

SANACIJA ČISTILNEGA BAZENA ODPADNIH VODA V ČISTILNI NAPRAVI SEŽANA

doc. dr. Bojan Čas, univ. dipl.inž.grad.
Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., PE Maribor

Kratek opis objekta in njegove problematike

Obravnavani čistilni bazen, v katerem se prečiščujejo odpadne vode pred njihovim dokončnim izpustom, predstavlja eno izmed enot v čistilni napravi odpadnih komunalnih voda v Sežani. Nosilna konstrukcija bazena je v celoti izdelana iz armiranega betona. Bazen je tlorisno krožne oblike z zunanjim osnim premerom 24.4 m. V smeri radija je bazen predeljen na dva dela z notranjo cilindrično steno z osnim premerom 12.25 m. Govorimo o notranjem cilindričnem bazenu ter o zunanjem bazenu, ki ima tlorisno obliko kolobarja. Zunanji bazen je dodatno pregrajen z več v radialni smeri postavljenimi armiranobetonskimi stenami. Objekt je temeljen na armiranobetonski talni plošči. Zunanja cilindrična stena bazena, radialne ločilne stene ter armiranobetonska temeljna plošča so debeline 30 cm, notranja pregradna cilindrična stena pa 25 cm. Čistilni bazen je vkopan za okvirno 1.7 m pod nivo urejenega okolnega terena.



Slika 1: Čistilni bazen odpadnih voda v ČN Sežana.

Glede na podatke v projektni dokumentaciji je bil pri gradnji bazena uporabljen vodotesen beton kvalitete MB 30, vgrajene so bile armaturne mreže kvalitete MAG 500/560 ter armaturne palice kvalitete RA 400/500.

Kmalu po pričetku rednega obratovanja čistilne naprave so upravljalci opazili večje število vertikalnih in horizontalnih razpok na zunanjih površinah obodne armiranobetonske stene bazena. Sčasoma sta se tako obseg kot tudi širina razpok povečevala in sicer vse do te mere, da so pričeli skozi nastale razpoke pronicati produkti odpadnih voda. Ker se v čistilnem bazenu nahajajo agresivne tekočine (fekalne odplake), bi ob morebitnem dopuščanju obstoječega stanja sčasoma gotovo prišlo do precejšnjega povečanja obsega poškodb betonov in vgrajene armature. Zato je želel investitor čimprej pristopiti k izvedbi celovite sanacije čistilnega bazena.



Slika 2: Poškodbe zunanje cilindrične stene čistilnega bazena in pronicaje agresivnih tekočin.

Ugotovitve ob pregledu objekta in vgrajenih materialov

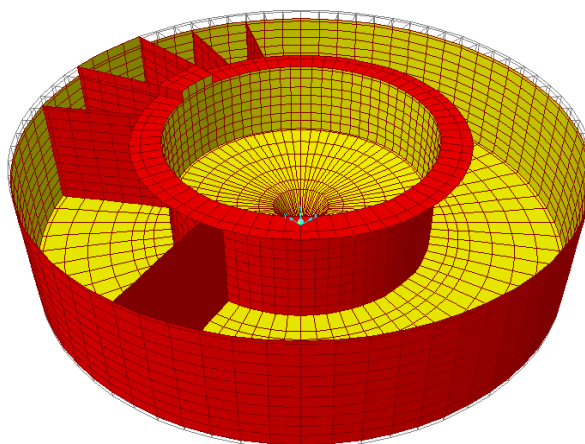
Zaradi neprekinjenega procesa čiščenja odpadnih voda je bila ob pregledu objekta povsem dostopna le zunanja površina zunanje cilindrične armiranobetonske stene. Preostale površine elementov čistilnega bazena so se večji del nahajale pod nivojem odpadnih voda in tako niso bile dostopne. Ob pregledu zunanjih površin cilindrične stene smo opazili večje število precej širokih razpok, ki so bile praviloma orientirane v vertikalni smeri, nekaj razpok pa je bilo tudi horizontalnih. Vertikalne razpoke so bile razporejene po celotnem obodu cilindrične stene. Praviloma so segale od nivoja okolnega terena pa vse do vrha cilindrične stene (glej tudi sliko 2). Segale so preko celotne debeline cilindrične stene, njihova širina pa je znašala od 0.1 mm pa vse do 0.6 mm. Horizontalne razpoke so bile precej krajše in so se nahajale okvirno 0.5 m do 1.5 m nad okolnim terenom. Njihova širina praviloma ni presegala 0.3 mm. Na razpokah smo opazili izločanje kristaliziranih vodotopnih soli, vidno pa je bilo tudi pronicanje tekočin iz notranjosti čistilnega bazena.

Laboratorijske preiskave odvzetih vzorcev betona so pokazale, da je betonska mikrostruktura nepoškodovana ter da v območjih izcejanj prečiščevanih voda proces karbonatizacije betonske strukture še ni napredoval do vgrajene armature. Z izvedbo več globinskih sond smo ugotovili, da je debelina zaščitnih slojev betona primerna, količina vgrajene zunanje armature pa je bila manjša kot je bilo predvideno s projektom.

Razpoke predstavljenega obsega so seveda z vidika veljavne zakonodaje nedopustne. Za močno agresivno okolje znašajo še dopustne širine razpok v armiranobetonskih konstrukcijah od 0.05 mm do 0.1 mm.

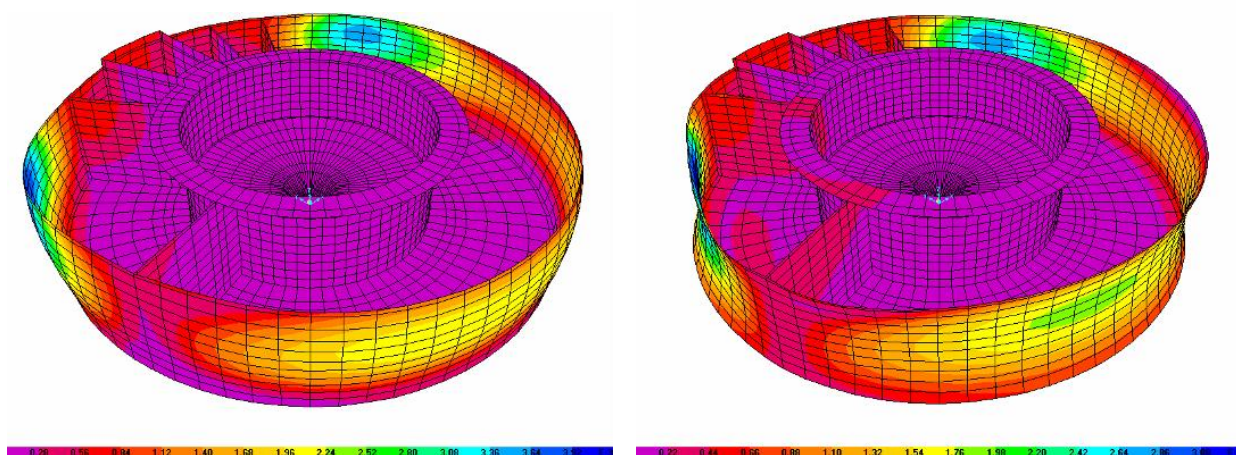
Računska analiza objekta, ocena vzrokov nastanka poškodb

S pomočjo računskih simulacij obnašanja čistilnega bazena smo poskušali opredeliti vzroke za nastanek poškodb čistilnega bazena. Z računskimi analizami smo se osredotočili predvsem na napetostno-deformacijsko stanje v poškodovani zunanji cilindrični steni objekta. Uporabili smo materialno linearen, tridimenzionalen računski model ter računsko metodo, ki temelji na metodi končnih elementov.



Slika 3: Tridimenzionalni računski model čistilnega bazena

Poleg stalnih obtežb in pritiska odpadnih voda na elemente čistilnega bazena smo analizirali tudi vpliv temperaturnih obremenitev. Opravljene računske analize so pokazale, da vpliva temperaturnih obremenitev nikakor ne smemo zanemariti. Glede na tehnologijo prečiščevanja odpadnih voda ter obliko konstrukcije smo upoštevali možnost temperaturnih razlik na površinah zunanje stene bazena. Prečiščevana tekočina ima med poletnimi meseci temperaturo okvirno 30⁰ C, med zimskimi meseci pa 10⁰ C. Glede na geografsko lego objekta ter barvo površin konstrukcije smo ocenili, da se lahko zunanja površina stene poleti segreje na 50⁰ C, pozimi pa ohladi na -10⁰ C. Predpostavili smo, da imajo dno bazena, notranja cilindrična stena in radialne stene enako temperaturo kot prečiščevana tekočina, na ta način je bila z diferencialno temperaturo obremenjena le zunanja cilindrična stena bazena.



Slika 4: Premiki konstrukcije zaradi temperaturne obtežbe – »poletni« in »zimski« obtežni primer

Pri analizi obtežnih primerov s temperaturnimi obtežbami v zimskem in poletnem obdobju ugotavljamo, da zunanja cilindrična stena čistilnega bazena nastalih obremenitev računsko ni sposobna prevzeti. Velike napetosti so predvsem posledica oviranja temperaturnega širjenja ter krčenja cilindrične stene zaradi njene toge povezanosti z dnom bazena. Upoštevanje uporabljen linearen računski model bi se obremenitve sten zaradi temperaturnih obtežb lahko pojavile le, če bi stene ostale nerazpokane. Vendar pa nastale obremenitve povzročajo precej višje natezne napetosti, kot znaša natezna trdnost vgrajenih betonov, kar je najverjetneje povzročilo nastanek razpok. Tako se je v zunanji cilindrični steni vzpostavilo novo stabilno ravnovesno stanje, ki konstrukciji omogoča neovirano raztezanje (»dihanje«) zaradi temperaturnih sprememb. Kontrola deformacijsko – napetostnega stanja zunanje cilindrične stene je pokazala, da je konstrukcija čistilnega bazena kot celota sicer stabilna, vendar računsko potrebna varnost bazena na določenih mestih, torej lokalno, ni zagotovljena. Ta ugotovitev velja tako za vertikalno kot obročno smer zunanje cilindrične stene.

Izvedeni sanacijsko - ojačitveni postopki

S kombinacijo sanacijsko–ojačitvenih postopkov smo zagotovili računsko potrebno varnost čistilnega bazena, izboljšali njegovo uporabnost ter podaljšali trajnost vgrajenih materialov in konstrukcije kot celote. Upoštevanje omejitve, ki nam jih je nalagala tehnologija predelave odpadnih voda (nedostopnost notranjih površin konstrukcije) smo izvedli naslednje sanacijsko–ojačitvene postopke:

- tesnjenje vseh obstoječih razpok na zunanji (dostopni) strani obodne cilindrične stene katerih širina presega 0.05 mm,
- ojačitev zunanje cilindrične stene v obročni smeri z napenjanjem zunanjih (eksternih) kablov po sistemu Freyssinet s t. i. sidrnimi glavami »X anchor«.
- izvedba toplotne zaščite (fasade) zunanje cilindrične stene.



Slika 5: Tesnjenje razpok: (i) odpiranje razpok v obliki crke »V«, čiščenje, odpraševanje, (ii) vgradnja injekcijskih nastavkov, zapiranje razpok med injekcijskimi nastavki z epoksidno malto, (iii) sistematično injektiranje razpok s poliuretansko smolo ter odstranitev injekcijskih nastavkov

Z napenjanjem zunanjih obročnih kablov smo želeli zmanjšati oziroma eliminirati velike natezne obročne sile, ki nastopijo v zunanji cilindrični steni kot posledica delovanja rednih ter predvsem temperaturnih obtežb. Z ustrezno medsebojno razporeditvijo obročnih kablov smo dosegli, da so rezultirajoče obročne sile v cilindrični steni tlačne, kar ugodno vpliva na tesnjenje obstoječih razpok, hkrati pa preprečuje nastanek novih.

Pri izbiri sistema zunanjih kablov smo se oprli na preverjeno rešitev podjetja Freyssinet, ki proizvaja celoten sistem in sicer:

- jeklene kable, ki so vgrajeni v polietilensko cev (PEHD) in zaščiteni z mastjo,
- sidrne glave (»X ancorage«) izdelane iz specialne litine,
- zaščito sidrnih glav ter sidrišč jeklenih kablov.



Slika 6: Nameščanje in napenjanje obročne kableske armature, pogled na nameščene sidrne glave, t.i. »X ancorage«.

Z namenom omiliti temperaturne vplive na konstrukcijo smo se odločili še za dodatno izvedbo 8 cm sloja toplotne izolacije na zunanji strani obodne cilindrične stene.



Slika 7: Nameščanje 8 cm sloja toplotne izolacije na zunanje površine obodne cilindrične stene čistilnega bazena odpadnih voda. Na desni sliki prikazujemo čistilni bazen po dokončanju sanacijsko - ojačitvenih del.

Zaključki

V prispevku smo predstavili problematiko poškodb in izvedbo sanacijsko–ojačitvenih del na čistilnem bazenu odpadnih voda v ČN Sežana. Na podlagi pregleda dokumentacije, opravljenih terenskih preiskav in izvedenih kontrolnih statičnih izračunov smo ugotovili, da predstavljajo temperaturne obremenitve poglavitni vzrok za nastanek poškodb zunanje armiranobetonske cilindrične stene čistilnega bazena.

Celovit projekt sanacije, ki ga je izdelal Gradbeni inštitut ZRMK, je temeljil na zahtevi po sanaciji poškodb ter na trajni odpravi vzrokov, ki so pripeljali do njihovega nastanka.

Upoštevanje podatke monitoringa objektov ČN Sežana ugotavljamo, da ves čas od zaključka sanacijsko–ojačitvenih del, predstavljeni čistilni bazen obratuje nemoteno, brez kakršnega koli izcejanja odpadnih voda skozi obodno cilindrično armiranobetonsko steno. Navedeno potrjuje primernost izvedenih računskih simulacij objekta pred in po opravljeni sanaciji kot tudi ustreznost izbranih tehnoloških postopkov, s katerimi smo pristopili k popravilu objekta.