

**PROCENA STANJA I SANACIJA AB KONSTRUKCIJE SPORTSKOG CENTRA
"SAJMIŠTE" U NOVOM SADU****THE ASSESSMENT AND REPAIR OF RC STRUCTURE OF SPORTS CENTER
"SAJMIŠTE" IN NOVI SAD**Vladan Pantić, Slobodan Šupić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad se sastoji iz teorijskog i praktičnog dela. U teorijskom delu je opisano određivanje optimalne debljine zaštitnog sloja betona u cilju obezbeđenja zahtevane trajnosti AB konstrukcija. U praktičnom delu je urađena procena stanja AB konstrukcije sportskog centra "Sajmište". Kako bi se utvrdio stepen oštećenja i dao predlog sanacionih radova, sproveden je detaljan vizuelni pregled svih dostupnih elemenata konstrukcije. Na osnovu analize registrovanih defekata i oštećenja, rezultata terenskih ispitivanja, kontrolnog proračuna sa opterećenjima koja odgovaraju novoj funkciji objekta i arhitektonskom rešenju, dat je predlog sanacionih mera u cilju obezbeđenja nosivosti i trajnosti novoprogjektovane AB konstrukcije.

Ključne reči: procena stanja, defekti, oštećenja, sanacija, zaštitni sloj betona

Abstract – The paper consists of a theoretical and a practical part. The theoretical part describes the determination of the optimal thickness of the concrete protective cover in order to ensure the required durability of RC structures. In the practical part, an assessment of the RC structure of the sports center "Sajmište" was carried out. In order to determine the degree of damage and propose repair measures, a detailed visual inspection of all available structural elements was conducted. Based on the analysis of registered defects and damages, results of in situ tests, control calculation that corresponds to the new function of the building and the architectural solution, a proposal for repair measures was provided in order to ensure the load-bearing capacity and durability of the newly designed RC structure.

Keywords: assessment, defects, damages, repair, concrete cover

**1. ODREĐIVANJE OPTIMALNE DEBLJINE
ZAŠTITNOG SLOJA BETONA****1.1 Osnovna uloga zaštitnog sloja betona**

Pravilno projektovan i izveden zaštitni sloj betona ima ulogu da: zaštiti armaturu od korozije i štetnih uticaja iz okoline, izoluje čelik od ekstremne toplote kao što je požar, obezbedi adekvatno prijanjanje armature za beton i obezbedi trajnost konstrukcije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Slobodan Šupić, docent.

Zaštitni sloj betona je ključan kako bi se armaturni čelik zaštitio od korozije nastale uticajima iz spoljašnje sredine. Kada čelična armatura nije pravilno postavljena ili zaštićena od okoline, ona će početi da korodira usled oksidacije. Kao posledica dejstva korozije dolazi do bubrenja čelika, pojave unutrašnjeg naprezanja na zatezanje, koje, ako prekorači čvrstoću betona na zatezanje, dovodi do pojave pukotina i ljuštenja u zaštitnom sloju - Slika 1.



Slika 1 - Otpadanje zaštitnog sloja betona usled korozije

Modul elastičnosti čelika značajno opada sa povećanjem temperature, što može dovesti do velikih deformacija i sloma konstrukcije. Stoga je debljina zaštitnog sloja betona od suštinskog značaja za održavanje armaturnog čelika hladnijim od spoljašnjih delova elementa u uslovima visokih temperatura (požar).

S druge strane, prevelika debljina zaštitnog sloja betona dovodi do povećanja širine pukotina. Velike širine pukotina (veće od 0,3 mm) izazivaju povećan prodor vlage i štetnih uticaja iz spoljašnje sredine. To dovodi do ubrzane korozije armature i time utiče na smanjenje trajnosti betona. Zaključak je da debljinu zaštitnog sloja betona treba postaviti na minimalnu (nominalnu) vrednost koja je propisana Pravilnikom EN 1992-1-1.

2 PROCENA STANJA OBJEKTA**2.1 Opis konstrukcije**

Objekat se nalazi u Novom Sadu, u ulici Novosadskog Sajma 37 - Slika 2. Izgrađen je kao prizemna zgrada i sastoji se iz dve celine: disko klub i sanitarne i tehničke prostorije. Objekat je pravougaone osnove, dimenzija u osnovi 11,05x17,5m (disko klub) i 10,8x12,0m (sanitarne i tehničke prostorije). Svetla visina veće celine objekta (disko klub) je 3,76m, a manje celine 2,85m.

Dominantan konstruktivni sistem objekta je skeletni, sa nosećim AB stubovima i AB gredama. Jedino u dograđenom delu objekta, konstruktivni sistem je

mešoviti sa AB stubovima i zidanim fasadnim zidovima. AB međuspratna (krovnna) ploča je debljine 10cm. Objekat je fundiran na plitkim temeljima.



Slika 2 – Postojeće stanje objekta

2.2 Procena stanja – vizuelni pregled objekta

Detaljnim vizuelnim pregledom obuhvaćeni su svi dostupni elementi AB konstrukcije objekta.

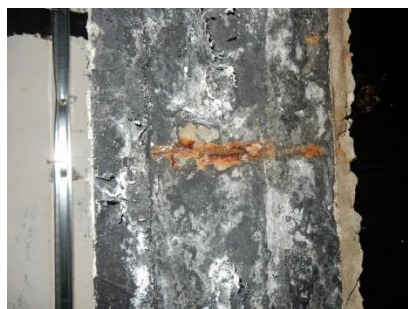
Vizuelnim pregledom detektovan je veliki broj defekata koji potiču iz perioda građenja objekta (mala debljina zaštitnog sloja betona, linijska segregacija na mjestima spojeva oplata, betonska gnijezda, geometriske imperfekcije, nepravilno izvedeni prekidi betoniranja i rupičasta površina usled zarobljenih mehurića vazduha u oplati) i oštećenja koja su se razvila usled višegodišnje izloženosti objekta atmosferilijama i usled nabrojanih defekata (korozija armature, mehanička oštećenja rastvaranje i ispiranje $\text{Ca}(\text{OH})_2$, prsline i biološka korozija). Na narednim slikama su ilustrovani ovi defekti i oštećenja.



Slika 3 – Površinska korozija poprečne armature uz otpadanje zaštitnog sloja betona



Slika 4 – Lokalno mehaničko oštećenje maltera i betona duž ivice unutrašnjeg stuba



Slika 5 – Lokalno jaka korozija poprečne armature na AB gredi



Slika 6 – Poprečna i kose pukotine u ploči sa tragovima procurivanja, bele mrlje od naslaga CaCO_3 , mestimično vidljiva korodirala armatura

2.3 Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi obuhvatili su: naknadno određivanje čvrstoće betona pri pritisku na izvađenim betonskim jezgrima, proveru stanja zaštitnog sloja betona, merenjem dubine karbonatizacije, utvrđivanje dimenzija i oblika temelja i određivanje slojeva ravnog krova.

Radi utvrđivanja čvrstoće pri pritisku betona ugrađenog u osnovne elemente noseće konstrukcije, izvađeno je 9 betonskih jezgara, po 3 jezgra iz ploče iznad prizemlja (P1, P2, P3), stubova prizemlja (S1, S2, S3) i temelja samca (T1, T2, T3) - Slika 7.



Slika 7 – Betonski cilindri pripremljeni za ispitivanje čvrstoće pri pritisku

Na osnovu dobijenih rezultata, sračunati su osnovni statistički parametri za čvrstoće betona pri pritisku za tri partije betona:

- Partija betona 1 (S1, S2, S3): Beton ispunjava uslove za **MB 35**,
- Partija betona 2 (uzorci P1, P2, P3): Beton ispunjava uslove za **MB 30**,
- Partija betona 3 (T1, T2, T3): Beton ispunjava uslove za **MB 60**.

Za određivanje stanja zaštitnog sloja betona sa aspekta zaštite armature od korozije, odabrana je kolorimetrijska metoda pomoću fenol-ftaleina. Na osnovu prikazanih rezultata merenja dubine karbonatizovanog sloja AB elemenata, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Ni na jednom od ispitanih AB elemenata karbonatizacija betona nije registrovana i može se zaključiti da je očuvana zaštita armature od korozije.

3 KONTROLNI PRORAČUN

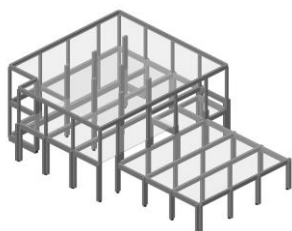
Postojeća konstrukcija između osa A i E se nadograđuje, dok se na preostalom delu, u konstruktivnom smislu, ništa ne menja. Zid u osi A je zajednički sa susednim objektom, a kako je planirana nadogradnja, zbog nemogućnosti radova na pojačanju postojeće temeljne konstrukcije, predviđeno je izvođenje novog nosećeg zida koji će prihvatiti deo opterećenja sa nove međuspratne ploče i nove krovne ploče. Novi zid se izvodi od opeke standardnog formata, sa horizontalnim i vertikalnim serklažima i trakastim AB temeljima ($b/h=45/80\text{cm}$). Vertikalni serklaži se, po dužini zida, moraju postaviti na međusobnim rastojanjima od najviše 4m, dok se horizontalni serklaži izvode u nivou novih AB ploča.

S obzirom na to da je krovna ploča u delu između osa A i B niža u odnosu na ostatak ovog dela objekta, predviđeno je uklanjanje postojeće krovne AB ploče i izvođenje nove međuspratne ploče ($d=15\text{cm}$) i novog dvokrakog AB stepeništa u polju A-B/2-3 (stepenišni krak: $d=12\text{cm}$; podest: $d=14\text{cm}$) koje je oslonjeno na novu temeljnu gredu u osi 3 ($25\times 80\text{cm}$), zid u osi 2 i novu gredu u sklopu ploče iznad prizemlja u osi A-B/3 ($25\times 35\text{cm}$).

U delu između osa 4-6/D-E je predviđeno izvođenje hidromasažne kade, što je uslovilo isecanje postojeće ploče u tom polju i delova zidova u osi 4-6/E. Konstrukcija hidromasažne kade se izvodi od armiranog betona, kao skeletna konstrukcija koju čini šest AB stubova ($25\times 25\text{cm}$) povezana sa pet AB greda ($25\times 40\text{cm}$), na koje se oslanja AB bazen hidromasažne kade. Cela konstrukcija se izvodi unutar postojećeg rastera stubova. Temeljna konstrukcija u ovom polju se izvodi od AB temeljnih greda dimenzija $50\times 70\text{cm}$. Na delu koji se nadograđuje, stubovi se izvode u nastavku postojećih ($25\times 50\text{cm}$), pri čemu se novi stubovi sa postojećom konstrukcijom povezuje ankerskim šipkama ubušenim sa gornje strane strane ploče u gabaritima poprečnog preseka postojećih stubova. Nova krovna ploča izvodi se kao puna AB ploča debljine 15cm, oslonjena direktno na stubove.

Postojeća AB ploča je debljine 10cm i nema dovoljnu nosivost za novoprojektovana opterećenja. Kako je i na osnovu Elaborata o proceni stanja zaključeno da je nosivost ploče ugrožena, predviđena je sanacija ove ploče dodavanjem sloja betona debljine 5 cm sa gornje strane. Takođe, na ovoj ploči su predviđeni i radovi na sanaciji korodirale armature i sanaciji prslina.

Krovna konstrukcija je projektovana kao drvena rešetka oslonjena direktno na AB ploču. Svi novi AB elementi se izvode od betona MB35 (C30/37) i armiraju armaturom B500B. Statički proračun konstrukcije urađen je na osnovu definisanih parametara modela u softveru za analizu konstrukcija Tower 8 - Slika 8.



Slika 8 – Model objekta za statički proračun konstrukcije

4 RADOVI NA SANACIJI KONSTRUKCIJE

Radovi na sanaciji konstrukcije obuhvataju:

- Sanaciju prslina sa donje strane ploče;
- Sanaciju korodirale armature sa donje strane ploče;
- Reprofilaciju i izvođenje novog zaštitnog sloja na delovima na kojima je došlo do pucanja i otpadanja betona na svim AB elementima konstrukcije;
- Nanošenje antikorozijske zaštite kao aktivnog premaza na mestima nedovoljne debljine zaštitnog sloja betona i površinske korozije armature gde nije došlo do pucanja i otpadanja betona.

Lokalna sanacija korodiranih šipki armature u zonama sa oštećenim presekom elementa obuhvata sledeće operacije:

- Pažljivo uklanjanje oštećenog zaštitnog sloja betona ručnim štemovanjem ili pneumatskim čekićima oko i duž korodiranih šipki armature.
- Čišćenje vidljivih delova armature od korozije i cementne skrame do metalnog sjaja. Čišćenje pripremljenih površina vazduhom pod pritiskom.
- Premazivanje „otkrivenih“ šipki armature sredstvom koje treba da zaštiti armaturu od korozije, a istovremeno obezbeđuje i bolju prionljivost (premaz P1), u svemu prema uputstvu proizvođača.
- Reprofilacija odštemanog dela betona reparaturnim malterom (RM1), u svemu prema uputstvu proizvođača.

Lokalna sanacija korodiranih šipki armature u zonama bez oštećenog betonskog preseka obuhvata sledeće operacije:

- Čišćenje žičanom četkom vidljivih delova armature od korozije i cementne skrame do metalnog sjaja i priprema površine za nanošenje premaza (P1).
- Čišćenje pripremljenih površina vazduhom pod pritiskom. Premazivanje otkrivenih šipki armature sredstvom za antikorozijsku zaštitu armature (premaz P1), u svemu prema uputstvu proizvođača.

5 ZAKLJUČAK O STANJU KONSTRUKCIJE SA PREDLOŽENIM MERAMA ZA OJAČANJE I SANACIJU OBJEKTA

Na osnovu detaljnog vizuelnog pregleda dostupnih elemenata noseće AB konstrukcije zaključeno je:

- Na AB fasadnim stubovima su uočeni defekti kao što su: nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona, segregacija betona, tragovi oplata i rupičasta površina betona. U zonama defekata je lokalno detektovana površinska korozija poprečne armature. Od ostalih oštećenja, primećene su tanke poprečne prsline na pojedinim elementima na mestima uzengija - na 8 AB stubova. Svi nabrojani defekti i oštećenja su izrazito lokalnog karaktera i ne ugrožavaju nosivost i stabilnost konstrukcije.
- Na AB krovnim vencima lokalno su registrovani defekti, kao što su: nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona i tragovi daščane oplata. Karakteristična oštećenja su tanke poprečne prsline, mestimično praćene tragovima procurivanja i izluživanja. Uzrok pomenutog oštećenja je najverovatnije hidrauličko skupljanje betona. Lokalno je, u 3 polja, uočena

površinska korozija uzengija. Svi defekti i oštećenja su izrazito lokalnog karaktera i ne ugrožavaju nosivost i stabilnost konstrukcije.

- Na temeljnim gredama koje su bile dostupne za pregled, od defekata uočena je lokalno nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona, dok su od oštećenja uočene samo poprečne prsline.
- Na pregledanim unutrašnjim stubovima su registrovana samo lokalna mehanička oštećenja betona.
- Na glavnim podužnim AB gredama, karakterističan defekt je nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona. U zonama ovog defekta registrovana je površinska korozija poprečne armature. Na poprečnim AB gredama uočeni su tragovi slivanja vode, sa krovne AB ploče. Svi nabrojani defekti i oštećenja su izrazito lokalnog karaktera i ne ugrožavaju nosivost i stabilnost konstrukcije.
- Karakteristični defekti na pregledanim AB krovnim pločama su nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona i lokalno vidljiva armatura. U zonama ovih defekata registrovana je površinska korozija glavne armature u 9 od 13 pregledanih polja i lokalno jaka korozija armature u 3 polja. U većini polja pregledanih krovni AB ploča uočene su poprečne i kose prsline/pukotine. Poprečne prsline/pukotine su najčešće locirane na mestima glavne (donje) armature. Kose prsline/pukotine su najčešće locirane u uglovima ploča i uzrokovane su plastičnim skupljanjem betona. Prsline/pukotine su praćene tragovima procurivanja sa izluživanjem. Nabrojani defekti i oštećenja ne ugrožavaju nosivost i stabilnost konstrukcije, ali je potrebno eliminisati uzroke procurivanja i postojeća oštećenja sanirati kako bi se obezbedila funkcionalnost i trajnost konstrukcije.

Na osnovu terenskih istražnih radova i laboratorijskih ispitivanja, zaključeno je:

- Naknadnim ispitivanjem čvrstoće pri pritisku uzoraka betona, izvađenih iz AB stubova, krovni AB ploča i AB temelja, zaključeno je da beton zadovoljava uslove za marke betona: MB35 (AB stubovi), MB30 (krovna AB ploča) i MB60 (AB temelji).
- Ni na jednom od ispitanih AB elemenata nije registrovana karbonatizacija betona i može se zaključiti da je očuvana zaštita armature od korozije u slučaju kada je zaštitni sloj betona dovoljne debljine.

Na osnovu iznetih zaključaka konstatuje se da su najoštećeniji elementi noseće AB konstrukcije objekta krovne ploče, zbog procurivanja vode, postojanja prsline i pukotina koje verovatno prolaze celom debljinom ploče i korozije glavne armature. Ovi elementi noseće konstrukcije se moraju sanirati odgovarajućim konstrukcijskim merama sanacije, bez obzira na buduće arhitektonsko i funkcionalno rešenje objekta.

Predviđena je sanacija ploče dodavanjem sloja betona debljine 5 cm sa gornje strane, čime će se sprečiti dalji prodor vode i zatvoriti postojeće prsline i pukotine. Takođe, na ovoj ploči su predviđeni i radovi na sanaciji korodirale armature i sanaciji prsline, i to: reprofilacija preseka u zoni prsline (ručnim štemovanjem), čišćenje korodiranih šipki armature do metalnog sjaja,

obesprašivanje, nanošenje antikorozijske zaštite i popunjavanje reparaturnim malterom.

Stanje ostalih elemenata noseće AB konstrukcije (AB stubovi, AB grede i AB temelji) je zadovoljavajuće, a kontrolnim proračunima sa opterećenjima koja odgovaraju novoj funkciji objekta i arhitektonskom rešenju je pokazano da elementi mogu da prihvate nova opterećenja bez pojačavanja preseka ili drugih konstruktivnih mera. U zavisnosti od oštećenja (površinska korozija armature sa ili bez pucanja i otpadanja zaštitnog sloja betona), predviđene su sanacione mere u vidu: nanošenja aktivnog premaza (antikorozijska zaštita armature) i reprofilacija preseka reparaturnim malterom.

U skladu sa novim arhitektonskim i funkcionalnim rešenjem objekta, predviđeni su sledeći radovi:

- izvođenje novog nosećeg zida u osi A koji će prihvatiti deo opterećenja sa nove međuspratne ploče i nove krovne ploče; zid se izvodi od opeke standardnog formata, sa horizontalnim i vertikalnim serklažima i trakastim AB temeljima,
- uklanjanje krovne AB ploče između osa A i B i izvođenje nove međuspratne ploče i novog dvokrakog stepeništa u polju A-B/2-3 koje je oslonjeno na temeljnu gredu u osi 3, zid u osi 2 i gredu u sklopu ploče iznad prizemlja u osi A-B/3,
- izvođenje hidromasažne kade, što je uslovalo isecanje postojeće ploče u tom polju i delova zidova u osi 4-6/E; konstrukcija hidromasažne kade se izvodi od armiranog betona, kao skeletna konstrukcija koju čini šest AB stubova (25x25cm) povezana sa pet AB greda (25x40cm), na koje se oslanja AB bazen hidromasažne kade,
- Krovna konstrukcija je projektovana kao drvena rešetka oslonjena direktno na AB ploču,

Statički proračun konstrukcije urađen je na osnovu definisanih parametara modela u softveru za analizu konstrukcija Tower 8.

6 LITERATURA

- [1] SRPS EN 1504-2:2010. Proizvodi i sistemi za zaštitu i sanaciju betonskih konstrukcija - Definicije, zahtevi, kontrola kvaliteta i vrednovanje usaglašenosti - Deo 2: Sistemi za zaštitu površine betona.

Kratka biografija:



Vladan Pantić rođen je u Milićima 04.12.1998. god. Od 2021. radi kao saradnik u nastavi na Fakultetu tehničkih nauka, uža naučna oblast: Građevinski materijali, procjena stanja i sanacija konstrukcija.

Kontakt: panticvlado@gmail.com



Slobodan Šupić rođen je 1989. god. u Trebinju. Od 2013. godine zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka kao saradnik u nastavi, od 2014. kao asistent, a od 2020. kao docent na Departmanu za građevinarstvo i geodeziju, uža naučna oblast: Građevinski materijali, procjena stanja i sanacija konstrukcija.