



**PROCENA STANJA I SANACIJA AB KONSTRUKCIJE ZA PRIMARNO  
PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA PREMA EVROPSKIM NORMAMA**

**ASSESSMENT AND REPAIR OF RC STRUCTURE FOR PRIMARY WASTEWATER  
TREATMENT ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS**

Jelena Cvetković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazana procena stanja armiranobetonskih objekata za primarno prečišćavanje otpadnih voda u Valjevu. Radi utvrđivanja stepena oštećenja i vrste sanacionih radova izvršen je makroskopski pregled dostupnih elemenata. Na osnovu analize uočenih oštećenja dat je opis sanacionih mera u cilju obezbeđenja stabilnosti i poboljšanja trajnosti i upotrebljivosti konstrukcije, prema Evropskim standardima EN 1504.

**Ključne reči:** procena stanja, oštećenja, sanacija, armirani beton, EN 1504, razdelnice

**Abstract** – In this paper the assessment of a RC structure for primary wastewater treatment in Valjevo is shown. In order to determine the level and cause of damages as well as the type of repairing measures a visual inspection of structural elements was done. Based on this examination detailed description of repairing measures is given with the main goal of providing stability and improving structural durability and serviceability according to European standards EN 1504.

**Keywords:** assessment, damages, repairing, reinforced concrete, EN 1504, structural joints

**1. UVOD**

Rad se sastoji iz dva dela, teorijsko-istraživačkog i stručnog dela. U prvom delu rada, koji je teorijsko-istraživačkog karaktera, analizirane su vrste razdelnica u betonskim konstrukcijama i to radne, prividne i dilatacione razdelnice. Objasnen je značaj izvođenja razdelnica, kao i primena svake od vrsta. Takođe, prikazani su načini konstruktivnog oblikovanja i postupci izvođenja razdelnica. Date su osnovne karakteristike i primeri materijala za ispunu i elemenata za obezbeđivanje vodonepropustljivosti razdelnica.

Stručni deo rada obuhvata procenu stanja i sanaciju armiranobetonske konstrukcije postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda koje se nalazi u Valjevu. Prikazana je detaljna analiza uočenih oštećenja, na osnovu koje su dati predlozi sanacionih radova, date detaljne karakteristike sanacionih materijala, a sve to prema Evropskim standardima za sanaciju i zaštitu betonskih konstrukcija – EN 1504 [5-9]. Takođe su date i preporuke u smislu što efikasnijeg redosleda izvođenja radova.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, red. prof.

**2. RAZDELNICE**

Razdelnice predstavljaju značajan deo konstrukcije, jer sa aspekta trajnosti konstrukcije omogućavaju pravilnu osnovu tehnologije građenja, a sa druge strane, sa aspekta stabilnosti, omogućavaju različito ponašanje delova konstrukcije koji se nalaze u različitim uslovima sredine ili imaju drugačije karakteristike u smislu geometrije.

**2.1. Vrste razdelnica**

U zavisnosti od namene i načina izvođenja postoji više tipova razdelnica, pa prema tome može se izvršiti sledeća podela:

- Radne razdelnice,
- Prividne (lažne) razdelnice,
- Dilatacione razdelnice [1].

**3. RADNE RAZDELNICE**

Radne razdelnice dele velike objekte na manje radne jedinice čime se postiže jednostavnija izrada oplata i armature i smanjenje količina ugrađenog betona. Za radne razdelnice karakteristična je kontinuitet armaturnih šipki kroz razdelnicu.

Izrađuju se prvenstveno iz dva razloga i to:

- Razlozi tehnološke prirode,
- Smanjenje štetnih posledica skupljanja betona [1].

**3.1. Konstruktivno oblikovanje i izvođenje radnih razdelnica**

Konstruktivno oblikovanje radnih razdelnica [1] zavisi od tipa konstrukcije, njenih dimenzija i prisutne armature, položaja u konstrukciji, kao i pravca pružanja radnih razdelnica. Imajući ovo u vidu, razlikuju se nekoliko tipova oblikovanja radnih razdelnica:

- Ravne razdelnice,
- Razdelnice sa ispustima (pero i žljeb),
- Maskirane razdelnice,
- Razdelnice sa zaptivnim trakama.

**4. PRIVIDNE RAZDELNICE [1]**

Prividne razdelnice formiraju se upravno na radne razdelnice kod pločastih elemenata velikih površina. Funkcija ovih razdelnica jeste da se smanje štetni efekti temperaturnih promena, skupljanja betona ili neravnomernog sleganja konstrukcije.

## 5. DILATACIONE RAZDELNICE

Dilataciona razdelnica je opšti naziv za otvor između dva konstruktivna elementa koji su izvedeni tako da omogućavaju pomeranja konstruktivnih elemenata koja prouzrokuju unutrašnje i spoljašnje sile.

U zavisnosti od načina rada, razlikuju se tri osnovna tipa i to:

- Dilatazione razdelnice za vertikalna pomeranja,
- Dilatazione razdelnice za horizontalna pomeranja,
- Dilatazione razdelnice za dinamičke uticaje [10].

### 5.1. Konstruktivno oblikovanje i izvođenje radnih razdelnica

Dilatazione razdelnice izvode se tako da omogućе potpuno odvajanje dva konstruktivna elementa. Armatura je u potpunosti prekinuta, a konstruktivni elementi odvojeni. Spojnica se ispunjava posebnim elastičnim materijalom koji obezbeđuje njen rad i vodonepropusnost.

## 6. PROCENA STANJA OBJEKTA

### 6.1. Opis objekta

Predmetna konstrukcija predstavlja deo postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda koji služi za primarno prečišćavanje. Sastoji se iz dve celine: objekat AI i objekat AII. Objekat AI je podeljen u konstruktivnom smislu na rezervoarsku konstrukciju otvorenog tipa sa crpnim pumpama i njihovim nosačima i zgradu sa elektropostrojenjem i automatskim rešetkama za prečišćavanje otpadnih voda. Temeljenje rezervoara je izvršeno na koti 167.20m. Zgrada objekta AI je izgrađena u kombinovanom sistemu sa zidovima za ukrućenje, u nivoima koji predstavljaju prohodni deo objekta. Neprohodni deo objekta je tunnelska konstrukcija kojom se sprovodi otpadna voda u objekat AII. Sa južne strane, paralelno sa objektom, nalazi se ulazna kineta – rampa sa potpornim zidovima koja se spušta do ulaza u podrumске prostorije. Ona je dilatacijom od 3cm odvojena od zgrade AI. Objekat AII predstavlja posebnu celinu, dilatiranu od objekta AI. Počinje nastavkom tunela kojim se sprovodi otpadna voda u rezervoarski deo konstrukcije AII – peskolov/mastolov, koji je dug 40m, a završava delom upravnim na peskolov/mastolov, koji primarno prečišćenu vodu treba da razvede na dve strane na dalje prečišćavanje. Objekat AII je armirano-betonska konstrukcija, koja predstavlja protočni rezervoar. Zbog svoje dužine podeljen je poprečno na pola dilatacijom širine 3cm. Sastoji se od spoljašnjih zidova i pregradnih elemenata. Objekat je fundiran na ploči, na koti 166.80m.

### 6.2. Vizuelni pregled konstrukcije

U okviru procene stanja konstrukcije [2] obavljen je vizuelni pregled svih dostupnih elemenata konstrukcije. Na otvorenom delu objekta AI uočeni su: mrežaste prsline i otpadanje zaštitnog sloja betona usled dejstva mraza, korozija armature zbog prisustva vlage i zbog nedovoljne debljine zaštitnog sloja betona, pukotine kroz ceo presek usled dugotrajnog skupljanja betona, prsline usled sedanja betona i na mestima neadekvatnog prekida betoniranja sa procurivanjem, abrazija površina zidova uz crpne pumpe, mehanička oštećenja, oštećene dilatacije i biološka korozija (Slika 1).



Slika 1. Oštećenja zidova crpnih pumpi

Na delu ulazne kinete uočeno je nepostojanje zaštitnog sloja i njegova nedovoljna debljina, kao i korozija armature.

Karakteristična oštećenja na objektu AII su korozija armature usled prisustva vlage i malog zaštitnog sloja, prsline na mestima prekida betoniranja, procurivanje i ispiranje  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , ljuškanje i otpadanje betona, biološka korozija, oštećene dilatacije. Pored toga, na spoljašnjim zidovima su vidljive pukotine usled hidrauličkog skupljanja (Slika 2), mrlje od rđe, betonska gnezda, a na dovodnoj tunnelskoj konstrukciji: prsline usled sedanja betona sa procurivanjem, oštećena termoizolacija i industrijski pod. Na pregradnim zidnim nosačima uočene su pukotine kroz ceo presek usled gubitka oslonaca.



Slika 2. Prsline usled hidrauličkog skupljanja

### 6.3. Nedestruktivna ispitivanja

Nedestruktivnim metodama [2] ispitano je postojanje karbonizacije betona kolorimetrijskom metodom na objektu AII i izmerena je površinska tvrdoća betona upotrebom sklerometra na 8 mesta na spoljašnjim zidovima otvorenog dela objekta AI i objekta AII. Utvrđeno je postojanje karbonatizovanog betona, ali dubina nije mogla biti precizno određena. Merenjem površinske tvrdoće betona sklerometrom dobijene su vrednosti čvrstoća većih od projektom predviđenih 30 MPa (Tabela 1). Uzrok za ovo povećanje čvrstoće pri pritisku je najverovatnije karbonizacija betona.

Tabela 1. Deo rezultata ispitivanja sklerometrom

merno mesto 1			
40	48	33	39
37	31	40	33
40	37	38	50
31	41	38	46
odskok, sr = 38.875			
čvrstoća = 38 MPa			

#### 6.4. Zaključak

Na osnovu analize podataka dobijenih vizuelnim pregledom dostupnih elemenata konstrukcije, te rezultata nedestruktivnih ispitivanja, zaključeno je da nosivost i stabilnost konstrukcije u celini nije ugrožena, dok se to ne može reći za upotrebljivost i trajnost. Što se tiče pojedinačnih elemenata, ističe se da je ugrožena stabilnost pregradnih zidnih nosača između peskolova i mastolova, usled promene statičkog sistema gubitkom oslonca.

#### 7. SANACIJA

Predlog sanacije bazira se na Evropskom standardu EN 1504 [4-8]. U ovom standardu definisani su sistemi i primena konstruktivne i nekonstruktivne sanacije, karakteristike materijala za sanaciju i zaštitu betona i armature, ali i informacije o kontroli kvaliteta radova i primeni proizvoda na licu mesta. Prema standardu EN 206-1 definisane su klase izloženosti elemenata konstrukcije radi obezbeđenja trajnosti konstrukcije i sanacionih materijala [3].

Predviđeno je izvođenje i konstruktivne i nekonstruktivne sanacije. Predlozi sanacije dati su za svako od oštećenja po elementima ili celinama, pa su tako obrađena sanaciona rešenja za zidove crpnih pumpi, ulaznu kinetu, tunelsku konstrukciju za dovod otpadne vode u rezervoar AII, pregradne elemente rezervoara AII, spoljašnje zidove rezervoara AII i razvodnu tunelsku konstrukciju. U okviru svakog od ovih delova tabelarno su data uočena oštećenja i predlozi sanacionih rešenja, opis pripremljenih radova, takođe, tabelarno su prikazani odabrani principi, metode sanacije (Tabela 2) i karakteristike materijala prema EN 1504 [4-8], kao i opis sanacionih radova [3].

Tabela 2. Primer odabranih principa i metoda sanacije

Deo ulazne kinete		
Princip	Metoda	Standard
1. Zaštita od prodora (PI)	1.3. Premazivanje	EN 1504 – 2
2. Kontrola vlažnosti (MC)	2.3. Premazivanje	EN 1504 – 2
3. Restauracija betona (CR)	3.2. Ulivanje betona ili maltera	EN 1504 – 3
7. Očuvanje/obnavljanje pasivnosti (RP)	7.1. Povećanje debljine zaštitnog sloja dodatnim malterom ili betonom	EN 1504 – 3
	7.2. Zamena kontaminiranog ili karbonizovanog betona	EN 1504 – 3
8. Jačanje otpornosti (IR)	8.3. Obloga/premazivanje	EN 1504 – 2
11. Kontrola anodnih oblasti (CA)	11.1. Aktivni premaz armature	EN 1504 – 7

Na svim elementima predviđena je zaštita armature, nanošenje novog zaštitnog sloja betona i zaštita u vidu završnog premaza.

Zaštitni premaz armature treba da ispunji princip CA (11.1) [8]. Takođe, treba da bude na bazi polimera i da štiti armaturu od korozije i omogući dobru adheziju sa reparaturnim materijalom.

Novi beton i novi zaštitni sloj treba da zadovolje principe CR (3.1. i 3.2.), PR (5.3.), RC (6.3.) i RP (7.1., 7.2.), prema EN 1504 – 3 [6]. Standardom EN 1992-1-1 definiše se minimalna debljina zaštitnog sloja  $c_{nom}$  [9]. Preporučuje se dodavanje polipropilenskih vlakana ovom materijalu, beton bi trebalo da je polimer-modifikovani, a savetuje se i upotreba sulfatno-otpornog cementa zbog agresivnog dejstva sredine.

Površinski premaz treba da zadovolji sledeće principe: PI (1.3.), MC (2.3.) i IR (8.3.) i treba da ispunjava sledeće uslove:

- Linearno skupljanje -  $\leq 0.3\%$ ,
- Termički koeficijent -  $\alpha T \leq 30 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$ ,
- Propustljivost vodene pare: klasa II -  $5m < S_d < 50m$ ,
- Propustljivost CO<sub>2</sub> -  $S_d > 50m$ ,
- Adhezija -  $\geq 1,0 N/mm^2$ ,
- Kapilarno upijanje -  $w < 0,1 kg/m^2 \cdot h^{0,5}$  [5].

Nekonstruktivna sanacija prslina metodom zasecanja i zapunjavanja izvršice se kod zidova crpnih pumpi, spoljašnjih zidova rezervoara AII i dovodne i razvodne tuneske konstrukcije.

Materijal za zapunjavanje prslina treba da ispunji princip PI (1.5.) [7], da ima mogućnost nanošenja na vlažan supstrat, vodootpornost i vrednost zatezne adhezije  $\geq 3,0 N/mm^2$ .

Konstruktivna sanacija prslina u vidu injektiranja primeniće se na spoljašnjim zidovima i pregradnim zidnim nosačima rezervoara AII, kao i kod dovodne tunelske konstrukcije.

Materijal za injektiranje pukotina/prslina mora ispunjavati kriterijume za princip SS (4.5.). Prema EN 1504 – 5 [7], zahtevane karakteristike materijala su:

- Adhezija - prvo gubitak kohezije u substratu,
- Skupljanje -  $< 3\%$ ,
- Čvrstoća pri zatezanju cepanjem -  $> 7 N/mm^2$ ,
- Razvoj čvrstoće na zatezanje -  $> 3 N/mm^2$  posle 72h (za minimalnu dozvoljenu temperaturu negovanja).

Preporuka je da se za injektiranje koriste epoksidne smole.

Pregradnim zidnim nosačima P1 potrebno je obezbediti izgubljene oslonce. Oslonac će biti izveden u obliku čeličnog stuba koji podupire zidni nosač.

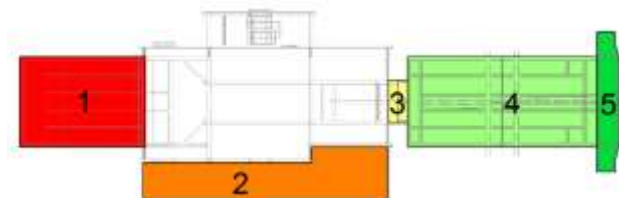
Zamena oštećenih dilatacionih spojnica predviđa se kod spoljašnjih zidova nenatkrivenog objekta AI i objekta AII. Pri tome se vrši zamena betona celom debljinom poprečnog preseka u ovim zonama.

Na gornjoj ploči dovodne tunelske konstrukcije predviđa se izvođenje novog industrijskog poda od modifikovane poliuretanske smole, agregata i cementa, na bazi vode sa samorazlivajućim svojstvima [11]. Na spoljnim stranama bočnih zidova i na spoljnoj strani donje ploče ovog dela konstrukcije neophodno je postavljanje nove termoizolacije. Nova termoizolacija treba da bude otporna na dejstvo mraza i atmosferskih uticaja, kako ne bi došlo do oštećenja koja su zatečena na starim termoizolacionim pločama. S tim u cilju, preporučuje se upotreba ploča od ćelijastog (celularnog) stakla, jer je to jedini materijal koji bi ispunio navedene zahteve.

## 8. FAZE IZVOĐENJA RADOVA

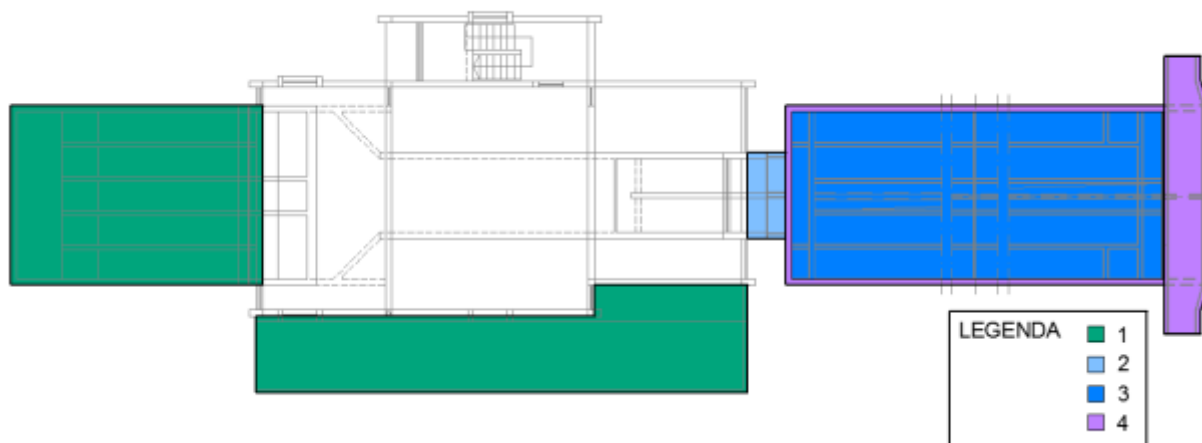
Objekte za sanaciju možemo podeliti u 5 nezavisnih celina kao na slici 3 i to:

1. Zidovi crpnih pumpi i gredni element zgrade AI,
2. Ulazna kineta,
3. Tunelska konstrukcija za dovod otpadne vode u rezervoar AII,
4. Rezervoar AII,
5. Razvodna tunelska konstrukcija.



Slika 3. Celina

Pre početka radova, neophodno je obustaviti dovod otpadne vode u sistem, kako bi se rezervoari ispraznili i očistili. Ovo podrazumeva i prekid rada crpnih pumpi i automatske rešetke za prečišćavanje. Vrlo je važno da se sanacija obavi u što kraćem vremenskom periodu, kako bi postrojenje što pre nastavilo sa radom.



Slika 4. Redosled izvođenja radova po celinama

## 9. LITERATURA

- [1] Muravljev M.: *Osnovi teorije i tehnologije betona*, V izdanje, Beograd 2010.
- [2] Malešev M., Radonjanin V.: *Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija*, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [3] Radonjanin V., Malešev M.: *Sanacija betonskih konstrukcija*, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [4] „EN 1504-1 Products and systems for the protection and repair of concrete structures: Definitions“
- [5] „EN 1504-2 Products and systems for the protection and repair of concrete structures: Surface protection systems for concrete“
- [6] „EN 1504-3 Products and systems for the protection and repair of concrete structures: Structural and non-structural repair“
- [7] „EN 1504-5 Products and systems for the protection and repair of concrete structures: Concrete injection“

Potrebno je izvršiti prvo pripreme, a zatim sanacione radove u okviru kojih su dati i završni radovi. Konstrukcijska sanacija prslina treba da se izvrši pre početka pripreme površina i uklanjanja betona.

Što se tiče preporuka i varijacija na temu redosleda izvođenja radova po celinama, istovremeno se mogu izvoditi radovi u okviru zidova crpnih pumpi, grednog elementa zgrade AI i ulazne kinete, jer su pozicije elemenata za saniranje blizu, a obim sanacionih radova na delu ulazne kinete mali.

Paralelno sa ovim radovima, mogu se vršiti radovi na tunelskoj konstrukciji za dovod otpadne vode u rezervoar AII, s tim što se preporučuje da završni radovi na ovoj celini budu izvedeni na kraju, po završetku sanacionih radova na rezervoaru AII.

Što se tiče rezervoara AII, preporuka je da se prvo izvedu radovi na unutrašnjim, pregradnim elementima rezervoara, a zatim da se pristupi saniranju spoljašnjih zidova rezervoara. Priprema i sanacija razvodne tunelske konstrukcije može teći paralelno sa radovima na spoljašnjim zidovima rezervoara AII (Slika 4).

[8] „EN 1504-7 Products and systems for the protection and repair of concrete structures: Reinforcement corrosion protection“

[9] „SRPS EN 1992-1-1“, 2015.

[10] <http://rc5.gaf.ni.ac.rs/dec/arhcons/doc/homes/kostic/Osnovne%20Studije%20Arhitekture/Arhitektonske%20konstrukcije%20II/Predavanje%2020-%20Dilataciono%20razdelnice%20282016-2017%29.pdf> (pristupljeno u septembru 2018.)

[11] [www.srb.sika.com](http://www.srb.sika.com) (pristupljeno u avgustu 2018.)

### Kratka biografija:



**Jelena Cvetković** rođena je u Valjevu 1992. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije odbranila je 2018. god.