



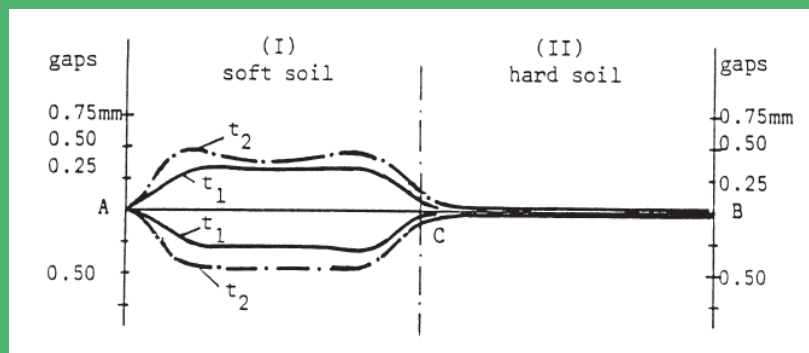
SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE
UNION OF ENGINEERS AND TECHNICIANS OF SERBIA

ZBORNİK RADOVA
MEĐUNARODNO NAUČNO-STRUČNOG SAVETOVANJA
PROCEEDINGS
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

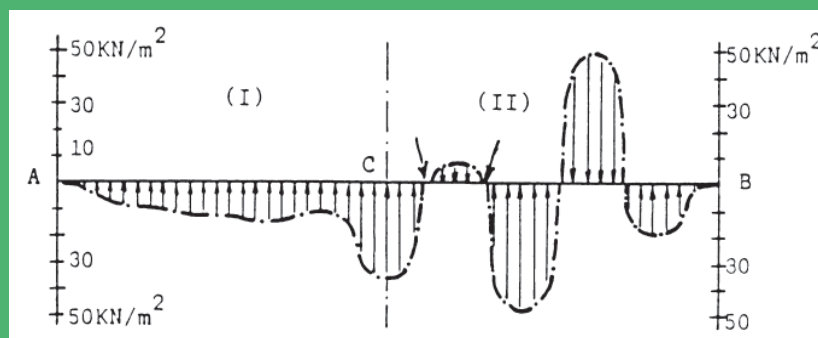
ZEMLJOTRESNO INŽENJERSTVO I
GEOTEHNIČKI ASPEKTI GRAĐEVINARSTVA

EARTHQUAKE ENGINEERING AND
GEOTECHNICAL ASPECTS OF CIVIL ENGINEERING

Editor: Prof. emeritus dr Radomir Folić



Gaps mean values along the pipeline at times $t_1 = 0.6$ sec and $t_2 = 2.1$ sec



Soil-pressure distribution mean values along the pipeline at the time $t_1 = 0.6$ sec

Vrnjačka Banja, 03. - 05. novembar 2021.



SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE

UNION OF ENGINEERS AND TECHNICIANS OF SERBIA

IZDAVAČ (*PUBLISHER*):

Savez građevinskih inženjera Srbije / *Union of Engineers and Technicians of Serbia*
Srbija, Beograd, Kneza Miloša 9/I, Tel/Faks: (011) 3241 656

PROGRAMSKI ODBOR (*PROGRAMME COMMITTEE*):

Prof. Emeritus Radomir FOLIĆ, Srbija - PREDSEDNIK

Prof. dr Petar ANAGNOSTI, Srbija – POTPREDSIEDNIK

Prof. dr Mirjana VUKIĆEVIĆ, Srbija - POTPREDSIEDNIK

Dr Nenad ŠUŠIĆ, Srbija

Prof. dr Heinc BRABDL, Austrija

Prof. dr Slobodan ĆORIĆ, Srbija

Predrag POPOVIĆ, PE. SAD

Akad. prof. dr Miha TOMAŽEVIĆ, Slovenija

Prof. dr Ivan VRKLJAN, Hrvatska

Prof. dr Vojkan JOVIČIĆ, Slovenija

Prof. dr Vlatko ŠEŠOV, Severna Makedonija

Prof. dr Milorad JOVANOVSKI, Severna Makedonija

Prof. dr Jovan PAPIĆ, Severna Makedonija

Dr Radan IVANOV, Bugarska

Prof. dr Stanko BRČIĆ, Srbija

Prof. dr Đorđe LADINOVIĆ, Srbija

Prof. dr Doncho PARTOV, Bugarska

Prof. dr Mustafa HRASNICA, Bosna i Hercegovina

Prof. dr Arian LAKO, Albanija

Prof. dr Josip ATALIĆ, Hrvatska

Prof. dr Adnan IBRAHIMOVIĆ, Bosna i Hercegovina

Prof. dr Tatjana ISAKOVIĆ, Slovenija

Prof. dr Asterios LIOLIOS, Grčka

Doc. dr Elefterija ZLATANOVIĆ, Srbija

EDITOR / (*Editor in Chief*): Prof. emeritus dr Radomir FOLIĆ

TEHNIČKI UREDNIK / (*Editor*): Stoja TODOROVIĆ - Saška

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, programskog odbora ili editora.

TIRAŽ (*Circulation*): 200

ŠTAMPA (*Printed by*): Razvojno istraživački centar grafičkog inženjerstva, Beograd

SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE

DRUŠTVO ZA ZEMLJOTRESNO INŽENJERSTVO SRBIJE
I
SRPSKO DRUŠTVO ZA MEHANIKU TLA I GEOTEHNIČKO
INŽENJERSTVO

U SARADNJI SA INŽENJERSKOM KOMOROM SRBIJE

ZBORNİK RADOVA

MEĐUNARODNO NAUČNO-STRUČNOG SAVETOVANJA

ZEMLJOTRESNO INŽENJERSTVO
I
GEOTEHNIČKI ASPEKTI GRAĐEVINARSTVA

Editor: Prof. emeritus dr Radomir Folić

Vrnjačka Banja, 03. - 05. novembar 2021.

ORGANIZATORI (*ORGANISERS*):

Savez građevinskih inženjera Srbije, Beograd
Društvo za zemljotresno inženjerstvo Srbije
Srpsko društvo za mehaniku tla i geotehničko inženjerstvo
Inženjerska komora Srbije

ORGANIZACIONI ODBOR (*ORGANIZING COMMITTEE*):

Predsednik: Miloš HRANISAVLJEVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd - Srbija
Potpredsednik: Vladimir FILIPOVIĆ, dipl.inž.geol., Beograd - Srbija
Sekretar: Suzana VASIĆ, Beograd – Srbija

ČLANOVI: Boban ĐUROVIĆ, predsednik opštine Vrnjačka Banja
Slavica ŽIVKOVIĆ, mast.ekon., Beograd, Srbija
Dr Selimir LELOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd, Srbija
Dr Ksenija ĐOKOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd, Srbija
Dr Miloš MARJANOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd, Srbija
Dr Uroš ĐURIĆ, dipl.inž.geol., Beograd, Srbija
Marko PRICA, dipl.inž.geol., Beograd, Srbija

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- Inženjerska komora Srbije
- Institut IMS
- Novkol
- LHR
- BHL
- Ishebeck
- Rudarski institut

SADRŽAJ *CONTENTS*

UVODNA IZLAGANJA

1. Mario Uroš, Josip Atalić, Marta Šavor Novak, Marija Demšić,
Maja Baniček (Hrvatska)
BUILDING DAMAGE CAUSED BY THE ML5.5 ZAGREB
EARTHQUAKE OF MARCH 22, 2020 1
2. Vlatko Sheshov, Roberta Apostolska, Zivko Bozinovski, Marija Vitanova,
Blagojce Stojanoski, Kemal Edip, Aleksandra Bogdanovic, Radmila Salic,
Goran Jekic, Trajce Zafirov, Aleksandar Zlateski, Goran Shapragoski,
Daniel Tomic, Aleksandar Zurovski, Jovan Trajcevski (Severna Makedonija)
POST-EARTHQUAKE MISSION IN DURRES, ALBANIA 23
3. Vojkan Jovičić, Saša Galuf, Elvir Muhić (Slovenija)
GRADNJA PORTALNIH TUNELSKIH KONSTRUKCIJA UNUTAR
AKTIVNIH KLIZIŠTA 30
4. Violeta Mircevska, Miroslav Nastev, Ana Nanevska (Severna Makedonija,
Kanada)
SEISMIC SLOPE STABILITY IN TAILINGS DAM: DISCREPANCY
BETWEEN THE IMPROVED FE-NEWMARK METHOD AND MOHR
COULOMB MATERIAL MODEL 34
5. Predrag Eror (UAE)
THE PRINCIPLES OF THE TIME HISTORY NON-LINEAR DYNAMIC
ANALYSIS IN SEISMIC DESIGN OF THE PERMANENT STRUCTURES .. 61

ZEMLJOTRESNO INŽENJERSTVO

6. Žugić Željko, Dragojević Dejan, Kemal Edip, Berisavljević Dušan (Severna
Makedonija, Srbija)
MIKROSEIZMIČKA REJONIZACIJA ZA POTREBE IZGRADNJE
STAMBENO POSLOVNOG OBJEKTA U NOVOM SADU 89
7. Milovan Stanojev and Radomir Folić (Srbija)
COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERSTORY DRIFT IN RC
BUILDING WITH SEISMIC ISOLATORS AND DISSIPATORS 102

8.	Nadja Kurtović Folić , Radomir Folić (Srbija) PROTECTION OF THE BUILT HERITAGE ENDANGERED BY EARTHQUAKES - CHARTERS AND RECOMMENDATIONS	111
9.	Žugić Željko, Dragojević Dejan, Sandra Nedeljković, Berisavljević Dušan (Srbija) SEIZMIČKO MIKROZONIRANJE U SRBIJI. BENEFITI SPROVOĐENJA GEODINAMIČKOG PRORAČUNA PRI ANALIZI JAVNIH OBJEKATA.....	124
10.	Aleksandra Radujković, Tatjana Kočetov Mišulić, Đorđe Lađinović (Srbija) NONLINEAR RESPONSE OF RC FRAMES DESIGNED FOR A TWO DUCTILITY CLASSES	130
11.	Elefterija Zlatanović, Dragan Č. Lukić, Nemanja Marinković, Zoran Bonić, Nikola Romić (Srbija) ANALYTICAL AND NUMERICAL MODELLING OF SEISMIC TUNNEL– GROUND INTERACTION.....	138
12.	Aleksandar Šotić, Dragana Velimirović, Radenko Rajić, Milivoje Filipović (Srbija) OSVRT NA PROCENU RIZIKA OD KATASTROFA ZA ZEMLJOTRESE, ODRONE I KLIZIŠTA KAO OPASNOSTI	148
13.	Srđan Kostić, Nikola Milivojević, Nebojša Vasović(Srbija) KVANTIFIKACIJA NELINEARNOSTI U DISKRETNJOJ VREMENSKOJ RASPODELI MAGNITUDA ZEMLJOTRESA U SRBIJI.....	157
14.	A. Liolios, G. Hatzigeorgiou, K. Liolios and B. Folic (Grčka, Bugarska, Srbija) SEISMIC PIPELINE-SOIL INTERACTION UNDER UNCERTAIN-BUT- BOUNDED INPUT PARAMETERS: A STOCHASTIC NUMERICAL APPROACH	166
15.	Miloš Čokić, Radomir Folić, Boris Folić (Srbija) SEISMIC RESPONSE OF RC BUILDINGS WITH DIFFERENTLY REINFORCED SHEAR WALLS	175
16.	Lidija Babić, Radomir Folić, Đorđe Lađinović (Srbija) INFLUENCE OF SPAN LENGTH ON SEISMIC BEHAVIOUR OF RC INFILLED FRAMES	191
17.	Jelena Pejović, Nina Serdar (Crna Gora) ANALIZA MOGUĆNOSTI PROJEKTOVANJA AB VISOKIH ZGRADA U SKLADU SA EVROKODOM 8 U ODNOSU NA KLASE DUKTILNOSTI	200

18. Ljubica Figun, Srđan Kostić, Nikola Milivojević, Slobodan Trajković (Republika Srpska - BiH, Srbija) PROCENA JAČINE POTRESA OD MINIRANJA U GRADSKOJ SREDINI PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA.....	210
19. Slobodan Trajković, Marina Matić, Nikolinka Doneva (Srbija, Austrija, Severna Makedonija) DOPRINOS ODREĐIVANJU BEZOPASNOG RASTOJANJA PRI IZVOĐENJU MINIRANJA NA PK „SUŠICA” - ČAČAK.....	221
20. Konstantin Kazakov, Lena Mihova, Irena Spiridonova, Doncho Partov (Bugarska) SEISMIC TIME HISTORY ANALYSIS OF BURIED ARCH REINFORCED BRIDGE.....	230
21. Irena Gjorgjeska, Vlatko Sesov, Kemal Edip, Julijana Bojadjieva (Severna Makedonija) APPLICATION OF SEISMIC AND GPR METHODS FOR NEAR- SURFACE CHARACTERIZATION	241
22. Bijelić Zdravko, Bijelić Mitar, Bijelić Željka (Srbija, SAD) UPRAVLJANJE SIGURNOŠĆU PROIZVODNIH OBJEKTA POSEBNE NAMJENE REZULTAT RAZVOJNIH PROMJENA SA ASPEKTA GEOTEHNIČKE I SEIZMIČKE BEZBJEDNOSTI	252
GEOTEHNIČKI ASPEKTI GRAĐEVINARSTVA	
23. Željko Žugić, Andrija Zorić, Dragan Zlatkov (Srbija) FUNDIRANJE NOVE ZGRADE INSTITUTA BIOSENS U NOVOM SADU .	265
24. Miloš Lazović, Marija Lazović Radovanović (Srbija) ZAŠTITA TEMELJNE JAME POSLOVNOG OBJEKTA AUTOCENTAR STOJANOVIĆ.....	269
25. Zoran Bonić, Elefterija Zlatanović, Nebojša Davidović, Nikola Romić, Nemanja Marinković (Srbija) UTICAJ MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA MATERIJALA AB TEMELJA SAMACA NA NOSIVOST TEMELJA NA PROBIJANJE	277
26. Mladen Ćosić, Nenad Šušić, Marko Prica, Nikola Božović (Srbija) SOME ASPECTS OF PILE TESTING USING DYNAMIC LOAD TEST (DLT).....	289

27. Slobodan Ćorić, Dragoslav Rakić (Srbija) SMANJENJE SLEGANJA PLITKIH TEMELJA PRIMENOM MIKROŠIPOVA.....	300
28. Mladen Ćosić, Nikola Božović, Marija Krstić (Srbija) ANALYSIS OF REDISTRIBUTION OF THE PILE SHAFT-BASE LOAD USING THE DYNAMIC LOAD TEST (DLT).....	308
29. Mladen Ćosić, Nenad Šušić, Marko Prica (Srbija) SOME ASPECTS OF PILE TESTING USING STATIC LOAD TEST (SLT) ..	317
30. Aleksandra Bogdanovic, Julijana Bojadjieva, Kemal Edip and Vlatko Sheshov (Severna Makedonija) МАТЕРИЈАЛНИ УЧИНЦИ НА СИМУЛАЦИЈУ ПРОБЛЕМА ИНТЕРАКЦИЈЕ СТРУКТУРЕ ТЈА.....	328
31. Miodrag Bujišić, Slobodan Živaljević, Zvonko Tomanović (Crna Gora) ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA DISKONTINUITETA NA UZORCIMA MEKE STIJENSKE MASE POD DEJSTVOM KRATKOTRAJNOG OPTEREĆENJA	335
32. Dušan Berisavljević , Zoran Berisavljević, Svetlana Melentijević, Željko Žugić (Srbija, Španija) UTICAJ STRUKTURE NA MEHANIČKO PONAŠANJE LESA.....	345
33. Nemanja Marinković, Nebojša Davidović, Branimir Stanković, Elefterija Zlatanović, Zoran Bonić Romić Nikola (Srbija) COMPARATIVE ANALYSIS OF PLASTIC LIMIT OF FINE-GRAINED SOIL DETERMINED BY VARIOUS METHODS	354
34. Snežana Maraš-Dragojević (Srbija) PRIMENA NUMERIČKIH METODA I EVROKODA 7 U PROJEKTOVANJU TUNELA.....	362
35. Nikola Čađenović, Ivan Maretić (Crna Gora) IZGRADNJA TUNELA ISPOD BOKOKOTOR-SKOG ZALIVA KLASIČNOM METODOM	372
36. Marija Krstić, Nikola Božović, Stefan Mitrović (Srbija) KOMPARACIJA REZULTATA DOBIJENIH ISPITIVANJEM ŠIPOVA KOJI SU IZVEDENI RAZLIČITIM TEHNOLOGIJAMA U ISTIM GEOLOŠKIM USLOVIMA	385

37. Никола Божовић, Марија Крстић, Стефан Митровић (Србија) КОНТРОЛА РЕЗУЛТАТА ТЕСТА ИНТЕГРИТЕТА ШИПОВА- КАРАКТЕРИСТИЧНИ ПРИМЕРИ ИЗ ПРАКСЕ	394
38. Miodrag Pisarević, Nemanja Glušica, Vladimir Filipović (Srbija) GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA I STATIČKA ISPITIVANJA ZA POTREBE IZGRADNJE MOSTA PREKO REKE SAVE U SREMSKOJ RAČI.....	402
39. Ivan Vasić, Maksim Jovanović (Srbija) ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME KONSTRUKCIJOM TIP „GRADITELJ NS“ ZA POTREBE IZGRADNJE OBJEKTA NA UGLU ULICA FUTOŠKE I MIKOLE KOČIŠA U NOVOM SADU	412
40. Branko Jelisavac, Lazar Jovanović, Nebojša Vasković (Srbija) KLIZIŠTE RAŽANJ NA AUTOPUTU A1 – ISTRAŽIVANJA, MONITORING I SANACIJA	420
41. Слободан Самардаковић, Мирољуб Самардаковић (Србија) ДИЈАГРАМИ ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ТЕМЕЉА ЕС7 ПРОЈЕКТНИМ ПРИСТУПОМ	432
42. Слободан Самардаковић, Мирољуб Самардаковић (Србија) ИЗБОР ЕС7 ПРОЈЕКТНОГ ПРИСТУПА ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПЛИТКИХ ТЕМЕЉА.....	440
43. Mihajlo Lazić, Vladan Vlajković (Srbija) GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA I MERE SANACIJE KLIZIŠTA “KOLARI” NA AUTOPUTU A1	446
44. Srđan Spasojević (Srbija) PROJEKTOVANJE JEDNOSLOJNE TUNELSKЕ OBLOGE U POSEBNIM GEOTEHNIČKIM USLOVIMA.....	460
45. Zoran Berisavljević, Dušan Berisavljević, Miloš Marjanović, Jelka Krušić, Svetlana Melentijević (Srbija, Španija) PRIMENA Q-SLOPE SISTEMA ZA KLASIFIKACIJU ANIZOTROPNE STENSKE MASE.....	473
46. Petar Santrač, Nemanja Balović, Željko Bajić (Srbija) UPOREDNA ANALIZA RAČUNSKIH I IZMERENIH POMERANJA AB DIJAFRAGME	483

47. Milorad Jovanovski, Jovan Br. Papić, Igor Peševski (Severna Makedonija) OBRAZOVANJE I PROFESIONALNE KVALIFIKACIJE U EVROKODU 7: 202X	492
48. Milorad Jovanovski, Jovan Br. Papić, Igor Peševski, Teodor Dimitrievski (Severna Makedonija) PRODOR STENA U EVROKODU 7	503
49. Jovan Br. Papić, Atanas Strašeski, Kemal Edip, Radica Jovanova (Severna Makedonija) ŽIVEO AKVADUKT! DOPRINOS GEOTEHNIKE	514
50. Sanja Jocković, Mirjana Vukićević, Nikola Obradović (Srbija) PARAMETAR STANJA ZA PREDVIĐANJE PONAŠANJA TLA U NEDRENIRANIM USLOVIMA.....	525
51. Žiga Plevel, Boštjan Pulko, Stefan Kordić, Vojkan Jovičić (Slovenija) PROJEKTOVANJE ARMIRANO-BETONSKE DIJAFRAGME IZLOŽENE SEIZMIČKOM OPTEČENJU	537
52. Nikola Obradović, Mirjana Vukićević, Sanja Jocković (Srbija) EVALUACIJA METODA ZA NUMERIČKU INTEGRACIJU KONSTITUTIVNIH RELACIJA ELASTO-PLASTIČNIH MODELA ZA TLO.....	548
53. Nikola Romić, Zoran Bonić, Nebojša Davidović, Elefterija Zlatanović, Nemanja Marinković, Branimir Stanković (Srbija) POREĐENJE REZULTATA PRORAČUNA PROBIJANJA AB TEMELJA SAMACA PREMA BS 8110 I CSA A23.3-04 SA EKSPERIMENTALNO DOBIJENIM VREDNOSTIMA	558
54. Veljko Pujević, Nikola Obradović, Stefan Mitrović, Mirjana Vukićević (Srbija) U SUSRET DRUGOJ GENERACIJI EVROKODA 7	565
55. Miloš Marjanović, Danko Nikolić, Mirjana Vukićević, Dušan Nikolić (Srbija) REŠENJE FUNDIRANJA JUŽNE TRIBINE STADIONA FK "TSC" U BAČKOJ TOPOLI	573
56. Slavica Janković, Stevan Ćorluka, Miroljub Živanović, Tanja Hafner Ljubenović (Srbija) OSNOVNI PRISTUP IZDVAJANJU INŽENJERSKOGEOLOŠKIH REJONA ZA POTREBE PROJEKTOVANJE PRVE LINIJE BEOGRADSKOG METROA	581

PROCENA JAČINE POTRESA OD MINIRANJA U GRADSKOJ SREDINI PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA

Ljubica Figun*, Srđan Kostić**, Nikola Milivojević***,
Slobodan Trajković****

* *Rudarski fakultet Prijedor Univerziteta u Banjoj Luci, Save Kovačevića bb,
Prijedor, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina,*

ljubica.figun@rf.unibl.org

** *Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, Jaroslava Černog 80, Beograd,
srdjan.kostic@jcerni.rs*

*** *Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, Jaroslava Černog 80, Beograd,
nikola.milivojevic@jcerni.rs*

**** *red.prof. u penziji, Rudarsko-geološki fakultet Univerzitet u Beogradu,
Dušina 7, Beograd, slobodantra@mts.rs*

REZIME

U radu se razmatraju potresi od miniranja za potrebe iskopa u stenskoj masi tokom izgradnje objekta *Skyline* u Beogradu, snimljeni maja 2018.g.i njihov uticaj na građevinske objekte korišćenjem metode veštačkih neuronskih mreža. Razvijen je model za ocenu maksimalne brzine oscilovanja stenske mase u funkciji količine eksploziva i rastojanja objekta od mesta miniranja. Analizirana je i prirodna uticaja pojedinih kontrolnih faktora na jačinu potresa. Pokazano je da predloženi model daje tačniju procenu u odnosu na konvencionalni prediktor.

KLJUČNE REČI: miniranje, neuronske mreže, brzina oscilovanja tla

ESTIMATION OF BLAST-INDUCED VIBRATIONS IN URBAN ENVIRONMENT USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ABSTRACT

In present paper we analyze the ground vibrations from the blasting performed for rock mass excavation during the construction of the object *Skyline* in Belgrade, recorded during May 2018. Impact of these vibrations on the existing structures is estimated using artificial neural networks. As a results, we develop a model for the assesment of peak particle velocity as a function of the amount of explosive and distance from the blasting point to the observed structure. We also analyze the nature of the effect of each individual control factor on the intensity of blast-induced vibrations. It is shown that developed model provides more accurate estimation when compared to conventional predictor.

KEY WORDS: blasting, artificial neural networks, peak particle velocity

UVOD

Miniranje predstavlja tradicionalni postupak eksploatacije tehničkog kamena na površinskim kopovima. Pravilnim projektovanjem bušačko-minerskih radova moguće je postići optimalno razaranje stenske mase, i dobijanje optimalne veličine fragmenata, uz osiguranje bezbednog nivoa oscilacija stenske mase i veličine vazdušnog natpritiska koji ne ugrožavaju postojeće građevinske objekte na samom kopu i u njegovoj neposrednoj okolini. Imajući u vidu široku primenu miniranja u modernoj inženjerskoj praksi, prirodno se nameće potreba za utvrđivanjem određenih zakonitosti u prostiranju seizmičkih talasa izazvanih detonacijom eksploziva, i, posledično, karakteristika oscilovanja stenske mase izazvanih miniranjima. Drugim rečima, postoji opravdana potreba za definisanjem jasnog matematičkog modela oscilovanja stenske mase, kako bi se izvršila optimizacija projektovanja rasporeda minskih bušotina, načina paljenja, količine eksploziva i dubine bušotina, u zavisnosti od fizičko-mehaničkih svojstava stenske mase i rastojanja od postojećih rudarskih i građevinskih objekata. U inženjerskoj praksi razvijen je veći broj tzv. konvencionalnih prediktora, kod kojih se jačina potresa od miniranja procenjuje kao odnos maksimalne brzine oscilovanja stenske mase i dva ključna parametra: rastojanja od mesta miniranja do mesta osmatranja i količine eksploziva (Langefors and Kihlstrom, 1963; Duvall and Petkof, 1959; Davies, et al.1964; Ambraseys and Hendron, 1968; Singh and Roy,1993). U poslednje vreme, veštačke neuronske mreže se sve više koriste za ove potrebe, i rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju na njihovu veću „moć predikcije“ u odnosu na postojeće konvencionalne modele. Široka primena veštačkih neuronskih mreža proizilazi, pre svega, iz njihove mogućnosti da iz velikog broja ulaznih parametara, uspostavljanjem složenih međusobnih veza, sa dovoljnom preciznošću daju izlazni podatak, odnosno, u ovom slučaju, brzinu oscilovanja stenske mase (Lapčević, i dr. 2014). Tako su Saadat i dr.(2014) razvili modele predviđanja jačine potresa od miniranja na rudniku gvožđa u Iranu, koristeći veštačke neuronske mreže i metodu višestruke linearne regresije, i tom prilikom dobili rezultate koji ukazuju na veću tačnost ANN modela u poređenju sa MLR modelom. Kandelval i Sing (2009) su razvili ANN model za predviđanje maksimalne brzine oscilovanja tla sa većim koeficijentom determinacije ($R^2=0.98$) u odnosu na konvencionalne prediktore ($R^2=0.13-0.54$). Monjezi i dr. (2011) razvili su ANN model za predviđanje PPV-a, sa četiri ulazna parametra, dva skrivena lejera i jedan izlazni parametar (PPV). Tačnost predviđanja ANN model ($R^2=0.95$) bila je mnogo veća u poređenju sa modelom baziranim na višestrukoj regresiji ($R^2=0.38-0.80$).

U predmetnom radu predstavljamo primer primene veštačkih neuronskih mreža za procenu maksimalne brzine oscilovanja stenske mase usled miniranja. Analiziraju se rezultati merenja potresa od miniranja u gradskoj sredini, za potrebe iskopa temeljne jame na lokaciji objekta Skyline Beogradu.

OPŠTE O ANALIZIRANOM SETU PODATAKA

Analizirani su rezultati merenja maksimalne brzine oscilovanja stenske mase u tri međusobno upravna pravca od miniranja izvedenih na 5 minskih polja. Miniranje je izvedeno na lokaciji Skyline centra, na uglu ulica Durmitorske i kneza Miloša (slika 1).



Slika 1. Fotografski snimak lokacije minskog polja MP-1/I, MP-1/II i MP-2/I
Figure 1. Photos of the locations of blasting fields MP-1/I, MP-1/II and MP-2/I

Podaci o fizičko-mehaničkim svojstvima sredina koje izgrađuju predmetno područje, a u kojima je potrebna delimična ili potpuna upotreba eksploziva za iskop dati su u Tabeli 1.

Tabela 1. Fizičko-mehanička svojstva litogenetskih jedinica koje izgrađuju srednu u kojoj se vrši miniranje

Table 1. Physical and mechanical properties of lithogenetic units that compose the environment where the blasting is performed

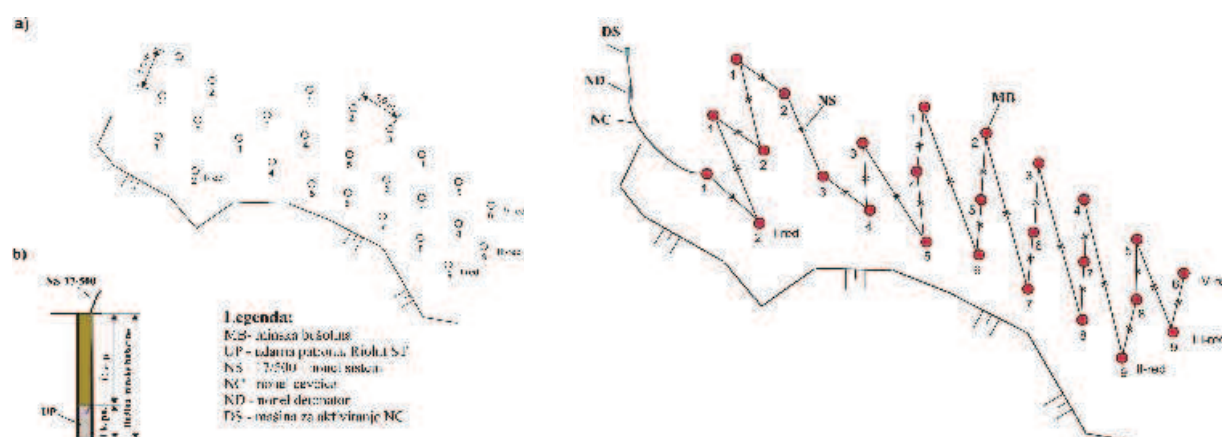
	Laporovito- krečnjački kompleks (M ₃ ¹ K-L)	Breče (M ₃ ¹ Br)	Drobine i konglomerati (M ₃ ¹ Kg)	Krečnjaci (³ K ₁ K)	Izmenjeni krečnjaci (³ K ₁ K*)
Zapreminska težina γ (kN/m ³)	20-21	23,8	/	26,7	26,7
ugao unutrašnjeg trenja, φ (°)	43-46	44-48	34	53-55	44-45
Kohezija, c (kPa)	120	140-180	10	373-601	158-173
Jednoaksijalna čvrstoća, σ_p (MPa)	15	20	/	68	/
Dinamički modul elastičnosti, E_{dyn} (MPa)	3100	3500	/	8700	3500
Dinamički modul smicanja, G_{dyn} (MPa)	910	1100	/	3200	1350
Poasonov koeficijent, μ	0,39	0,39	/	0,32	0,34
GN 200	IV-V	IV-V	V	V-VI	IV-V

Za miniranje na pet minskih polja uvedeno je 13-43 minskih bušotina, raspoređenih u dva do četiri reda. Rastojanje između redova iznosilo je 1,0-1,3 m, sa rastojanjem bušotina u redu od 1,0 m i linijom najmanjeg otpora od 1,3 - 1,5 m. Dubina bušotina bila je 1,4 – 2,4 m, sa uglom nagiba od 85° i prečnikom od 38,0 mm. Za razaranje stenske mase korišćen je eksploziv Riohit LS oznake 32/550. Aktiviranje eksploziva u bušotinama vršeno je Nonel sistemom (dual delay - dvostruko usporenje), oznake N-17/500. Iniciranje cevčice vršeno nonel detonatorom uz primenu nonel mašine. Registrovanje seizmičkih talasa vršeno je sa 3 instrumenta na 13 mernih mesta (Tabela 3).

Tabela 2. Podaci o utrošenim sredstvima za miniranje, po minskim poljima

Table 2. Data on the blasting parameters for blasting fields

	MP-1/I	MP-1/II	MP-2/I	MP-3/I	MP-3/II
Ukupan broj bušotina	26	13	30	43	15
Dužina bušotina, m	1,7 – 1,8	1,4 – 1,7	1,9 – 2,4	1,5 – 1,7	1,5 – 1,7
Ukupna dužina minskih bušotina, m	112,0	20,3	60,2	70,5	24,9
Količina eksploziva po bušotini, Riohit 32/0,55, kg	0,50 - 0,60	0,40 - 0,55	0,55 – 1,10	0,90 – 1,20	1,10 – 1,20
Ukupna količina eksploziva, kg	14,5	6,5	27,0	48,0	17,0
Max. količina eksploziva po jednom interval, kg	0,60	0,55	1,10	1,20	1,20
Nonel detonatori, 17/500, kom	26	13	30	43	15
PK konektor od 42 ms, kom	/	/	2	2	2
Dužina čepa, m	1,1 – 1,2	1,0 – 1,1	1,2 – 1,3	0,9 – 1,0	0,9 – 1,0
Nonel detonator, kom	1	1	1	1	1



Slika 2. Ilustracija rasporeda bušotina, konstrukcija punjenja i šema veze, na primeru minskog polja MP-1/I

Figure 2. Illustration of the blastingborehole distribution, charging construction and connection scheme: exempld of MP-1/I blasting field

Tabela 3. Raspored mernih mesta
Table 3. Distribution of recording points

Merno mesto	Opis	Koordinate
Merno mesto MM – 1	stambena zgrada – Sarajevska br. 2	7 457 042,70; 4 961 908,20
Merno mesto MM – 1a	stambena zgrada – Sarajevska br. 2	7 457 051,50; 4 961 917,70
Merno mesto MM – 2	kuća – vlasnika Slađane Vuković	7 457 085,60; 4 961 909,70
Merno mesto MM – 3	unutar objekta gradilišta, pored kрана	7 457 120,40; 4 961 884,03
Merno mesto MM – 4	ul. Durmitorska 14, garažni deo	7 457 147,00; 4 961 916,83
Merno mesto MM – 4a	ul. Durmitorska 14, prolaz	7 457 137,00; 4 961 927,90
Merno mesto MM – 4b	ul. Durmitorska 14, (pored trafoa)	7 457 126,00; 4 961 934,60

Merno mesto	Opis	Koordinate
Merno mesto MM – 4c	ul. Durmitorska 14, (iza menze)	7 457 115,40; 4 961 921,60
Merno mesto MM – 5	kod prvog kontejnera EX ING B&P	7 457 047,90; 4 961 834,78
Merno mesto MM – 6	ul. K.Miloša br. 86	7 457 181,00; 4 961 886,00
Merno mesto MM – 6a	ul. K.Miloša br. 86	7 457 185,39; 4 961 882,79
Merno mesto MM – 7	ul. K.Miloša	7 457 169,20; 4 961 867,00
Merno mesto MM – 7a	ul. K.Miloša	7 457 160,30; 4 961 856,00

Instrumenti za registraciju ukopavani su u tlo ispred građevinskog objekta i to na rastojanju 1,0 – 1,5 m od temelja. Osnovne karakteristike seizmografa Vibralok, kojim su vršena merenja, su sledeće:

* Mogućnost merenja	<i>Brzina, ubrzanje, pomeranje i vaz. udari</i>
* Broj kanala	<i>četiri</i>
* Broj komponenti	<i>Poprečna, vertikalna, uzdužna</i>
* Opseg frekvencije	<i>2 - 250 Hz</i>
* Nivoi okidanja, kanali V, L, T (trigger levels)	<i>0,1 – 200 mm/s</i>
* Nivo okidanja kanala A (mikrofon)	<i>2 – 150 Pa</i>
* Uzorkovanje (sampling)	<i>1000, 2000 ili 4000 Hz</i>
* Dužina snimanja	<i>1 – 100 s ili automatska dužina</i>

Za potrebe izrade pouzdanih modela u ovom radu se analizira skup od 477 podataka o brzini oscilovanja stenske mase, sa sledećim kontrolnim faktorima: rastojanje od mernog mesta, ukupna količina eksploziva i količina eksploziva po intervalu paljenja (Tabela 4).

Tabela 4. Pregled ulazno-izlaznih podataka za formiranje modela
Table 4. Overview of the input-output dataset for derivation of estimation model

Faktori	Jedinica mere	Analizirani raspon
Ulazni faktori		
Ukupna količina eksploziva, Qmax	kg	1,39 - 55,53
Količina eksploziva po intervalu paljenja, Qint,	m	0,26 - 1,67
Udaljenost od mesta miniranja, D	m	18,52 - 105,24
Izlazni faktori		
Brzina oscilovanja stenske mase, PPV	mm/s	0,74 – 16,51

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U pogledu arhitekture mreže, odabrana je neuronska mreža sa prostiranjem signala unapred i sa jednim skrivenim slojem i 10 skrivenih jedinica. Za potrebe obučavanja neuronskih mreža, skup od 477 podataka podeljen je na sledeći način: 70% za obučavanje mreže (333 podatka), 25% za validaciju (72 podatka) i 25% za testiranje mreže (72 podatka). Tokom obučavanja neuronskih mreža, kao aktivaciona funkcija korišćena je sigmoidna funkcija, dok je za algoritam obučavanja usvojen Levenberg–Markart algoritam, kao varijanta algoritma sa prostiranjem greške unazad.

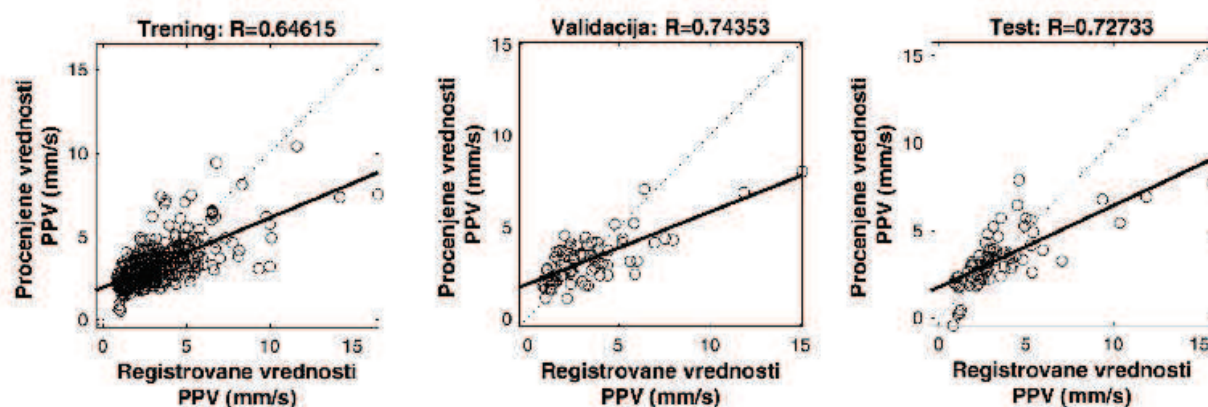
Računata je i promena srednje kvadratne greške (MSE) sa brojem iteracija prilagođavanja jačina veza (treniranja, obučavanja), koristeći različiti broj jedinica u skrivenom sloju. Obučavanje (treniranje) mreže prestaje onda kada srednja kvadratna greška procene tokom validacije dostigne traženi minimum, što se može podešavati u okviru samog algoritma.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Izvedena analiza je pokazala da se između kontrolnih faktora – ulaznih podataka (ukupne količine eksploziva, količine eksploziva po intervalu paljenja i udaljenosti od mesta miniranja) i brzine oscilovanja stenske mase (PPV) može uspostaviti sledeća statistički značajna korelacija:

$$PPV = \left(1.88 + \begin{bmatrix} -1.18 \\ -0.36 \\ 2.22 \\ -3.15 \\ -0.16 \\ -1.90 \\ 1.33 \\ 2.07 \\ -1.97 \\ -1.32 \end{bmatrix} \cdot \text{tansig} \left(\begin{bmatrix} 4.35 \\ -1.59 \\ -2.95 \\ -0.18 \\ -4.03 \\ -0.08 \\ -2.37 \\ -0.40 \\ 4.03 \\ -2.60 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1.21 \\ 2.94 \\ 2.34 \\ 0.80 \\ 3.82 \\ -1.56 \\ -1.93 \\ -0.19 \\ -1.17 \\ -1.62 \end{bmatrix} \cdot D + \begin{bmatrix} -0.72 \\ 2.25 \\ -0.06 \\ -1.01 \\ 2.61 \\ 0.64 \\ -1.45 \\ -0.98 \\ -3.84 \\ -1.89 \end{bmatrix} \cdot Q_{max} + \begin{bmatrix} 0.89 \\ -1.11 \\ 1.25 \\ 0.72 \\ 4.80 \\ -0.65 \\ 4.15 \\ 0.60 \\ 2.99 \\ 4.62 \end{bmatrix} \cdot Q_{int} \right) \right) \quad (1)$$

Rezultati su pokazali da formirani model (1) daje prihvatljivu procenu vrednosti PPV-a koeficijentom korelacije $R > 0,7$, $RMSE = 1,6$ (Slika 3). Može se pokazati da greške u proceni modela (1) imaju normalnu raspodelu, što znači da je model (1) obuhvatio sve statistički značajne veze između kontrolnih parametara i brzine oscilovanja stenske mase (slika 4).

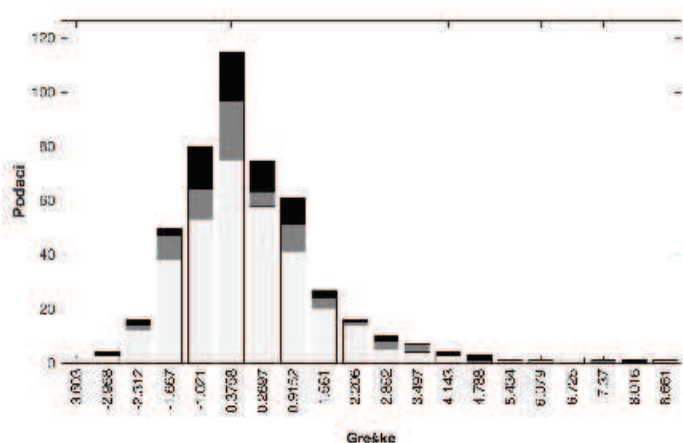


Slika 3. Poređenje realno osmatranih i procenjenih vrednosti PPV-a za različite setove podataka pri formiranju modela (1)

Figure 3. Comparison of real observed and estimated values of PPV for different datasets needed for derivation of model (1)

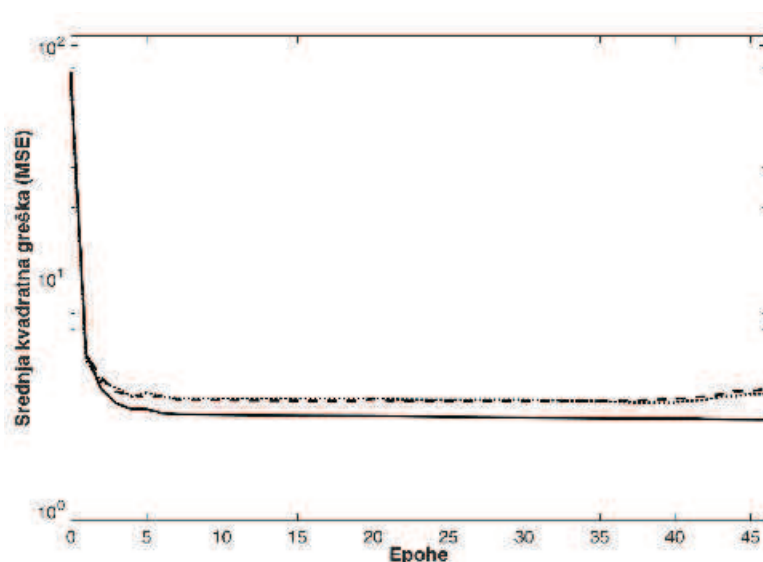
Da bismo isključili uticaj tzv. prekomernog fitovanja (*overfitting*), može se pokazati da veličina srednje kvadratne greške opada sa povećanjem epoha treniranja mreže za trening i validacioni skup (slika 5).

Uticajnost pojedinih parametara prikazana je na slici 6, gde se jasno uočava da sa povećanjem rastojanja objekata od mesta miniranja opada brzina oscilovanja stenske mase, dok ista raste sa povećanjem količine eksploziva po intervalu paljenja. Ukupna količina eksploziva nema statistički značajan uticaj, u razmatranom rasponu, na jačinu potresa od miniranja.



Slika 4. Analiza raspodele grešaka modela (1). Svetlosivi binovi se odnose na raspodelu greške za trening set, tamnosivi binovi na raspodelu greške za validacioni set, dok crni binovi označavaju raspodelu greške za test set

Figure 4. Analysis of estimation error distribution for model (1). Light gray bins denote error distribution for training set, medium gray bins for validation set, while block bins denote error distribution for testing set



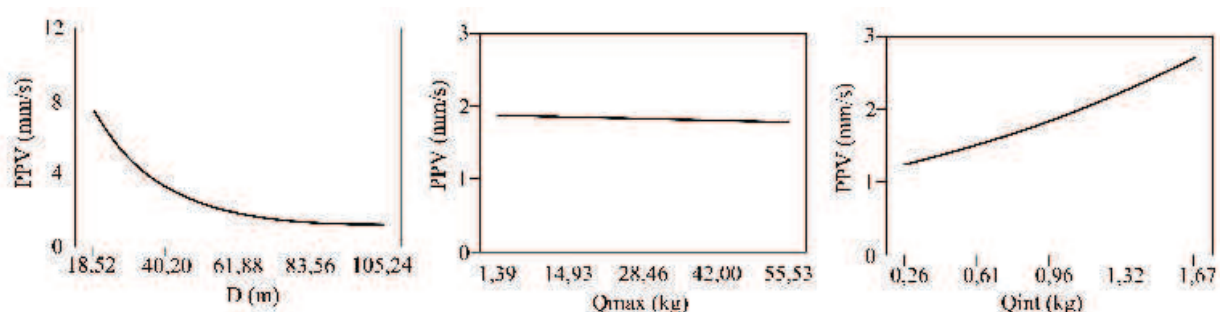
Slika 5. MSE (srednja kvadratna greška) u funkciji broja epohe za treniranje. Puna linija – trening set, tačkasta linija – validacioni set, isprekidana linija – test set

Figure 5. MSE depending on the number of training epochs. Full line – training set, dotted line – validation set, dashed line – test set

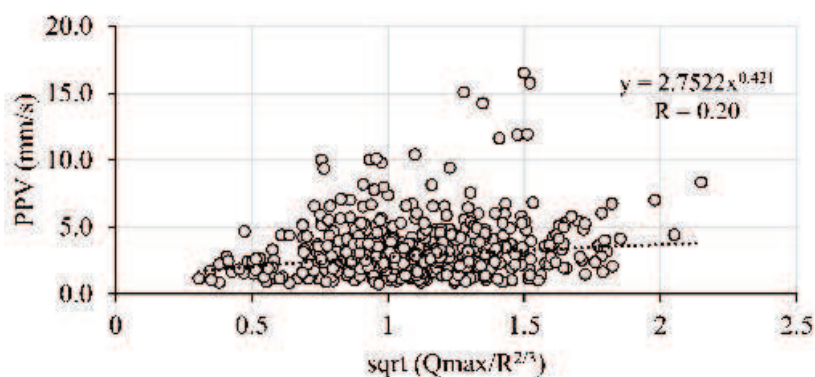
Ukoliko poredimo rezultate modela (1) sa najčešće korišćenim konvencionalnim prediktorom u inženjerskoj praksi (Langefors and Kihlstrom, 1963):

$$PPV = 2,75 \left[\sqrt{(Q_{max}/R^{2/3})} \right]^{0,42} \quad (2)$$

jasno je da model (1) daje daleko preciznije procene PPV-a od modela (2), slika 7.



Slika 6. Uticajnost pojedinih kontrolnih faktora na PPV
Figure 6. Effect of individual control factors on PPV



Slika 7. Procena PPV korišćenjem konvencionalnog prediktora (2), RMSE=2.2
Figure 7. Estimation of PPV using conventional predictor (2), RMSE=2.2

Ovako dobijena vrednost može se koristiti za procenu uticaja na objekte u zavisnosti od klase objekta, prema kriterijumima Ruske akademije nauka (Tabela 5).

Tabela 5. Dozvoljene brzine oscilovanja tla po klasama objekata, prema ruskim standarima
Table 5. Allowable soil peak particle velocities according to classes of structures, according to Russian standards

Karakteristike zgrada i objekta	Dozvoljena brzina oscilovanja tla po klasama objekta, mm/s		
	I	II	III
Stambene zgrade i industrijski objekti sa armirano-betonskom ili čeličnom konstrukcijom, sa lakom ispunom, računati na seizmičke uticaje.	50,0	70,0	100,0
Stambeni i industrijski objekti sa armirano-betonskom ili čeličnom konstrukcijom, rađeni bez seizmičkih uticaja.	20,0	50,0	70,0
Skeletne zgrade kod kojih su pregradni zidovi od opeke ili kamena. Nove ili stare kamene zgrade ili zidane zgrade građene bez seizmičkih uticaja.	15,0	30,0	50,0

Karakteristike zgrada i objekta	Dozvoljena brzina oscilovanja tla po klasama objekta, mm/s		
	I	II	III
Skeletne zgrade koje imaju znatna oštećenja na zidovima i pukotine u skeletnoj konstrukciji. Nove ili stare zgrade od kamena ili opeke sa manjim nepovezanim pukotinama u nosećim i pregradnim zidovima.	10,0	20,0	30,0
Stare ili nove zgrade skeletne konstrukcije sa pukotinama u skeletu i pokidanim vezama između pojedinih elemenata. Kamene ili zgrade od opeke sa kosim pukotinama u nosećim zidovima i uglovima i sl.	5,0	10,0	20,0
Oštećena armirano-betonska konstrukcija, korozija zahvatila armaturu, krupne pukotine u betonu. Zgrade kod kojih noseći zidovi imaju veći broj pukotina, narušene veze između spoljašnjih i unutrašnjih zidova i sl. Zgrade građene od montažnih elemenata koje nisu antiseizmički obezbeđene.	3,0	5,0	10,0

Dozvoljene brzine oscilovanja kod građevinskih objekata (stambeni, industrijski i dr.) zavise od vrste objekta, značaja i namene. Iz tih razloga svi građevinski objekti podeljeni su u tri klase: I klasa (industrijski objekti od izuzetne važnosti: cevovodi, fabričke hale većih dimenzija, izvozni tornjevi u rudnicima, vodovodni tornjevi i sl. objekti čiji vek trajanja je duži od 20 – 30 godina; stambeni objekti u kojima živi veći broj stanovnika, domovi kulture, bioskopi i slični objekti), II klasa (industrijski objekti i administrativne zgrade relativno malih dimenzija čija visina nije veća od tri sprata: mehaničke radionice, kompresorske stanice i sl. objekti; stambeni objekti u kojima živi manji broj ljudi, magacini i sl.) i III klasa (zgrade i industrijski objekti u koje su smeštene skupocene mašine i uređaji - čije oštećenje ne ugrožava život i zdravlje ljudi; skladišta, automobilske baze, zgrade hladnjača, kompresorskih stanica i sl.). Predmetni objekat spada u objekte I klase, i za njega je maksimalna dozvoljena brzina oscilovanja tla usled miniranja 50mm/s.

ZAKLJUČAK

U ovom radu razvijen je novi model procene brzine oscilovanja stenske mase u obliku nelinearne funkcije brzine oscilovanja od glavnih parametara miniranja: rastojanja od mesta eksplozije do mesta merenja i količine eksploziva. Pokazano je da su razvijen model statistički značajani da prestavalja fizički moguće interakcije. Tako formirani model na bazi neuronskih mreža može biti dalje korišćen za:

- predviđanje vrednosti PPV na osnovu „proizvoljnih“ ulaznih podataka;
- optimizaciju vrednosti parametara miniranja, putem analize matrice svih mogućih vrednosti ulaznih podataka, kao i njihovih međusobnih kombinacija. Na taj način, moguće je odrediti one vrednosti rastojanja od mesta eksplozije, dubina minskih bušotina i dr. (zavisno od broja i vrste ulaznih podataka) koje daju najmanju vrednost maksimalne brzine oscilovanja stenske mase, čime se u značajnoj meri redukuje potreban broj miniranja na površinskim kopovima.

Skrećemo pažnju da ovakav pristup ne uzima u obzir kvalitet – fizičko-mehanička svojstva stenske mase u kojoj se vrši miniranje. Kao dobar primer iz inženjerske prakse navodimo kriterijume prema ruskim autorima (Tabela 6), a koji uzimaju u obzir kvalitet stenske mase u korelaciji sa maksimalno dozvoljenim brzinama oscilovanja stenske mase, za određene klase rudarskih i građevinskih objekata (*klasa I*: posebno značajni objekti sa dugim vekom eksploatacije (više od 10-15 godina); hidrotehnički tuneli, okna, kapitalne jamske prostorije (hodnici, potkopi i sl.); *klasa II*: značajni objekti sa vekom eksploatacije 5-10 godina; tuneli za odvodnjavanje i transport, hidrotehnički objekti, zaštitni stubovi, hodnici i dr. jamske prostorije, kosine na etažama i sl.; *klasa III*: podzemni objekti koji traju kraće vreme (1-5 god.): komore, uskopi, hodnici i sl.; *klasa IV*: manje važni objekti sa vekom eksploatacije do 1 god.: otkopne prostorije, uskopi, otkopni hodnici i sl., radne kosine površinskih kopova i sl.). U skladu sa tim, naredna istraživanja bi trebalo fokusirati, osim na tipove objekata u gradskoj sredini, i na vrstu i fizičko-mehanička svojstva sredine kroz koju se prostiru udarni talasi.

Tabela 6. Dozvoljene brzine oscilovanja tla po klasama objekata, uzimajući u obzir svojstva stenske mase (Trajković i Lutovac, 2005)

Table 6. Allowable soil peak particle velocities according to classes of structures, considering the properties of rock masses (Trajković i Lutovac, 2005)

Karakteristike masiva	Koeficijent čvrstoće po Protođakonov u f	Brzina prostiranja longitudinalni h talasa, V_L (km/s)	Dozvoljena brzina oscilovanja objekta po kategorijama, cm/s			
			I	II	III	IV
Nevezani obluci i nanos	0,5÷1	1 - 2	4,08	8,2	12,2	20,4
Jako raspucale stene sa glinom i visokom poroznošću	1÷3	2 - 3	6,80	13,6	20,3	34,0
Slojevite stene značajno raspucane	3÷5	3 - 4	9,50	19,0	28,4	47,5
Značajno homogene stene sa pojedinačnim pukotinama i šupljinama	5÷9	4 - 5	12,2	24,4	36,7	60,0
Slabo raspucale monolitne stene	9÷14	5 - 6	14,9	29,8	44,6	74,5
Veoma čvrste i monolitne stene, bez pukotina	14÷20	6 - 7	17,8	35,6	53,3	89,0

LITERATURA

- Langefors, U., Kihlstrom, B. The modern techniques of rock blasting, New York: Wiley, 1963.
- Duvall, W.I., Petkof, B. Spherical propagation of explosion of generated strain pulses in rocks. US Bureau of Mines Report of Investigation, Tech. Rep. (1959) RI-5483.
- Davies, B., Farmer, I.W., Attewell, P.B. Ground vibrations from shallow sub-surface blasts. Engineer-London, 217 (1964) 553–559.

- Ambraseys, N.R., Hendron, A.J. Dynamic behavior of rock masses: rock mechanics in engineering practices. in *Rock mechanics in Engineering Practice*, K. Stagg, O.C. Zienkiewicz, Eds, London: Wiley, 1968.
- Singh, R.B., Roy, P.P. *Blasting in ground excavations and mines*. Rotterdam: Balkema, 1993.
- Lapčević, R., Kostić, S., Pantović, R., Vasović, N.: Prediction of blast-induced ground motion in a copper mine. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 69 (2014) pp. 2.
- Saadat, M., Khandelwal, M., Monjezi, M. An ANN-based approach to predict blast-induced ground vibration of Gol-E-Gohar iron ore mine, Iran. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 6 (2014), 67-76.
- Khandelwal, M., Singh, T.N. Prediction of blast-induced ground vibration using artificial neural network," *Int. J. Rock Mech. Min.*, 46 (2009), 1214-1222.
- Monjezi, M., Ghafurikalajahi, M., Bahrami, A. Prediction of blast-induced ground vibration using artificial neural networks," *Tunn. Undergr. Sp. Techn.*, 26 (2011), 46-50.
- Trajković S, Lutovac S (2005) *Technics of mining and blasting*. University of Belgrade Faculty of Mining and Geology, pp 295 (in Serbian)

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије,
Београд

624.042.7(082)(0.034.2)

699.841(082)(0.034.2)

550.34(082)(0.034.2)

МЕЂУНАРОДНО научно-стручно саветовање Земљотресно инжењерство
и геотехнички аспекти грађевинарства (2021 ; Врњачка Бања)

Zbornik radova Međunarodno naučno-stručnog savetovanja Zemljotresno
inženjerstvo i geotehnički aspekti građevinarstva, Vrnjackska Banja, 03. - 05.
novembar 2021. [Elektronski izvor] / [organizatori] Savez građevinskih
inženjera Srbije ... [et al.] ; editor Radomir Folić. - Beograd : Savez
građevinskih inženjera Srbije = Association of Civil Engineers of Serbia,
2021 (Beograd : Razvojno istraživački centar grafičkog inženjerstva). - 1 USB
fleš memorija ; 7 x 2 x 1 cm

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. -
Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 200. - Bibliografija uz svaki rad. -
Abstracts.

ISBN 978-86-88897-15-0

1. Savez građevinskih inženjera Srbije (Beograd)

а) Сеизмичке конструкције - Зборници б) Геотехничке конструкције -
Зборници с) Земљотреси - Зборници

COBISS.SR-ID 49362953