
SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE

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

U SARADNJI SA INŽENJERSKOM KOMOROM SRBIJE

ZBORNIK RADOVA

MEĐUNARODNO NAUČNO-STRUČNOG SAVETOVANJA

ZEMLJOTRESNO INŽENJERSTVO
I
GEOTEHNIČKI ASPEKTI GRAĐEVINARSTVA

Editor: Prof. emeritus dr Radomir Folić

Vrnjačka Banja, 03. - 05. novembar 2021.

Samardaković,S.,Samardaković,M.(2021): Izbor EC7 projektnog pristupa za dimenzionisanje plitkih temelja, Zbornik radova međunarodnog naučno-stručnog savetovanja „Zemljotresno inženjerstvo i geotehnički aspekti građevinarstva“, SGIS i dr., Vrnjačka Banja, str.440-445.

Originalni naučni rad
UDK: 624.151.5.04

440

ИЗБОР ЕС7 ПРОЈЕКТНОГ ПРИСТУПА ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПЛИТКИХ ТЕМЕЉА

Слободан Самардаковић*, Мирољуб Самардаковић*

* GeoSol ДОО за грађевинску геотехнику, Б.Крсмановића 29/4 18105 Ниш,
geosolnis@yahoo.com

РЕЗИМЕ

Према преузетом ЕС7 стандарду SRPS EN 1997-1:2017 аналитичко димензионисање плитких темеља за гранично стање ULS STR/GEO врши се пројектним приступима DA 1, 2 или 3, сваки са по три варијанте избора парцијалних коефицијената. За поређење свих 9 варијанти, тестирањем решењима GeoData2 приказани су дијаграми потребних ширина квадратне стопе (за степен искоришћења DU=1) у зависности од оптерећења на уобичајеној дубини у типичној песковитој глини и типичном шљунковитом песку. Резултати показују да највеће димензије анализираних темеља нису далеко од оних предвиђених у недавно прописан националним анексом SRPS EN 1997-1:2020. У поређењу са просечним факторима сигурности из Правилнику (1990) површине тих стопа би биле веће за 10-20%.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: EN 1997-1, SRPS EN 1997-1/NA:2020, DA, плитки темељи, ULS

SELECTION OF EC7 DESIGN APPROACH FOR DIMENSIONING SHALLOW FOUNDATIONS

ABSTRACT

According to the translated EC7 standard SRPS EN 1997-1: 2017 analytically dimensioning of shallow foundations for limit state ULS STR/GEO is performed by design approaches DA 1, 2 or 3, each with three variants of selection of partial coefficients for actions, effects of actions, parameters and soil resistance. To compare all 9 variants, the tested GeoData2 solutions show diagrams of the required square foot widths (for the degree of utilization DU=1) depending on the load at the usual depth in typical sandy clay and typical gravelly sand. For practice, diagrams show that the largest dimension of the foot requires approach DA3.1, which was recently prescribed by the national annex SRPS EN 1997-1 / NA: 2020. According to the until recently current yugoslav Rulebook (1990), the base areas of such foundations would be 10-20% higher for average safety factors.

KEY WORDS: EN 1997-1, SRPS EN 1997-1/NA:2020, DA, shallow foundations, ULS

УВОД

Ступањем на снагу националног *Правилника за грађевинске конструкције* (2019) престала је важност деценијама примењиваног *Правилника о техничким нормативима за темељење грађевинских објеката* (1990) а геотехнички елаборати и геотехнички делови пројекта конструкције раде се у складу са европским стандардима EC7 и EC8, применом недавно објављених стандарда за геотехничко пројектовање *SRPS EN 1997-1:2017* (Еврокод 7 - Геотехничко пројектовање - Део 1: Општа правила) и *SRPS EN 1997-1/NA:2020* (Еврокод 7 - Геотехничко пројектовање - Део 1: Општа правила - Национални прилог).

Према њима, плитки темељи димензионишу се за *гранично стање носивости* (ULS), на основу *носивог отпора* тла који се одређује *аналитички*, *полумемпиријски* или *искуствено*, и за *гранично стање употребљивости* (SLS), на основу *деформација* темељног тла које се одређују *директно* (прорачунима слегања) или се процењују *индиректно* (као довољно мале ако је и мобилизација носивости довољно мала, искуствено при 'глобалном' фактору сигурности у погледу лома тла већим од 2,5-3).

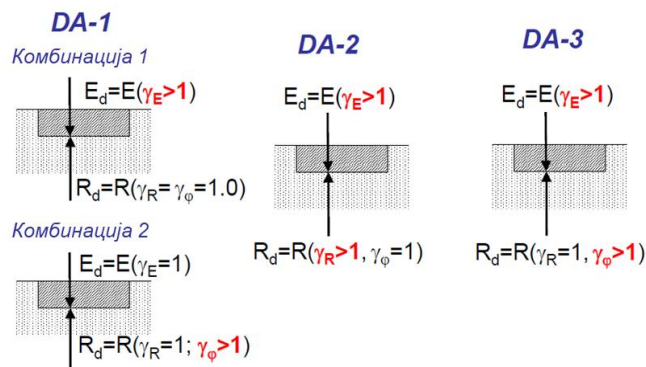
Будући да се у геотехничкој пракси најчешће примењују аналитички методи димензионисања темеља у погледу лома тла (уз проверу слегања), искуства са старим правилником и адаптирање на примену новог упућују на поређење њихових решења, израду и примену нових софтвера и могућност рационалнијег димензионисања темеља за жељени фактор сигурности (степен искоришћења носивости, као осталих елемената конструкције) уместо уобичајене потврде идејног решењг конструкције.

Уз сажети приказ EC7 аналитичких пројектних приступа (DA), за практичне потребе у раду је извршено њихово поређење преко потребних ULS димензија квадратне стопе у зависности од оптерећења темеља самаца на уобичајеној дубини у типичној песковитој глини и типичном шљунковитом песку. Са приказаних дијаграма види се да највеће димензије у свим случајевима за једнаке остале услове налаже приступ 3.1 и да би те димензије према до скоро актуелном Правилнику (1990) за просечне факторе сигурности биле веће за 10-20%, како следи.

АНАЛИТИЧКИ МЕТОД ЗА ДИМЕНИОНИСАЊЕ ПЛИТКИХ ТЕМЕЉА

Према преузетом EC7 стандарду *SRPS EN 1997-1:2017* аналитичко димензионисање плитких темеља врши се за гранично стање ULS STR/GEO, пројектним приступима DA 1, 2 или 3 – применом парцијалних фактора (коефицијената) за дејства, утицаје тих дејстава, параметре тла и отпоре тла, којима се карактеристична (рачунска) ексцентрична резултанта (V_k) оптерећења тла увећава на њену *пројектну вредност* (V_d) а карактеристични (меродавни) параметри чврстоће и отпори тла се смањују на њихове пројектне вредности па се за њих и дату геометрију темеља срачунава *пројектни отпор* темељног тла (R_{vd}) који би требало да буде већи од пројектног оптерећења (V_d) а стабилност темељног тла оцењује се кроз степен *степен искоришћења носивости* (degree of utilization) $DU = V_d/R_{vd} \leq 1$.

Формалне разлике пројектних приступа DA 1-3 приказане су на Слици 1 а парцијални фактори за по три варијанте сваког приступа (које се могу применити зависно од услова темељења, у раду означене са 1.1-3.3) дати су у Табели 1, према водичима за пројектовање по EN 1997-1 EC7 (Frank et al.,2004, ***,2006, Bond et al.,2013 и др.), са примерима којима је тестиран ауторов софтвер *GeoData2* за ову намену.



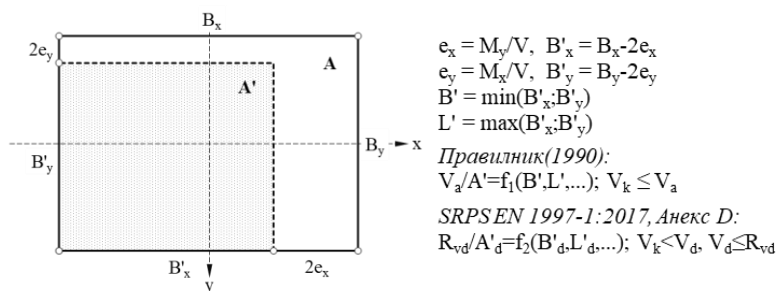
Слика 1. Пројектни приступи EC 7-1

Figure 1. Design approaches EC 7-1

Табела 1. Парцијални фактори за пројектне приступе EC 7-1 DA 1.1-3.3

Table 1. Partial factors for EC 7-1 design approaches DA 1.1-3.3

Пројектни приступ	DA 1			DA 2		DA 2*	DA 3 (SRPS/NA)		
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
Комбинација	Комб.1		Комб.2	Прорачун 1		Прор.2	Комб.1		Комб.2
Парцијални фактори	A1,M1,R1		A2,M2,R1	A1,M1,R2		A1,M1,R2	A1,M2,R3		A2,M2,R3
Повољан утицај дејства	He	Da/He	He	He	Da/He	Da(He)	He	Da/He	Da/He
За дејства (A)	γ_G	1,35	1	1,35	1	1 (1,35)	1,35	1	1
	γ_Q	1,5	1,5	1,5	1,5	1 (1,5)	1,5	1,5	1,3
За параметре	γ_ϕ	1	1	1,25	1	1	1,25	1,25	1,25
тла (M)	γ_c	1	1	1,25	1	1	1,25	1,25	1,25
	γ_{gamma}	1	1	1	1	1	1	1	1
За отпоре (R)	γ_{Rv}	1	1	1,4	1,4	1,4	1	1	1
	γ_{Rh}	1	1	1,1	1,1	1,1	1	1	1



Слика 2. Ефективна геометрија темељне стопе

Figure 2. Effective foundation base geometry

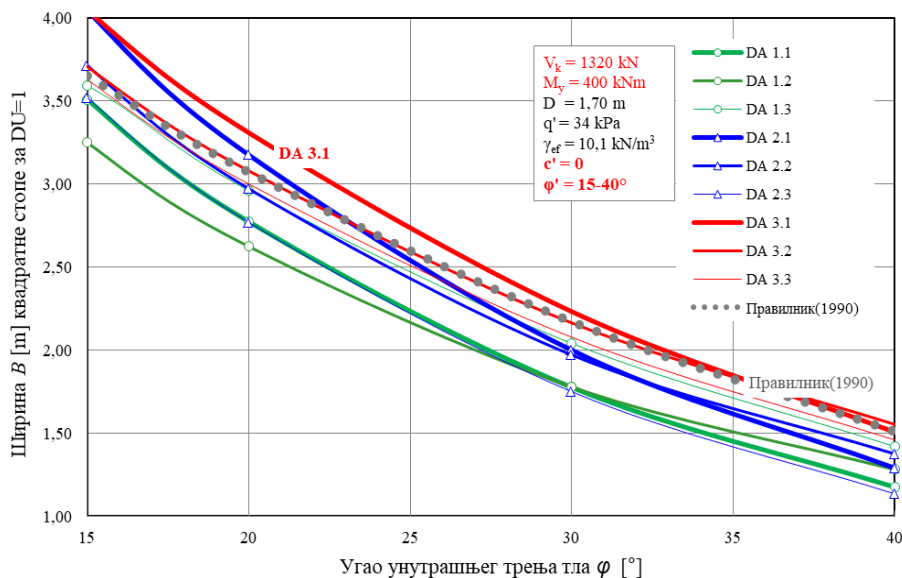
Из израза сличног као према старом Правилнику (1990), гранични пројектни отпор (R_{vd}/A'_d) према EC/7 и SRPS EN 1997-1:2017 рачуна се за ексцентрицитете увећане на $e_d = e(\gamma_Q/\gamma_G)$ и пројектне ефективне димензије стопе (B'_d, L'_d) (Слика 2).

Према недавно објављеном националном анексу SRPS EN 1997-1/NA:2020, тачка 2.12, "за прорачун плитких темеља и косина употребљава се пројектни приступ 3" са парцијалним коефицијентима према информативном Прилогу А, Табеле А.3-А.5, у сагласности са варијантама за DA 3 према Табели 1.

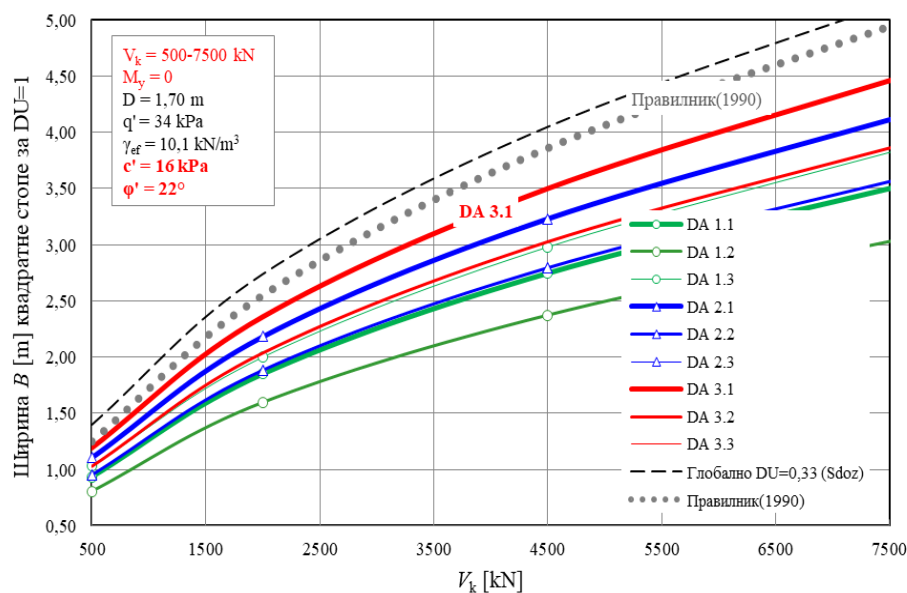
За потребе процена у пројектантској пракси, у наредном поглављу је (пре свега) извршено поређење свих 9 варијанти преко потребних димензија квадратне стопе за степен искоришћења $DU=1$, у зависности од оптерећења на уобичајеној дубини у типичној глини песковитој и типичном песку шљунковитом, као и димензија по новопрписаном приступу DA 3 и Правилнику (1990) са којим пројектанти имају дугогодишње искуство.

УПОРЕЂЕЊЕ ПРОЈЕКТНИХ ПРИСТУПА 1-3 И ПРАВИЛНИКА(1990)

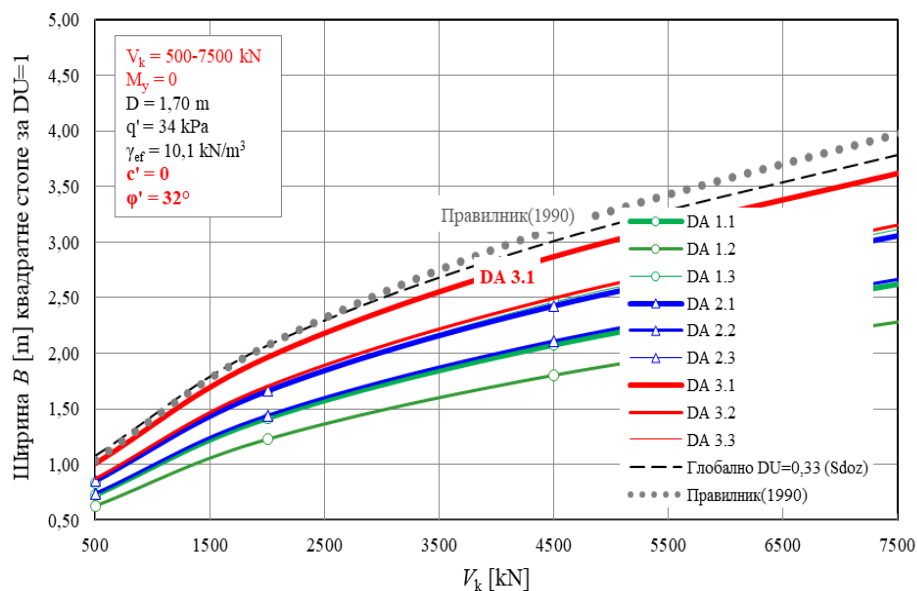
За практичне потребе, упоређење се може извршити преко дијаграма потребних димензија квадратне стопе при граничном стању ULS ($DU=1$) у типичним *дренираним* условима – у зависности од ефективног угла унутрашњег трења темељног тла (Слика 3) и од центричног оптерећења типичне *глине песковите* (Слика 4) и типичног *песка шљунковитог* (Слика 5).



Слика 3. Утицај ϕ ($c=0$) на димензије квадратне стопе за $DU=1$ према DA 1.1-3.3
Figure 3. Influence of ϕ ($c = 0$) on base dimensions for $DU = 1$ according to DA 1.1-3.3



Слика 4. Димензије квадратне стопе за $DU=1$ према DA 1.1-3.3 на глини песковитој
Figure 4. Dimensions of the square foot for $DU = 1$ according to DA 1.1-3.3 on sandy clay



Слика 5. Димензије квадратне стопе за $DU=1$ према DA 1.1-3.3 на песку шљунковитом
Figure 5. Dimensions of the square foot for $DU = 1$ according to DA 1.1-3.3 on gravelly sand

Како се може видети (Слике 3-5), за једнаке остале услове у свим разматраним случајевима *највеће димензије стопе налаже приступ DA 3.1* (што се могло и очекивати на основу највеће вредности производа његових парцијалних фактора, који представљају факторе сигурности), прописан у SRPS EN 1997-1/NA:2020 тачка 2.12.

Испрекиданом линијом на дијаграмима (Слике 4 и 5) приказане су и димензије стопа потребне за остварење *довољно малог слегања* (s_{doz}) – које се на основу искустава са класичним пројектовањем на глини и средње до добро збијеном песку остварује ако је мобилизација носивости ограничена глобалним фактором сигурности већим од 2,5-3 (индиректни SLS метод, Frank et al., 2004) – срачунате за ULS 'глобални' фактор сигурности 3 тј. степен искоришћења $DU = 1/3 = 0,33$ за парцијалне факторе једнаке 1, за глину су блиске димензијама према Правилнику (1990) а за песак и према DA 3.1.

На основу извршене детаљније анализе разлика димензија стопе према DA 3.1 и Правилнику (1990) за центрично оптерећење 500-8000 kN на глини песковитој (Слика 4) и песку шљунковитом (Слика 5), уочава се да је за квадратне стопе ширина 1-5 m дозвољени контактни притисак (q_a) за средње вредности фактора сигурности према Правилнику (1990) практично константан а да за DA 3.1 расте и већи је за 10-20% од q_a – па су и *површине стопа са q_a према Правилнику (1990) за 10-20% веће од потребних ULS површина стопа према DA 3.1.*

ЗАКЉУЧАК

На основу приказаних резултата и осталих сазнања у вези EC7 пројектних приступа за димензионисање плитких темеља може се закључити, пре свега:

- (a) димензионисање стопа EC7 пројектним приступима, усаглашено са приступима за димензионисање конструкција, већим бројем парцијалних фактора омогућава реалније увођење рачунских утицаја него према Правилнику (1990);
- (b) пројектни приступ DA 3, Правилником за грађевинске конструкције (2019) и стандардом SRPS EN 1997-1/NA:2020 прописан за плитке темеље, за једнаке остале услове налаже највеће димензије темеља, у корист сигурности објеката;
- (c) за услове и темеље анализиране у овом раду, који би се могли сматрати и довољно општим, површине стопа при дозвољеном оптерећењу у погледу лома тла за средње факторе сигурности према Правилнику (1990) су за 10-20% веће од површина потребних за ULS ($DU=1$) према DA 3.1.

ЛИТЕРАТУРА

- ***(2006): *A Designers' Simple Guide to BS EN 1997*, Department for Communities and Local Government: London, Crown Copyright, London.
- Bond, A.J. et al.(2013): *Eurocode 7: Geotechnical Design - Worked examples*, Worked examples presented at the Workshop "Eurocode 7: Geotechnical Design", Dublin, 13-14 June, 2013, Publications Office of the European Union.
- Frank, R. et al.(2004): *Designers' guide to EN 1997-1: Eurocode 7: Geotechnical design - General rules*, Thomas Telford, London.
- SRPS EN 1997-1:2017 и EN 1997-1/NA:2020, Институт за стандардизацију Србије, Београд.