

Korelativni odnosi za definisanje deformabilnosti stene

PREDRAG B. BABIĆ, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

SLOBODAN D. RADOVANOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Građevinski fakultet, Beograd

UROŠ B. MIRKOVIĆ, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

Originalni naučni rad

UDC: 624.121

DOI: 10.5937/tehnika1805629B

U okviru geotehničkih istraživanja stenske mase na pregradnom mestu MHE „Bočac 2“ (BiH), brane „Jelašnica“ na istoimenoj reci u južnoj Srbiji i na devet pregradnih mesta hidroelektrana na Ibru (Srbija) izvršena su detaljna geotehnička ispitivanja stenske mase. Ona su obuhvatila: istražno bušenje sa definisanjem kvazihomogenih zona u okviru izbušenog jezgra, određivanje RQD-a za svaku izdvojenu kvazihomogenu zonu, dilatometarska ispitivanja u svakoj bušotini, seizmičko prozračivanje između istražnih bušotina ili seizmički karotaž, ispitivanje jezgra metodom PointLoad i laboratorijska ispitivanja jednoaksijalne čvrstoće uzoraka. Na navedenim istražnim lokacijama teren grade različite stenske mase. Teren pregradnog mesta MHE „Bočac 2“ je izgrađen od krednih krečnjaka, teren brane „Jelašnica“ od paleozojskih gnajseva, a teren hidroelektrana na Ibru od mezozojskih peridotita i serpentinita. Povezivanjem rezultata jednoaksijalne čvrstoće, brzine elastičnih talasa i kvaliteta stenske mase (RMR), odnosno ovih posrednih podataka za definisanje deformabilnosti stenskih masa sa dobijenim rezultatima ispitivanja deformabilnosti in situ, tj. sa rezultatima dilatometarskih ispitivanja, urađena je analiza korelacionih veza koja se primenjuje u inženjersko-geološkoj odnosno geotehničkoj praksi. Kao što je poznato, u inženjerskoj praksi primenjuju se sledeće korelacije za definisanje modula deformacije: $D=f(RMR)$; $D=f(RMR, \sigma_{ci})$; $D=f(Vp)$ u $D=f(Vp, \sigma_{ci})$. Nakon analize, primenjena je korelacija, koja je obuhvatila sva tri posredna podatka i ona je dala najbliže podatke za definisanje deformabilnosti stenske mase.

Sva navedena ispitivanja deformabilnosti metodom dilatometra, geofizička ispitivanja i inženjersko-geološko kartiranje jezgra i okolne stenske mase izvršena su od strane Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ iz Beograda.

Ključne reči: stenska masa, deformabilnost, jednoaksijalna čvrstoća, brzina seizmičkih talasa, indeks kvaliteta jezgra, modul deformacije

1. UVOD

Poznavanje deformabilnih karakteristika stenske mase (modula elastičnosti, modula deformacije, Poissonovog koeficijenta) je od izuzetnog značaja za naponsko-deformacione analize inženjerskih objekata koji se grade u stenskim masama, kao što su tuneli, brane, kosine i druge podzemne konstrukcije.

Najbolji način za određivanje deformacionih karakteristika stenske mase su in situ ispitivanja: hidraulički jastuk, raspinjača i dilatometar [1, 2]. Drugi pristup proceni deformacionih karakteristika su indirek-

ne metode zasnovane na primeni statističkih metoda.

Istraživači Bienawski [3], Serafim i Pereira [4], Nicholson i Bienawski [5] utvrdili su korelacije između modula deformacije i parametara klasifikacije RMR. Pored toga, istraživači Khandeval i Singh [6] i Paparaldo [7] utvrdili su korelacije između deformacionih karakteristika sa jedne strane i brzina talasa i jednoaksijalne čvrstoće stenskog monolita sa druge strane.

Kujundžić i Grujić [8] definisali su korelacije između statičkih i dinamičkih veličina merenih u stenskim masama na različitim objektima.

Radovanović i ostali [9] dali su korelacije između modula deformacije sa jedne strane i brzine podužnih elastičnih talasa i pritiska u stenskoj masi sa druge strane.

U okviru ovog rada definisane su korelacije između modula deformacije sa jedne strane i RMR-a,

Adresa autora: Predrag Babić, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, Jaroslava Černog 80

e-mail: predrag.babic@jcerni.rs

Rad primljen: 24.09.2018.

Rad prihvaćen: 18.10.2018.

brzine talasa i jednoaksijalne čvrstoće sa druge strane na osnovu detaljnih geotehničkih ispitivanja stenske mase na pregradnom mestu brane „Bočac“, brane „Jelašnica“, kao i na devet pregradnih mesta na reci Ibar.

U okviru geotehničkih istraživanja stenske mase izvršena su direktna, in situ ispitivanja deformabilnosti stenske mase na pritisak. Ispitivanja deformabilnosti ogledom dilatometra u bušotinama su dala vrednosti statičkih deformacionih karakteristika stenske mase, odnosno modula deformabilnosti. Na lokacijama dilatometarskih ispitivanja izvršena su geofizička ispitivanja duž bušotina (downhole method), detaljno inženjersko-geološko kartiranje jezgara i uzeti su uzorci za ispitivanje jednoaksijalne čvrstoće. Na devet pregradnih mesta na reci Ibar je umesto seizmičkog karotaža primenjeno prozračivanje između bušotina.

Primenom ovih istražnih postupaka bilo je moguće da se na mestima dilatometarskih opita definišu karakteristike stenske mase: brzine seizmičkih talasa V_p [km/s], parametri klasifikacije *RMR*, geološki indeks čvrstoće *GSI* i jednoaksijalna čvrstoća stenskog monolita σ_{ci} i uspostave korelacione veze između dobijenih vrednosti modula deformabilnosti *D* sa vrednostima brzine elastičnih talasa, *RMR*-a i jednoaksijalne čvrstoće $D=f(RMR, \sigma_{ci}, V_p)$.

2. LOKACIJE ISPITIVANJA DEFORMABILNIH SVOJSTAVA

Ogledi dilatometrom su primenjeni u cilju definisanja modula deformacija na ispitnim dubinama. Ona su urađena u bušotinama prečnika 76 mm na dubinama do 35 m. Rezultati seizmičkog karotaža (downhole) i seizmičkog prozračivanja između bušotina gde su obavljena dilatometarska ispitivanja, omogućila su da se definiše brzina elastičnih talasa na dubinama gde su urađena dilatometarska ispitivanja.

Najvećim delom, urađena su ispitivanja jednoaksijalne čvrstoće na uzorcima sa tih dubina, laboratorijska ispitivanja ili metoda Point Load (11 od 12 etaža ispitivanja dilatometrom). Takođe, vršeno je definisanje *RQD*-a, jednoaksijalne čvrstoće (6 uzoraka sa etaža ispitivanja dilatometra), izgled pukotina i vrednost *GSI*-a.

Dilatometarskim ispitivanjima su obuhvaćene različite vrste stenskih masa. Na pregradnom mestu „Bočac 2“ ispitani su krečnjaci. Oni su najčešće bili srednje ispucali, a manjim delom su bili kompaktni, malo ispucali. Pregradno mesto za branu „Jelašnica“ je izgrađeno od gnajsa. Preovlađivao je jače ispucalo i intezivno izmenjeni gnajs. Pregradna mesta na reci Ibar su smeštena u peridotitskom kompleksu, predstavljenom dominantnim serpentinitom, dunitom i harzburgitom. Jedno pregradno mesto je delom izgrađeno od

andezita, a jedno se čitavim prostorom nalazi u granitima i granodioritima. Peridotitski kompleks je bio u različitom stepenu ispucalo i izmenjen, andeziti su bili manje ispucali, a graniti i granodioriti su većim delom bili srednje ispucali.

Ukupno je urađeno i upoređivano 90 dilatometarskih opita. Najviše je opita urađeno u serpentinitima (39), a najmanje u granit-granodioritu, gnajsu i dunit-harzburgitu (po 9).

3. ODREĐIVANJE MODULA DEFORMABILNOSTI METODOM DILATOMETRA

Ispitivanje deformabilnosti ogledom dilatometra u bušotinama su izvršena dilatometrom tipa PROBEX kompanije TELEMAT, koji radi na principu promene zapremine (rock pressure meter).

Dilatometar je pre ispitivanja baždaren u odgovarajućem, gvozdnom valjku, i tako pripremljen se spuštao u bušotinu (slika 1).



Slika 1 - Izgled dilatometra pripremljenog za ispitivanje

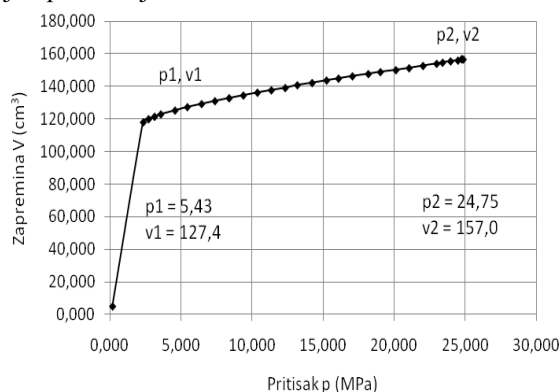
Ispitivanja sondažnim dilatometrom vršena su u bušotinama prečnika 76 mm i maksimalne dubine 35 m. Sondažni dilatometar u obliku cilindra, spuštao se u bušotinu do potrebne dubine na kojoj se stenska masa opterećivala hidrauličkim opterećenjem (preko gume membrane) do određenog pritiska, a potom je vršeno merenje odgovarajuće promene zapremine.

Maksimalni pritisak do koga se išlo u ogledima je bio 25 bara, a maksimalna promena zapremine je iznosila 314 cm³. Pri opterećivanju, pritisak se nanosio stepenasto, a ispitivanje se vršilo u jednom ciklusu. Najčešće je izvodjeno od 20 do 30 stepena opterećenja u ciklusu, što je zavisilo od deformabilnosti zidova stenske mase pri opterećenju. Priraštaji opterećenja su bili 0,5 do 2 MPa.

Podaci dobijeni ogledom koristili su se za izradu dijagrama pritisak – zapremina, iz kojeg se proračunava vrednost modula deformacije stenske mase.

Na slici 2 prikazan je tipičan dijagram pritisak – zapremina pri ogledu deformabilnosti metodom sondažnog dilatometra. U najvećem broju ogleda, posle prijanjanja membrane za zid bušotine, dobija se linearna veza za proračun modula deformacije *D*, koja

se zasniva na poznatoj Lamé-ovoj formuli za unutrašnje opterećenje debele cevi.



Slika 2 - Dijagram zavisnosti pritisak - zapremina

4. PREDLOG KORELACIJE ZA PRORAČUN MODULA DEFORMABILNOSTI

Posredno definisanje deformabilnosti stenske mase koristeći podatke o fizičko-mehaničkim svojstvima i stanju ispucalosti ima puno opravdanje, jer su ona u direktnoj proporcionalnosti sa modulom deformacije - povećanjem jednoosijalne čvrstoće, brzine elastičnih talasa i poena RMR -a povećava se i modul deformacije. Međutim, postoje reološke pojave koje u većoj ili manjoj meri kompromituju te odnose. Naime, zbog efekta razmere odnos jednoosijalna čvrstoća – deformabilnost ima umanjenu pouzdanost. Takođe, brzina elastičnih talasa se definiše duž profila dužine od 100 m do 300 m i na toj dužini su moguće lokalne pojave izlomljene, stenske mase sa malim brzinama u okviru izrazito monolitne, jedre, stenske mase sa visokim brzinama. U takvim slučajevima dobija se relativno visoka vrednost brzine elastičnih talasa i odgovarajuća deformabilnost koja je bitno veća od realne usled pojava izrazito deformabilnih zona. Zbog toga, u većem broju slučajeva kada se koriste relacije $D=f(V_p)$ dobijaju se veće vrednosti od izmerenih, a manje vrednosti se očekuju kada je pravac talasa usmeren upravo na dominantne diskontinuitete stenske mase te se dobijaju i manje brzine. RMR vrednosti su delom subjektivnog karaktera (stanje pukotina), ali osim toga na odnos RMR - modul deformacije ima presudan uticaj promenljivost utvrđene vrednosti RMR u dubinu tj. duž određenih pravaca.

Imajući sve to u vidu, izvršena je analiza postojećih jednačina i usvajanje relacija svake karakteristike stenske mase (RMR, V_p, σ_{ci}) za definisanje modula deformacije, tako da predložena korelacija ima tri člana. Prvi zavisi od RMR -a u obliku $e^{RMR-100}$, drugi zavisi od brzine elastičnih talasa u obliku $(V_p/100)^{0,5}$, a treći zavisi od jednoosijalne čvrstoće $e^{\sigma_{ci}}$. Međutim, svaki član ima korektiv a, b i c , čije vrednosti zavise od veličine odgovarajućeg parametra, pa oni koriguju

uticaj svakog člana na konačan rezultat. Konačna korelacija za definisanje modula deformacija ima oblik definisan izrazom (1).

$$D = e^{\frac{RMR-100}{a}} \cdot b \cdot \sqrt{\frac{V_p}{100}} \cdot e^{\frac{\sigma_{ci}}{c}} [GPa] \quad (1)$$

Vrednosti korektiva a, b i c se dobijaju u zavisnosti od vrednosti parametara. Korektiv a dobija se na osnovu izraza (2) ili (3), korektiv b na osnovu izraza (4), a korektiv c na osnovu izraza (5).

$$a = 2 \cdot RMR - 80 \quad (RMR \geq 45)$$

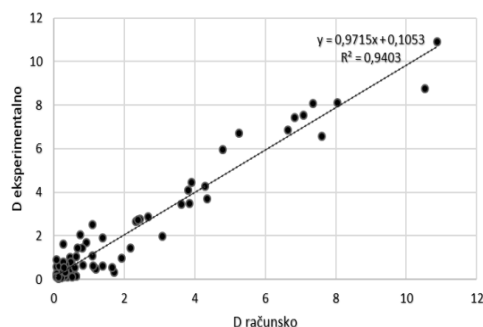
$$a = 20 \quad (RMR < 45) \quad (2)$$

$$a = \log RMR \cdot RMR - 10 \cdot \sqrt{RMR} + 5 \quad (RMR \geq 37)$$

$$a = 20 \quad (RMR < 37)$$

$$b = \ln V_p - 0,30 \quad V_p \rightarrow [km/s] \quad (4)$$

$$c = 210 - \sigma_{ci} \quad (5)$$



Slika 3 - Pirsonov koeficijent analitičkog modela prema izrazu (1)

Zavisnost pokazuje dobro poklapanje računskih sa eksperimentalnim vrednostima. Tačnost modela je proverena izračunavanjem srednje kvadratne greške $RMSE$ (6), srednje apsolutne greške MAE (7) i Pirsonovog koeficijenta (8).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (y_{mi} - y_i)^2} \quad (6)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N |y_{mi} - y_i| \quad (7)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{mi} - \bar{y}_m)(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (y_{mi} - \bar{y}_m)^2 \sum_{k=4}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (8)$$

U tabeli 1 prikazan je pregled različitih modela, koji su razvijeni od strane drugih autora. Potom je u tabeli 2 dat prikaz sračunatih parametara tačnosti za određene modele.

Tabela 1. Pregled modela razvijenih od strane drugih autora

Model	Literatura
$D = \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{\frac{RMR-10}{40}} [GPa] \quad (\sigma_s < 100 MPa)$	[4]
$E/D = \frac{1550}{645 + \sqrt{D}}, \quad \frac{E_{dyn}}{E} = 5,3 - \frac{E_{dyn}}{200000}$	[8]
$D = -40194 + 700 \cdot p \cdot \ln V_p + 5168 \cdot \ln V_p - 30 \cdot p^2 - 5765 \cdot p [MPa]$	[9]
$D = (1,131 \cdot 10^{-2}) \cdot V_p^{2,773} [MPa] \quad (\sigma_s > 60 MPa, V_p = 3 - 4,5 km/s)$ $D = (0,71 \cdot 10^{-2}) \cdot V_p^{2,848} [MPa] \quad (\sigma_s < 60 MPa, V_p = 2 - 3 km/s)$	[10]
$\log D = (1,141 + 0,970 \cdot e^{-0,0119p}) \cdot \log E_{dyn} - (0,875 + 6,153 \cdot e^{-0,0110p}) [MPa]$ $\log D = (1,141 + 0,944 \cdot e^{-0,01885p}) \cdot \log E_{dyn} - (0,875 + 5,73 \cdot e^{-0,0140p}) [MPa]$ $\log D = (1,141 + 0,728 \cdot e^{-0,009p}) \cdot \log E_{dyn} - (0,875 + 5,004 \cdot e^{-0,0070p}) [MPa]$	[11]
$D = 0,6469 \cdot p_1 + 0,20481 \cdot p_2 + 0,30974 \cdot p_3 + 0,38384 \cdot p_4 + 0,01716 \cdot p_5 - 7,192 [MPa]$	[12]
$D = 1,69 \cdot 10^{-6} \cdot RMR^{3,9} [GPa]$	[13]
$D = 0,0876 \cdot RMR [GPa] \quad (RMR \leq 50)$ $D = 0,0876 \cdot RMR + 1,056 \cdot (RMR - 50) + 0,015 \cdot (RMR - 50)^2 [GPa] \quad (RMR > 50)$	[14]
$D = 147,28 \cdot e^{\frac{RMR-100}{24}} - 0,202 [GPa]$	[14]
$D = \sigma_c \cdot (26,5 \cdot p + 37 \cdot \sigma_c^{0,6}) \cdot V_p^3 \cdot 10^{-3} [MPa]$	[15]

Tabela 2. Uporedni prikaz parametara tačnosti različitih modela

R.br.	Model prema	Parametri tačnosti modela		
		RMSE	MAE	r
1	(1)	0,637	0,485	0,9697
2	[4]	12,088	9,615	0,905
3	[10]	3,265	2,138	0,591
4	[13]	12,302	9,766	0,930
5	[14] ¹	15,001	10,850	0,931
6	[14] ²	13,498	10,993	0,930

Parametri tačnosti modela prema izrazu (1) dati su prvom redu tabele 2. U redovima 2-6 dati su parametri tačnosti odgovarajućih modela [4, 10, 13, 14]. Parametri tačnosti su sračunati korišćenjem istog seta podataka, koja su dobijena u istražnim bušotinama.

Tabela 2 pruža osnovu za poređenje analitičkog modela koji predlažu autori ovog rada sa pojedinim analitičkim modelima razvijenih od strane drugih autora.

5. DISKUSIJA REZULTATA

Rezultati dobijeni analizom u okviru ovog rada su poređeni sa rezultatima drugih autora koji su se bavili

sličnim istraživanjem. U redovima 2-6 u tabeli 1 prikazane su tačnosti modela drugih autora za podatke koji su korišćeni za modeliranje u okviru ovog rada. Pri tome, primenjene su odgovarajuće jednačine koje su bile rezultat tih istraživanja [4], [10], [13] i [14].

Predložena korelacija data izrazom (1) daje realnije vrednosti modula deformacije od uporednih korelacija drugih autora, jer uzima u obzir tri parametra (RMR , V_p , σ_{ci}). U istraživanju predstavljenom u [10] je korišćen jedan parametar (V_p). Takođe, u istraživanjima predstavljenim u [13, 14] je korišćen jedan parametar (RMR), dok su u istraživanju predstavljenom u [4] korišćena dva parametra (RMR , σ_{ci}).

U pogledu tačnosti, modeli koji definišu modul deformacije sa jednim parametrom [10, 13, 14] imaju značajno više vrednosti srednje kvadratne (6) i srednje apsolutne greške (7) od predloženog modela sa tri parametra prema (1). Model sa dva parametra [4] je po pomenutim vrednostima grešaka bolji od modela predstavljenih u [13] i [14], ali je lošiji od modela (1) koji predlažu autori ovog rada.

6. ZAKLJUČAK

U dosadašnjoj inženjerskoj praksi predviđanje modula deformacija se najčešće zasnivalo na jednoj od

utvrđenih karakteristika stene, koja je u direktnoj funkciji sa deformabilnošću, odnosno sa stanjem ispucalosti (*RMR*, *Q*, *RMI*), ili na brzini elastičnih talasa. Manji broj korelacija uzima u funkciju i jednoaksijalnu čvrstoću. Iako su čvrstoća stene i brzina elastičnih talasa izmerene veličine, na pouzdanost korelacije sa deformabilnošću stene utiče efekat razmere kod čvrstoće i heterogenost i anizotropija stenske mase u pogledu prostiranja elastičnih talasa. Ispucalost stenske mase je direktno proporcionalna deformabilnosti. Osim toga, stenska masa je na određenim područjima bila izložena intenzivnim endogenim i egzogenim silama. One imaju dovoljno veliku energiju i moć za destrukciju stenske mase. Naročito se uticaj endogenih sila prostire na znatnim dubinama. Te sile su u određenom stepenu izmenile intaktno stanje stenske mase u smislu pogoršanja kvaliteta. Znajući da kvalitet stene (pre svega struktura minerala) bitno utiče na vrednost modula deformacija, a praktično ne utiče na stanje ispucalosti, proizilazi da isto stanje ispucalosti može imati bitno različite module deformacija. Zbog toga bi za preciznije i pouzdanije definisanje modula deformacija preko stanja ispucalosti (*RMR*) bila korisna detaljna mineraloško-petrološka ispitivanja u cilju utvrđivanja promena oblika minerala i kristalnih rešetki.

Sve to je imalo uticaja da se u inženjerskoj praksi ne može u većoj meri pouzdati u korelacije različitih autora za definisanje modula deformacije.

Na primenu predložene jednačine na definisanje vrednosti modula deformacija ima uticaj svaka od tri bitne karakteristike stene, pri čemu je dobijeni model pokazao dobru tačnost u odnosu na uporedne modele drugih autora. Najveći uticaj ima stanje ispucalosti (*RMR*), a najmanji jednoaksijalna čvrstoća (σ_{ci}). U određenoj meri vrši se korekcija izlaznog rezultata u slučaju da jedna od tri karakteristike, koja ima uticaja na definisanje modula deformacija, iz nekog razloga ne daje objektivni rezultat. Autori predlažu da se za različita područja izvrši promena izraza (1) preko korektiva *a*, *b* i *c*.

LITERATURA

- [1] Hoek E, Diederichs MS. Empirical estimation of rock mass modulus. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol. 43, pp. 203-215, 2006.
- [2] Wittke W. Rock Mechanics Based on an Anisotropic Jointed Rock Model (AJRM), 2014.
- [3] Bieniawski ZT. Determining rock mass deformability: experience from case histories. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol. 15, pp. 237-247, 1978.
- [4] Serafim J, Pereira J. Considerations on the geomechanical classification of Bienawski. *In Proceedings of the Symposium on Engineering Geology and Underground Openings*, pp. 1133-1144, 1983.
- [5] Nicholson G, Bienawski Z. A nonlinear deformation modulus based on rock mass classification. *Int. J. Min. Geol. Eng.*, Vol. 8, pp. 181-202, 1990.
- [6] Khandelwal M, Singh TN. Correlating static properties of coal measures rocks with P-wave velocity. *Int. J. Coal Geol.*, Vol. 79, pp. 55-60, 2009.
- [7] Pappalardo G. Correlation Between P-Wave Velocity and Physical - Mechanical Properties of Intensely Jointed Dolostones, Peloritani Mounts, NE Sicily. *Rock Mech. Rock Eng.*, pp. 1711-1721, 2015.
- [8] Kujundzic B, Grujic N. Correlation between static and dynamic investigations of rock mass in situ. *In Proceedings of The first congress of the International Society of Rock Mechanics*, pp. 565-571, 1966.
- [9] Radovanović S, Ranković V, Anđelković V, Divac D, Milivojević N. Development of new models for the estimation of deformation moduli in rock masses based on in situ measurements. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol. 77, pp. 1191-1202, 2017.
- [10] Kujundžić B, Petrović Lj. Korelacija statičkih i dinamičkih karakteristika deformabilnosti krečnjačkih stenskih masa. V simpozijum JDMSPR, 1, 5 - 12, Split, 1980.
- [11] Kujundžić B, Savić A. Uputstva za primenu inženjerske geofizike na istraživanje deformabilnosti stenskih masa, 1984.
- [12] Nejati HR, Ghazvinian A, Moosavi SA, Sarfarazi V. On the use of the RMR system for estimation of rock mass deformation modulus. *Bulletin of engineering geology and the environment*, Vol. 73, No. 2, pp. 531-540, 2014.
- [13] Jovanovski M, Gapkovski N. An example of the extrapolation of the investigation data in a specific type of soft rocks. *In International Conference on the Trends of the development in Geotechnics*, Beograd, 1996.
- [14] Galera, JM, Alvarez M, Bieniawski ZT. Evaluation of the deformation modulus of rock masses: comparison of pressuremeter and dilatometer tests with RMR prediction. *In Proceedings of the ISP5-PRESSIO 2005 international symposium, Madrid, Spain (pp. 1-25)*.
- [15] Andjelkovic V. *Modeling in geotechnics*. Andrejevic Foundation, 2008.

SUMMARY

CORRELATIVE RELATIONS FOR DEFINING THE ROCK DEFORMABILITY

In the framework of geotechnical investigations of the rock mass at the partition site MHE Bočac 2 (BiH), Jelašnica dams on the same river in southern Serbia and nine partition sites of hydroelectric power plants on the river Ibar, detailed geotechnical investigations of the rock mass were carried out. They included exploration drilling with the definition of quasihomogenic zones within the drilled core, determination of RQD for each separated quasi-chemical zone, dilatometric tests in each well, seismic ventilation between exploratory wells or seismic carotid, core testing by the PointLoad method and laboratory tests of the single-axial strength of the samples. By connecting the results of the one-axial strength, the velocity of the elastic waves and the quality of the rock mass (RMR), i.e. these indirect data for defining the deformability of the rock masses with the obtained results of insitu deformation testing, with the results of dilatometric tests, the analysis of correlation bonds is carried out which is applied in engineering geological or geotechnical practice. As is known, in engineering practice, the following correlations are used to define the deformation module: $D = f(RMR)$; $D = f(RMR, \sigma_{ci})$; $D = f(Vp)$ u $D = f(Vp, \sigma_{ci})$. After the analysis, a correlation was applied which included all three indirect data and it gave the closest data for defining the deformability of the rock mass.

Key words: rock mass, deformability, one-axial strength, seismic wave velocity, core quality index, deformation module.