brana), industrijskih postrojenja, itd. Prilikom izgradnje građevinskih objekata (npr. vijadukta) neophodno je uključiti mnogo relevantnih struka, čije uključivanje olakšava planiranje i izgradnju, ali omogućava i kontinuirano praćenje stanja objekta tijekom eksploatacije. Multidisciplinarnost tijekom izgradnje i eksploatacije objekata uključuje i geodetsku struku, koja tijekom cijelog procesa ima veoma značajnu ulogu.

Izgradnjom kompleksnih objekata, kao što su vijadukti, stvara se potreba da se kontinuirano „prati“ izgrađeni objekt, kako bi se utvrdili eventualni pomaci, te na taj način definirale smjernice za preventivno djelovanje u svrhu sprječavanja deformacija. Eventualne pomake objekta moguće je utvrditi koristeći prethodno uspostavljenu specijalnu geodetsku mrežu. U svrhu praćenja „ponašanja“ konstrukcije vijadukta Koševo uspostavljena je visinska geodetska osnova za vijadukt Koševo, a mjerenja su realizirana u kritičnim uvjetima. Šest skupova nadmorskih visina točaka mreže razvijene na kolovoznoj konstrukciji vijadukta poslužili su za analizu ponašanja konstrukcije vijadukta pri različitim „temperaturnim prilikama“. Analizom dobivenih rezultata utvrđeno je da se na vijaduktu dešavaju blage neravnomjerne promjene nadmorskih visina točaka koje nastaju kao posljedica utjecaja temperature zraka na konstrukciju vijadukta.

Najveći pomak na gotovo svim grafovima je uočen na reperu 7, a pretpostavka takvom „ponašanju“ repera leži u konstrukciji vijadukta na dijelu na kome se nalazi reper 7 (proširenje konstrukcije vijadukta prometnicom).





## LITERATURA

1. Ademović N., *Static and dynamic indicators for composite bridges*, International Symposium on Innovative and Interdisciplinary Applications of Advanced Technologies (IAT), The Bridge of Knowledge, Days of BHAAAS in B&H - Tesić, May 25-28, 2017, pp. 1-9
2. Ademovic, N. *Assessment of bridge performance by load testing after reconstruction*, COST TU 1406, Quality Specifications for Roadway Bridges, Standardization at a European Level, 20-21 October, 2016, Delft, The Netherlands
3. BAS U.M1.046. „*Bridge load testing*” *Guidelines for design*, construction and audit on roads of the Road Directive of the Federation of B&H and Roads of Republica Srpska, 2005
4. Becker, J. M: *Levelling over the Öresund Bridge at the millimeter level*, International Congress, Washington, D.C., USA, April 19-26, 2002, pp1-9
5. Beshr, A.: *Structural Deformation Monitoring and Analysis of Highway Bridge Using Accurate Geodetic Techniques*, *Engineering* 7 (2015), pp. 488-498, <http://dx.doi.org/10.4236/eng.2015.78045>
6. Emniyeti E.T., Çelik R.N., Ayan T., *Structural Deformation Monitoring Analysis using Geodetic Techniques after the earthquake at Bolu Pass of Trans-European Motorway*, 13th Symposium on Deformation Measurement and Analysis, 14th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, LNEC, Lisbon 2008, May 12-15, pp. 1-9
7. Enright, B. and O'Brien, E. J., *Cleaning Weigh-in-Motion Data: Techniques and Recommendations*, International Society for Weigh-In-Motion, (2011) [Online] Available at: [http://iswim.free.fr/doc/wim\\_data\\_cleaning\\_ie.pdf](http://iswim.free.fr/doc/wim_data_cleaning_ie.pdf), accessed 2 May, 2011
8. Getachew, A., O'Brien, E.J.: *Simplified site-specific traffic road models for bridge assessment*, *Struct. Infrastruct. Eng.* 2007, 3(4): pp. 281-302, <http://dx.doi.org/10.1080/15732470500424245>
9. Gučević, J., Miljković, S., Delčev, S., Ogrizović, V.: *Effects of Low Temperatures in the Line of Sight of Digital Levels*, *Journal of surveying engineering* 143 (2017) 2, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000210](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000210)
10. Güney D., Acar M., Özlüdemir M.T., Çelik R.N. *Investigation of post-earthquake displacement in viaducts using Geodetic and Finite Element Methods*, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, doi: 10.5194/nhess-10-2579-2010, 2010
11. Henriques, M. J., Casaca, J.: *Monitoring vertical displacements by means of geometric levelling*, *Historical constructions* (2001), pp. 403-412. ([http://www.csarmento.uminho.pt/docs/ncr/historical\\_constructions/page%20403-412%20\\_16\\_.pdf](http://www.csarmento.uminho.pt/docs/ncr/historical_constructions/page%20403-412%20_16_.pdf))
12. Huzjan, B., Ostojić, N.: *Sanacija Krčkog mosta*, *Građevinar* 68 (2016) 9, pp. 735-743.
13. Jae Kang, L., Jae One, L., Jung Ok, K.: *New Quality Control Algorithm Based on GNSS Sensing Data for a Bridge Health Monitoring System*, *Sensors* (14248220) 16 (2016) 6, pp. 1-20, <http://dx.doi.org/10.3390/s16060774>
14. Kapetanović, N., Topoljak, J., Mulahusić, A., Selmani, R.: *Prilog ispitivanju mogućnosti korištenja instrumenata različitih tehničkih izvedbi pri uspostavljanju nivelmanskih mreža posebnih namjena u inženjerskoj geodeziji*, *Geodetski glasnik* 49 (2015) 46, pp. 7-18.
15. Kapović, Z.: *Geodezija u niskogradnji*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, 2010.
16. Kontić, S.: *Geodezija*. Beograd: IP "Nauka",. 1995.
17. Lienhart, W., Ehrhart, M., Grick, M. *High frequent total station measurements for the monitoring of bridge vibrations*, *Journal of applied geodesy* 11 (2017) 1, pp. 1-8, <http://dx.doi.org/10.1515/jag-2016-0028>



18. Mihailović, K.. Geodezija-Izravnjanje geodetskih mreža. Beograd: Građevinski fakultet u Beogradu, IDP "Naučna knjiga", 1992.
19. Mill, T., Ellmann, A., Kiisa, M., Idnurm, J., Idnurm, S., Horemuz, M., Aavik, A.: *Geodetic monitoring of bridge deformations occurring during static load testing*, The baltic journal of road and bridge engineering 10 (2015) 1, pp. 17-27, <http://dx.doi.org/10.3846/bjrbe.2015.03>
20. Moser, P., Moaveni, B.: *Environmental Effects on the Identified Natural Frequencies of the Dowling Hall Footbridge*. 1-42.
21. Muminagić, A.. *Viša geodezija II*. Beograd: IRO "Naučna knjiga", 1987.
22. NCHRP-234. *Manual for Bridge Rating Through Load-testing*, National Cooperative Highway Research Program, Research Results Digest, Number 234, Transportation Research Board, Washington, DC, USA, 1998.
23. Novaković, G. *Geodetske mreže posebnih namjena*, Skripta. Zagreb: Geodetski fakultet, 2006.
24. O'Brien, E.J., Enright, B.: *Using Weigh-In-Motion Data to Determine Aggressiveness of Traffic for Bridge Loading*, Journal of Bridge Engineering, ASCE, 2013, 18(3): pp. 232-239, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000368](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000368)
25. Pašalić, S. *Račun izravnjanja*, Sarajevo: Građevinski fakultet. 1989.
26. Pellegrinelli, A., Furini, A., Bonfe, M., Russo, P.: *Motorised digital levels: development and applications*, Survey review 45 (2013) 330, pp. 174-189, <http://dx.doi.org/10.1179/1752270612Y.0000000039>
27. Pržulj, M.: *Mostovi*, Udruženje izgradnja, Beograd, 2014.
28. PZ. Traser Sarajevo, *Idejni Projekat gradskog autoputa*, Traser, Sarajevo, 1976
29. Radić, J.: *Mostovi*,
30. *Dom i svijet*, Zagreb, 2002.
31. Šavor, Z., Šavor Novak M., *Postupci ocjenjivanja pouzdanosti postojećih mostova*, Građevinar 67 (2015) 6, 557-572
32. Sivakumar, B., Ghosn, M., Moses, F.: *Protocols for Collecting and Using Traffic Data in Bridge Design*, NCHRP Report 683, Washington, DC: Transportation Research Board, 2011.
33. Skoczylas, A., Kamoda, J., Zaczek-Peplinska, J.: *Geodetic monitoring (TLS) of a steel transport trestle bridge located in an active mining exploitation site*, Annals of warsaw university of life sciences - sggw. Land reclamation 48 (2016) 3, pp. 255-266, <http://dx.doi.org/10.1515/ssgw-2016-0020>
34. Taşçi, L.: *Deformation Monitoring in Steel Arch Bridges Through Close-Range Photogrammetry and the Finite Element Method*, Experimental techniques 39 (2015) 3, pp. 3-10, <http://dx.doi.org/10.1111/ext.12022>
35. Tuno, N., Kogoj, D.: *Prošlost, sadašnjost i budućnost preciznih optičkih nivelira*, Geodetski glasnik 43 (2012) 46, pp. 21-38.
36. US department of Transportation Federal Highway Administration, *WIM Data Analyst's Manual*, Publication No. FHWA-IF-10-018.