

doi: 10.67563/ASESCONF2026056T

Vladimir Trajković¹, Luka Kilibarda², Aleksandra Kilibarda², Ivana Leposavić²

STRUCTURAL DESIGN FOR OBJECTS OF EDUCATIONAL CAMPUS – SCHOOL & KINDERGARTEN, BW PLOT 11B

Summary: Designing the facilities of the Elementary School and Combined Children's Institution – Kindergarten within the construction plot 11b, intended for the Campus of Educational Institutions in the area along the banks of the Sava River for the "Belgrade Waterfront" project. Elementary school facility has B+Gf+2, GFA of 5.660m², height of 15.3 m. Kindergarten is a single-story facility, GFA of 945m², height of 6.5m. Both facilities were designed as classic reinforced-concrete structures, except for the parts (roof of the gymnasium, roof over the central hall, pergolas and mask around the facilities) which were designed as steel structures.

Keywords: structural design project, reinforced concrete structure, steel structure

PROJEKAT KONSTRUKCIJE OBJEKATA KAMPUSA OBRAZOVNIH USTANOVA – ŠKOLA I VRTIĆ, BW PLOT 11B

Rezime: Projektovanje objekata osnovne škole i depadansa predškolske ustanove - vrtića u okviru građevinske parcele 11b, predviđene za Kampus obrazovnih ustanova na području priobalja reke Save za projekat „Beograd na Vodi“. Objekat osnovne škole je spratnosti Po+Pr+2, bruto građevinske površine 5.660m², visine 15.3m. Objekat vrtića je prizemni, bruto građevinske površine 945m², visine 6.5m. Oba objekta su projektovana kao klasične armiranobetonske konstrukcije izuzev delova (krov fiskulturne sale, krov iznad centralnog hola, pergole i maske oko objekata) koji su projektovani kao čelične konstrukcije.

Ključne reči: projekat konstrukcije, armiranobetonska konstrukcija, čelična konstrukcija

¹ Mašinoprojekt Koprining a.d., Beograd, Srbija, vladimir.trajkovic@masinoprojekt.co.rs

² Mašinoprojekt Koprining a.d., Beograd, Srbija

1. UVOD

Prema projektnom zadatku i planskom osnovu izrađeno je rešenje depadansa predškolske ustanove i osnovne škole u okviru građevinske parcele 11b, predviđene za Kampus obrazovnih ustanova (područje priobalja reke Save za projekat “Beograd na Vodi”).

Kampus obrazovnih ustanova (osnovna škola i depadans predškolske ustanove – vrtić) su objekti javne namene, u javnoj svojini i od posebnog značaja za Republiku Srbiju.

Prilikom projektovanja na površini građevinske parcele 11b, definisane su dve zasebne celine sa svim potrebnim sadržajima za pojedinačne objekte.



Slika 1: Trodimenzionalni render kampusa i pripadajućeg okruženja

Pri postavljanju se vodilo računa o okolnim faktorima, te su stoga nastavne prostorije povučene od Savske ulice i budućeg objekta kulturnog centra kako bi se omogućio zaštićeni prostor unutar bloka za sve potrebne sadržaje na otvorenom. Sa druge strane, nastavne prostorije su tako orijentisane da je samim pristupnim hodnicima i pozicijom ostvarena izolovanost od buke sa okolnih saobraćajnica.

Predviđena materijalizacija eksterijera, enterijera, kao i pejzažne arhitekture, sportskih terena i igrališta je prilagođena nameni objekta sa prepoznatljivim izrazom za školu i vrtić kako bi se dobio ambijent pogodan za učenje i razvoj dece.

Školsko dvorište ima jasno definisane zone: deo koji pripada školi, deo rezervisan za decu u vrtiću, deo za otvorene sportske terene, kao i deo za posebne namene.

Investitor projekta je Republika Srbija.

Projektnu dokumentaciju je uradila firma Mašinoprojekt Koprivica a.d.

Autor projekta je Cook-Haffner Architecture Platform (CHAP), projektant arhitekture Petar Stelkić d.i.a.

Odgovorni projektant arhitekture je Bratislav Milojević d.i.a., a projektanti Relja Sretenović d.i.a., Milenko Obradović m.i.a.

Odgovorni projektant konstrukcije je Vladimir Trajković d.g.i., a projektanti Luka Kilibarda m.i.g., Aleksandra Kilibarda m.i.g., Ivana Laposavić d.g.i., Ivana Veljić d.i.a., Bojan Šakotić m.i.g. Snežana Paunović d.i.geol.

Objekat je izvela kompanija ZIDAR d.o.o. sa kooperantima.

2. OPIS OBJEKATA I USVOJENA KONSTRUKCIJSKA REŠENJA

2.1. OBJEKAT OSNOVNE ŠKOLE

Arhitektonskim rešenjem, škola je funkcionalno podeljena na sledeće celine:

- školski prostor – nastavne i zajedničke prostorije,
- sala za fizičko i zdravstveno vaspitanje sa pratećim sadržajima,
- grupa zajedničkih prostorija, grupa prostorija za zaposlene i grupa pomoćnih prostorija,
- komunikacije.



Slika 2: Trodimenzionalni render objekta osnovne škole

Iz uslova zadovoljenja arhitektonskog rešenja, sa prethodno navedenim funkcionalnim celinama, dobijen je složen objekat u građevinskom smislu, sa asimetričnim rasporedom delova konstrukcije, kako u osnovi, tako i po visini.

Konstrukcija objekta (spratnosti Po+Pr+2) je najvećim delom monolitna, armiranobetonska, a manjim delom čelična konstrukcija.

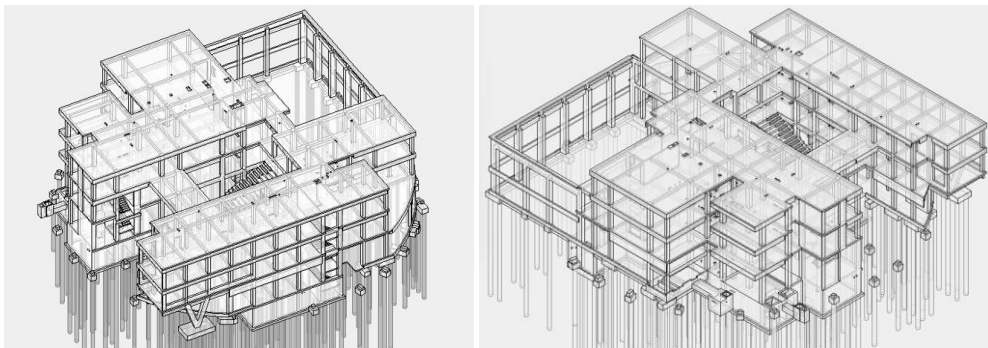
Postavka konstrukcije je urađena na način da konstrukcija bude jedinstvena celina (bez dilatacionih razdelnica), a da se istovremeno rasporedom elemenata konstrukcije obezbedi što pravilnije ponašanje za dejstvo seizmike.

Armiranobetonsku konstrukciju čine fasadni i unutrašnji ramovi (stubovi i grede) i AB zidovi koji sa AB tavanicama čine sistem sposoban da prenese kako gravitaciona tako i horizontalna opterećenja od vetra i seizmike. Dimenzije elemenata ramova su uslovljene rasponima i opterećenjima (gravitacionim i seizmičkim). AB zidovi su projektovani kao samostalni elementi – dijafragme i kao integralni delovi liftovskih okna i stepenišnih jezgara.

Podzemni deo objekta se nalazi ispod ulaznog dela škole i zauzima približno polovinu osnove objekta i u funkciji je tehničkih prostorija.

Zbog kompleksnosti geometrije objekta (razuđenosti osnove, asimetrije), značaja objekta i lokacije na kojoj će se objekat graditi (savski nasip – neposredna blizina reke Save) usvojeno je fundiranje objekta na šipovima.

Čeličnu konstrukciju čine krov sale za fizičko, krov nad centralnim delom (ulaznim holom) škole i obodna konstrukcija za nošenje maske (prstena) i pergola.



Slika 3: Izometrija armiranobetonske konstrukcije objekta osnovne škole



(a)



(b)

Slika 4: Armiranobetonska (a) i obodna čelična konstrukcija (b) objekta osnovne škole u fazi izvođenja

2.2. OBJEKAT DEPADANSA PREDŠKOLSKE USTANOVE – VRTIĆA

Arhitektonskim rešenjem, vrtić je funkcionalno podeljen na sledeće celine:

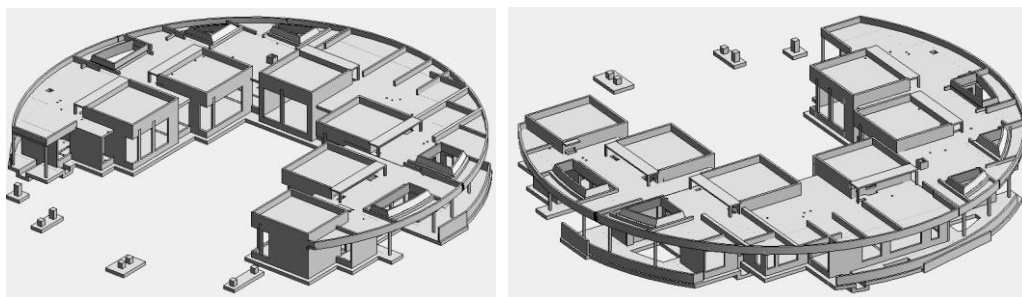
- sobe za decu, prostorije za izolaciju, prostorije za vaspitače,
- višenamenski prostor, pomoćne prostorije, sanitarne prostorije,
- distributivna kuhinja.

Iz uslova zadovoljenja arhitektonskog rešenja, sa prethodno navedenim funkcionalnim celinama, dobijen je složen objekat u građevinskom smislu.



Slika 5: Trodimenzionalni render objekta vrtića

Konstrukcija objekta je skeletna, armiranobetonska, monolitna. Čine je zidovi i ramovi u fasadama međusobno spojeni armiranobetonskim tavanicama. Dimenzije konstrukcijskih elemenata su uslovljene rasponima i opterećenjima. Armiranobetonske tavanice povezuju fasadne i unutrašnje ramove čineći tako sistem sposoban da prenese, kako gravitaciona, tako i horizontalna opterećenja od vetra i seizmike.



Slika 6: Izometrija armiranobetonske konstrukcije objekta vrtića

Kako je objekat vrtića prizemni (bez podrumskog dela) i značajno manje visine u odnosu na objekat škole, usvojen je sistem fundiranja na temeljnoj ploči uz prethodnu pripremu podtla. Iako je konstrukcija vrtića podeljena na tri dilatacione celine, fundiranje je predviđeno na temeljnoj ploči debljine 40 cm.



Slika 7: Armiranobetonska i čelična konstrukcija objekta vrtića u fazi izvođenja

3. ČELIČNA KONSTRUKCIJA

U cilju realizacije složene forme objekata i u cilju savladavanja velikih raspona, određeni delovi konstrukcije su projektovani kao čelične konstrukcije.

U objektu škole se kao specifični delovi u konstrukcijskom smislu ističu krovne konstrukcije fiskulturne sale i ulaznog hola koje pored primarne uloge imaju i ulogu ekstenzivnih zelenih krovova i lanterni. Pored navedenih, po obodu objekta predviđena je konstrukcija za nošenje maske i pergola.

Krovna konstrukcija fiskulturne sale sastoji se iz glavnih rešetkastih nosača, rožnjača i krovnih spregova. Čelične krovne rešetke su statičkog sistema proste grede i premošćavaju raspon od 16m. Oslanjaju se na AB stubove i imaju statičku visinu cca 1.2 m. Predviđeni su na razmacima koji odgovaraju rasteru stubova od 4.6 m i projektovani su od kutijastih profila.



Slika 8: Montaža čelične konstrukcije krova fiskulturne sale

Krovna konstrukcija ulaznog hola sastoji se iz glavnih rešetkastih nosača i rožnjača. Dve čelične krovne rešetke oslanjaju se na AB stubove, dok se jedna oslanja na AB gredu. Rešetke premošćavaju raspon od 14 m, statičkog sistema proste grede i imaju statičku visinu 0.95 m.



Slika 9: Montaža čelične krovne konstrukcije ulaznog hola

Konstrukcija za nošenje maske i pergola oko objekta škole sastoji se iz glavnih rešetkastih nosača i rožnjača. Dve čelične krovne rešetke oslanjaju se na AB stubove, dok se jedna oslanja na AB gredu. Rešetke premošćavaju raspon od 14 m, statičkog sistema proste grede i imaju statičku visinu 0.95 m.



Slika 10: Konstrukcija za nošenje maske i pergola u fazi izvođenja

Na objektu vrtića se kao specifičan deo u konstrukcijskom smislu ističe konstrukcija za nošenje pergola. Svojim oblikom i izborom profila, prilagođena je arhitektonskim zahtevima da se zajedno sa armiranobetonskom konstrukcijom formira kružni oblik objekta u osnovi.

Stubovi spoljne maske projektovani su od profila kružnog poprečnog preseka. Postavljeni su po luku oko objekta vrtića i međusobno su povezani rešetkastim nosačima, koja ujedno predstavlja i potkonstrukciju maske. Stubovi unutrašnjeg prstena su takođe projektovani od profila kružnog poprečnog preseka, koji su postavljeni po odgovarajućem luku i međusobno su povezani riglom. Ove dve celine međusobno su povezane poprečnim nosačima.



Slika 11 –Konstrukcija za nošenje pergola u fazi izvođenja

4. FUNDIRANJE OBJEKATA

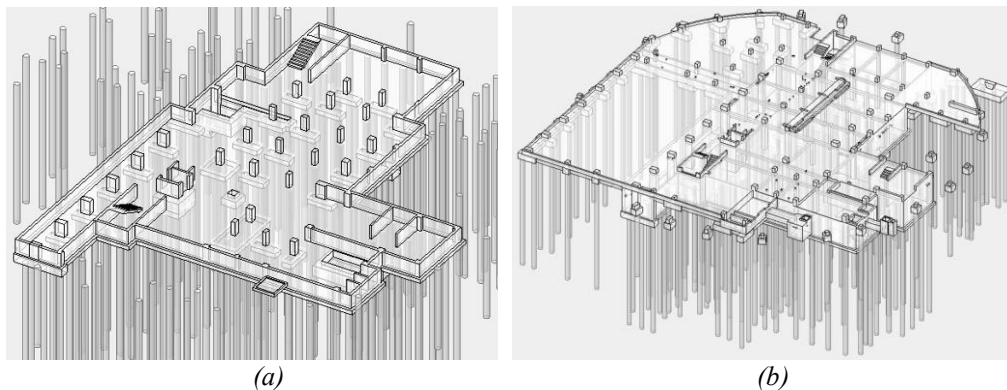
Na osnovu rezultata dobijenih geotehničkim ispitivanjima terena formiran je geotehnički elaborat. Imajući u vidu sastav terena po dubini, odnosno rasprostiranje stišljivih slojeva sedimenata povodnja, vrstu i namenu planiranih objekata, za objekat škole je usvojeno fundiranje na šipovima, a za objekat vrtića fundiranje na temeljnoj ploči.

Objekat škole je fundiran na bušenim CFA šipovima prečnika 60 cm, dužina 8–23 m, u zavisnosti od nivoa od koga kreću i uloge koju imaju u konstrukciji.

Iznad šipova su formirane naglavice i naglavne grede debljine $d = 90$ cm sa dva ili više šipova.

Na delu konstrukcije gde nema vertikalnih konstrukcijskih elemenata usvojena je temeljna ploča debljine $d = 40$ cm koja povezuje naglavice i šipove.

Za šipove koji su projektovani da kreću sa nivoa prizemlja, usvojen je prečnik $D = 60$ cm i dužina $L = 17$ m. Za šipove koji su projektovani da kreću iz podzemnog dela konstrukcije (nivoa -1), usvojen je prečnik $D = 60$ cm i dužina $L = 23$ m.



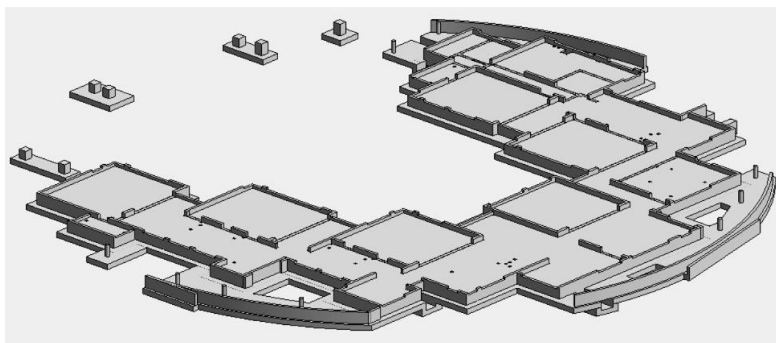
Slika 12: Dispozicija temeljne konstrukcije: Nivo -1 (a) i Nivo Pr (b)

Objekat vrtića je radi postizanja identičnih uslova fundiranja na celoj površini objekta, a imajući u vidu dimenzije temelja i kontaktno opterećenje, fundiran na temeljnoj ploči $d = 40$ cm na prethodno urađenom sloju nasipa.

Pre formiranja nasipa urađeno je zbijanje podtla do postizanja modula stišljivosti $M_s = 15$ MPa.

Izveden je tamponski sloj od drobljenog kamenog agregata ukupne minimalne debljine $d = 50$ cm u 2 sloja.

Prvi sloj tampona u debljini od 25 cm (u zbijenom stanju) od frakcije 0/63 mm zbijen je do postizanja $M_s = 30$ MPa. Završni sloj tampona izveden je u debljini od 25 cm (u zbijenom stanju) od frakcije 0/63 mm do posizanja $M_s = 40$ MPa.



Slika 13: Dispozicija temeljne konstrukcije objekta vrtića

5. SPECIFIČNI DELOVI KONSTRUKCIJE

Projektovanje savremenih konstrukcija, koje u prvi plan ističu vizuelni efekat objekta, od projektanta konstrukcije zahteva dodatni napor kako bi se takvi objekti realizovali. Jedan od primera je i ovaj projekat gde je u određenim delovima konstrukcije bilo neophodno primeniti rešenja koja nisu često prisutna u projektantskoj praksi. U nastavku će biti prikazano nekoliko detalja na objektima, koja su po pitanju postavke i rešenja konstrukcije specifična.

5.1. KONZOLNI DEO OBJEKTA ŠKOLE SA V-STUBOM

Arhitektonskim rešenjem je na jednom delu objekta škole predviđen konzolni deo koji kreće sa nivoa 1.sp i koji se po visini proteže kroz dva sprata. Konzolni deo je raspona 4m i formiran je preko stuba V-oblika koji kreće sa nivoa prizemlja i čiji se kraci završavaju na nivou 1.sprata. Suprotni kraj ovog dela objekta ima znatno manji konzolni deo od 2.7m, koga nose grede koje izlaze iz AB zida, koji je skriven u fasadi (slika 14 (a)).

U vezi sa ovakvim arhitektonskim zahtevom, u konstrukcijskom smislu je formiran ram koga čine V-stub sa kracima dimenzija 60/80cm i transfer greda dimenzija 30(60)/180cm, koja je projektovana preko V-stuba. Ova greda pored uloge da poveže krajeve dva kraka V-stuba na nivou 1.sp (iz kojih se takođe nastavljaju dva vertikalna stuba rama), ima ulogu i u oslanjanju stuba koji kreće sa kraja konzole i proteže se do vrha objekta.



(a)



(b)



(c)



(d)

Slika 14: Konzolni deo objekta škole sa V-stubom – faza izvođenja (a–c) i izveden objekat (d)

5.2. KONZOLNI PREPUSTI I LANTERNE U KROVNOJ PLOČI OBJEKTA VRTIĆA

Krovnna ploča objekta vrtića je u arhitektonskom smislu zamišljena tako da obezbedi kružni oblik objekta, gledano u osnovi. S obzirom na poligonalni oblik delova objekta vrtića i globalni kružni oblik objekta, po obodu su, u krovnoj ploči, formirani konzolni prepusti od 4m. Dodatnu specifičnost, a po pitanju konstrukcije dodatni izazov (pored rešavanja konzole od 4m), čine lanterne koje su formirane na konzolnim delovima krovne ploče, u cilju dodatnog prirodnog osvetljenja ili zbog prolaska drveća.

Ovakvi arhitektonski zahtevi, u konstrukcijskom smislu su mahom rešeni formiranjem sistema greda orijentisanih na gore. Oslanjanje ovakvog sistema greda je, u zavisnosti od mesta na konstrukciji, rešavano na više načina i to: prostiranje greda preko unutrašnjih zidova za koje su grede uklještene, sistem usidrenja u AB zidove koji idu iznad nivoa ravnog krova i klasičan način oslanjanja na “uvučene” stubove (koji nisu upadljivi u konačnoj materijalizaciji objekta) u odnosu na krajeve konzolnih delova ploče.



(a)



(b)



(c)

Slika 15: Konzolni prepusti i lanterne u krovnoj ploči objekta vrtića – faza izvođenja (a, b) i izveden objekat (c)

REFERENCE

- [1] SRPS EN 1990 Evrokod - Osnove projektovanja konstrukcija;
- [2] SRPS EN 1992-1-1 Evrokod 2 - Projektovanje betonskih konstrukcija - Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade;
- [3] SRPS EN 1993-1-1 Evrokod 3 - Projektovanje čeličnih konstrukcija – Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade;
- [4] SRPS EN 1998-1 Evrokod 8 - Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija - Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade