

**PROJEKAT BAZENSKE TEHNIKE I SISTEMA GREJANJA I VENTILACIJE
ZATVORENOG BAZENA****DESIGN OF POOL AND HVAC EQUIPMENT FOR INDOOR POOL**Dejan Lazarević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je dato tehničko rešenje i kompletan projekat za izvođenje mašinskih instalacija bazenske tehnike kao i grejanja i ventilacije objekta zatvorenog bazena koji je namenjen za sport i rekreaciju. U radu je prikazan kratak pregled standarda za bazensku tehniku kao i proračuni za dimenzionisanje opreme koja je neophodna za pravilno funkcionisanje kompletnog sistema. Pored toga, usvojena je sva oprema prema prethodno urađenom proračunu kao i tehnički opisi svakog od sistema. Na kraju rada nalaze se grafički prikazi sa situacionim planom kao i dispozicijom usvojene opreme te tipskim detaljima za ugradnju.

Gljučne reči: Grejanje, ventilacija, gubici toplote, toplotne pumpe, bazenska tehnika

Abstract – The paper presents a technical solution and a complete project for performing mechanical installations of pool equipment as well as heating and ventilation of the indoor pool facility which is intended for sports and recreation. The paper presents a brief overview of the standards for pool technology as well as calculations for sizing the equipment necessary for the proper functioning of the complete system. In addition, all the equipment was adopted according to the previously made calculation, as well as the technical descriptions of each of the systems. At the end of the paper, there are graphical representations with the situation plan as well as the disposition of the adopted equipment and standard details for installation.

Gljučne reči: Heating, ventilation, heat loss, heat pumps, pool technology

1. Uvod

Za potrebe zagrevanja i pripreme bazenske vode zatvorenog bazena sa prelivom za sport i rekreaciju, dimenzija 25x12,5x2 m (dužina x širina x dubina) potrebno je izraditi projektno rešenje termotehničkog postrojenja i postrojenja bazenske tehnike.

Pored ovoga potrebno je izraditi projektno rešenje sistema grejanja i ventilacije istog objekta, prema zadatim arhitektonskim osnovama.

Izvor toplote za dati objekat je toplotna podstanica sa priključkom na gradsku vrelodvodnu mrežu. Za potrebe prostora zatvorenog bazena u svrhu odvlaživanja i ventilacije, potrebno je predvideti sistem u skladu sa

zahtevima u standardu DIN 19643 i u smernici VDI 2089. Za potrebe grejanja predvideti sistem podnog i vazdušnog grejanja a za potrebe zagrevanja bazenske vode predvideti sistem sa solarnim kolektorima i dogrevanjem preko toplotne podstanice. Predvideti i pripremu tople sanitarne vode za tuševе.

Tekstualni deo ovog rada sadrži sve neophodne proračune, prikaz usvojene opreme kao i detaljne opise pomenutih termomašinskih sistema dok grafički deo ovog rada sadrži situacioni plan i položaj objekta kao i dispoziciju usvojene opreme.

Objekat se nalazi na području grada Novog Sada.

**2. PREGLED STANDARDA DIN 19643
„BAZENSKA TEHNIKA”**

Nemački standard DIN 19643 „Bazenska tehnika“ podeljen je u tri osnovne celine:

- 1.deo: Opšti zahtevi
- 2.deo: Kombinacije postupaka: adsorpcija – flokulacija – filtriranje – hloriranje
- 3.deo: Kombinacija postupaka: flokulacija – filtriranje – ozoniranje – sorpcijska filtracija – hloriranje

Standard propisuje da voda kojom se puni bazen mora zadovoljavati opšte higijenske uslove karakteristične vodi za piće. Ako se u vodi nalaze nedopuštene količine supstance koje ometaju naknadnu obradu vode one se moraju ukloniti sa za to predviđenim uređajima. U sledećoj tablici su prikazane neke od supstanci kao i njihove dopuštene koncentracije:

Tablica 2.1. - *Dopuštene koncentracije supstanci u bazenskoj vodi [1]*

Supstanca	mg/l	mmol/m ³
Željezo	0,1	1,8
Mangan	0,05	0,9
Amonijak	2	110
Polifosfat	0,005	0,16

Standard DIN 19643 „Bazenska tehnika“ propisuje određene smernice u kojima se naglasak stavlja na blisku saradnju arhitekata, inženjera građevine i inženjera mašinstva prilikom projektovanja i izgradnje bazena. Navedene strane se tokom svih faza projektovanja i izgradnje moraju pridržavati svih važećih zakona i propisa vezanih za izgradnju, odvodnjavanje, higijenske uslove itd. Za održavanje zadovoljavajućih (propisanih) higijenskih uslova potrebno je osigurati ispravan rad svih uređaja

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Đordije Doder.

bazenske tehnike i vršiti redovne nadzore nad automatizovanim procesima. Uređaji za automatsku dezinfekciju i kontrolu pH vrednosti vode moraju biti u konstantnom pogonu. Dno bazena potrebno je čistiti minimalno dva puta sedmično, a bočne zidove minimalno jednom u dve sedmice, četkama ili vakuumskim uređajima. Bazen se mora obavezno isprazniti jednom godišnje te temeljno očistiti uređajem za pranje pod pritiskom i ribanjem. Takođe je obavezna dezinfekcija dna i zidova bazena. Nakon dezinfekcije potrebno je temeljno ispiranje. Kanali za preliv moraju se čistiti jednom sedmično i to dok cirkulacione pumpe nisu u pogonu. Za pravilno čišćenje potrebno je skinuti zaštitne rešetke. Kompenzacioni bazeni se po potrebi, a minimalno svakih pola godine, moraju isprazniti i temeljno očistiti i dezinfikovati [2].

3. TEHNIČKI OPIS BAZENA SA PRELIVOM

Voda za kupanje u bazenima može biti iz različitih izvora. Pre svega, ona mora biti bistra i čista te pri maksimalnom opterećenju mora ispunjavati sve postavljene zahteve kvaliteta. Kako prilikom kupanja može doći do slučajnog unošenja vode u organizam, ona mora odgovarati i higijenskim zahtevima vode za piće i konzumaciju. Tokom boravka u bazenu vodu zagađuju prisutni kupaći (masti, znoj, kosa, čestice kože, perut, mokraća, mikroorganizmi i sl.) te se zbog toga voda mora stalno menjati čistom ili pročišćavati. Velika većina svih nečistoća se nalazi na površini vode, te se zbog toga preporučuje da na pročišćavanje upravo odlazi voda sa površine bazena.

Za predmetni bazen predviđena je obrada vode u zatvorenom i kontinuiranom toku pri čemu se održava kvalitet propisan pomenutim standardom.

Sistem bazenske tehnike čine:

- Filterska pumpa sa grubim predfilterom
- Sistem za automatsko dopunjavanje vode
- Peščani filter sa baterijom sa 5 ručnih ventila
- Oprema za dezinfekciju vode
- Oprema za snižavanje pH vrednosti vode
- Izmenjivač toplote
- Solarni kolektori za zagrevanje bazenske vode
- Sistem automatskog upravljanja

4. PRORAČUN BAZENA SA PRELIVOM

U sledećoj tablici prikazani su ulazni podaci potrebni za proračun.

Tablica 4.1 *Ulazni podaci za proračun*

Neto površina bazena	312,5	m ²
Zapremina bazena	625	m ³
Dubina bazena	2	m
Korišteni medijum	Voda iz gradskog vodovoda	

Određivanje potrebnog protoka bazenske vode računa se prema sledećem izrazu:

$$Q = \frac{N}{k} = \frac{69,4}{0,5} = 138,9 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Q – protok bazenske vode [m³/h]
 N – nazivno opterećenje [1/h]

k – faktor specifičnog opterećenja [m⁻³]

Nazivno opterećenje bazena je projektom bazena utvrđeni broj kupaća u jednom satu rada bazena te se računa prema sledećem izrazu:

$$N = A \cdot \frac{n}{a} = 312,5 \cdot \frac{1}{4,5} = 69,4 \approx 70 \text{ kupaća}$$

n – frekvencija kupaća u satu $n=1$ [h⁻¹]

A – neto površina bazena [m²]

a – specifična površina vode koju zauzima pojedini kupać; $a=4,5$ [m²]

Potrebno vreme za izmenu celokupne količine vode se računa pomoću sledeće formule:

$$t_{izmene} = \frac{V}{Q_F} = \frac{625}{157} = 4 \text{ [h]}$$

t_{izmene} – potrebno vreme za izmenu celokupne količine vode [h]

V – ukupna zapremina vode u koritu bazena [m³]

Q_F – ukupan protok vode kroz filter [m³/h]

Iskustvena preporuka je da vreme ismene vode ne prelazi 4h.

Izraz za računanje potrebne zapremine vode kompenzacionog bazena glasi:

$$V_K = V_W + V_V + V_R = 8,12 + 5,25 + 13,08 = 26,45 \text{ [m}^3\text{]}$$

V_K – potrebna zapremina kompenzacionog bazena [m³]

V_W – zapremina istisnute vode zbog uticaja talasa [m³]

V_V – zapremina istisnute vode zbog kupaća [m³]

V_R – zapremina vode potrebne za pranje filtera [m³]

Zapremina vode istisnuta preko prelieva zbog talasa računa se prema sledećem izrazu:

$$V_W = 0,052 \cdot A \cdot \frac{0,144 \cdot Q_F}{L} = 0,052 \cdot 312,5 \cdot 10^{\frac{0,144 \cdot 157}{75}} = 8,12 \text{ [m}^3\text{]}$$

L – ukupna dužina ivice preko koje se prelieva bazenska voda [m]

Zapremina vode istisnute zbog kupaća se računa prema:

$$V_V = 0,075 \cdot n_{kupača} = 0,075 \cdot 70 = 5,25 \text{ [m}^3\text{]}$$

$n_{kupača}$ – izračunati broj kupaća

$$n_{kupača} = \frac{A}{a} = \frac{312,5}{4,5} = 69,44 \approx 70 \text{ [osoba]}$$

Potrebna količina vode za pranje filtera se računa prema brzini i trajanju pranja. Za velike bazene se koristi brzina pranja filtera od 40-50m/h dok je vreme trajanja pranja filtera od 5 do 8 minuta.

$$V_R = \frac{Q_F}{60} \cdot t_{pranja} = \frac{157}{60} \cdot 5 = 13,08 \text{ [m}^3\text{]}$$

t_{pranja} – vreme ispiranja filtera [min]

Za ubacivanje obrađene vode u bazen ugrađuju se mlaznice u pod bazena. Potreban broj mlaznica određuje se prema površini bazena pri čemu jedna mlaznica pokriva oko 8 m² površine javnih (plivačkih) bazena.

$$N_{mlaznica} = \frac{A}{A_{mlaznica}} = \frac{312,5}{8} = 39,06 \approx 40$$

$N_{mlaznica}$ – broj potrebnih mlaznica; usvojeno 40 [-]
 $A_{mlaznica}$ – površina bazena koju pokriva jedna mlaznica; 8 [m²]

Protok obrađene bazenske vode kroz pojedinu mlaznicu računa se prema izrazu:

$$Q_{mlaznice} = \frac{Q_F}{N_{mlaznica}} = \frac{157}{40} = 3,93 \approx 4 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$Q_{mlaznice}$ – protok vode kroz jednu mlaznicu [m³/h]

5. PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA ZAGREVANJE BAZENSKE VODE

Količina isparene vode u jedinici vremena računa se prema sledećoj formuli:

$$W = \frac{\varepsilon \cdot (p_s - p_d) \cdot A_{baz.}}{3600} = \frac{20 \cdot (33,6 - 22,7) \cdot 312,5}{3600} = 0,01892$$

W – količina isparene vode [kg/s]

ε – koeficijent isparavanja – 20 [kg/m²h] – za vodu sa umerenim pokretanjem [3]

p_s – pritisak zasićenja vodene pare – 33,6 [hPa] [2]

p_d – parcijalni pritisak vodene pare – 22,7 [hPa] [2]

A_{baz} – površina bazena [m²]

Nakon određivanja količine isparene vode u jedinici vremena, potrebno je izračunati toplotni tok odveden isparavanjem preko formule:

$$\phi_\sigma = W \cdot r = 0,01892 \cdot 2439 = 46,15 \text{ [kW]}$$

ϕ_σ – toplotni tok odveden isparavanjem [kW]

r – toplota potrebna za isparavanje vode pri temperaturi graničnog sloja vode - 2439 [kJ/kg] [2]

Toplotni tok odveden transmisijom računa se preko sledeće formule:

$$\phi_T = k \cdot A_{kor} \cdot (\mathcal{G}_w - \mathcal{G}_p) = 2,8$$

ϕ_T – toplotni tok odveden transmisijom toplote [kW]

k – koeficijent prolaza toplote [W/m²K]

A_{kor} – površina korita bazena [m²]

\mathcal{G}_w – temperatura bazenske vode [°C]

\mathcal{G}_p – temperatura prostorije ispod bazena (pretpostavka) [°C]

Potrebna količina toplote koju je potrebno dovesti svežoj vodi da se zagreje na temperaturu bazenske vode preko formule:

$$\phi_{SV} = m \cdot c_w \cdot (\mathcal{G}_w - \mathcal{G}_{SV}) = 20,65$$

ϕ_{sv} – potrebna količina toplote [kW]

m – protok sveže vode [kg/s]

c_w – specifični toplotni kapacitet vode – 4,187 [kJ/kgK] [2]

\mathcal{G}_w – temperatura bazenske vode [°C]

\mathcal{G}_{sv} – temperatura sveže vode [°C]

Kapacitet izmenjivača dimenzioniše se prema formuli:

$$\phi_b = V_b \cdot \rho \cdot c_w \cdot (\mathcal{G}_b - \mathcal{G}_w) = 8,68 \cdot 998,2 \cdot 4,187 \cdot (26 - 12) = 141,09$$

Φ_b – količina toplote potrebna za zagrevanje bazenske vode [kW]

\mathcal{V}_b – zapreminski protok bazena – 8,68 [m³/h]

ρ – gustina vode – 998,2 [kg/m³]

\mathcal{V}_b – toplinski kapacitet vode – 4,187 [kJ/kgK]

\mathcal{G}_b – temperatura bazenske vode - 26 [°C]

\mathcal{G}_w – temperatura vodovodne vode – 12 [°C]

Proračun solarnih kolektora za zagrevanje bazenske vode:

Ugrađeno je 80 pločastih solarnih kolektora za proračun pokrivanja toplotnih gubitaka bazenske vode što ekvivalentno površini od 188m² kolektora. U tablici 8.5 prikazana je isporučena energija od solarnih kolektora u sistem za zagrevanje bazenske vode.

Tablica 8.5 Isporučena energija solarnog sistema za zagrevanje bazenske vode

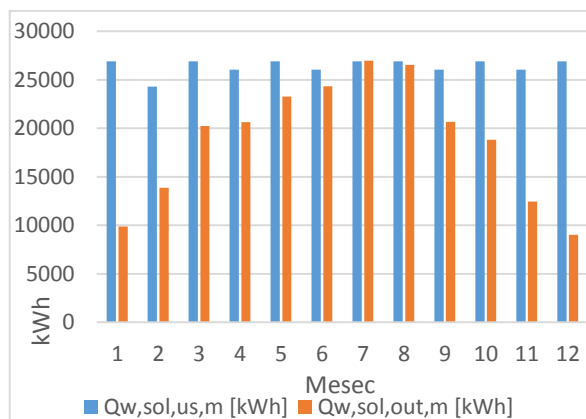
Mesec	Q _{w,sol,us,m} [kWh]	Q _{w,sol,out,m} [kWh]	f _{sol,m} [-]
I	26915	9889	0,367
II	24311	13869	0,570
III	26915	20245	0,752
IV	26047	20658	0,793
V	26915	23288	0,865
VI	26047	24351	0,935
VII	26915	26968	1,002
VIII	26915	26563	0,987
IX	26047	20661	0,793
X	26915	18839	0,700
XI	26047	12456	0,478
XII	26915	9029	0,335

$Q_{w,sol,us,m} = Q_{gub,m}$ – potrebna energija za pripremu bazenske vode [kWh]

$Q_{w,sol,out,m}$ – isporučena energija solarnog kolektora u sistem [kWh]

$f_{sol,m}$ – stopa pokrivanja [-]

Na slici 5. vidljivo je da je dobijena energija od solarnih kolektora dovoljna da se pokriju potrebe zagrevanje bazenske vode za četiri letnja meseca, dok je van letnjeg perioda ostatak energije potrebno nadoknaditi preko toplotne podstanice.



Slika 8.5 - Potrebna i dobijna energija od solarnog sistema za zagrevanje bazenske vode

Minimalna zapremina ekspanzione posude solarnog kruga zagrevanja bazenske vode računa se prema izrazu:

$$V_{nmin} = (\Delta V + V_D + V_v) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (28,52 + 662,08 + 4,91) \cdot \frac{5,5 + 1}{5,5 - 1,5} = 1065,22$$

V_{nmin} – minimalna zapremina zatvorene ekspanzione posude [l]

ΔV – promena zapremine vode sa promenom temperature [l]

V_D – preuzimanje sadržaja pare iz kolektora = $V_K = 622,08$ l

V_v – dodatna zapremina, uzima se kao 0,5% ukupnog zapremina vode u sistemu = 12,1 [l]

p_e – krajnji projektni pritisak, uzima se 0,5 bara ispod pritiska otvaranja sigurnosnog ventila [bar]

p_o – primarni pritisak ekspanzione posude prilikom isporuke – posuda pre isporuke mora biti pod pritiskom od 1,5 bara zbog visine instalacije od 10 - 15 metara [bar]

6. DIMENZIONISANJE PODNOG GREJANJA

Sistem podnog grejanja postavljen je po celom prostoru bazenskog prostora. Dimenzionisanje sistema izvršeno je u programu INTEGRACad. Temperaturni režim podnog grejanja je 45/40 °C. Instalirani toplotni učinak zavisi od otpora podne obloge, razmaku polaganja cevi, temperaturnom režimu grejnog fluida i projektnoj temperaturi vazduha u prostoriji. Broj krugova grejanja se određuje tako da se poštuju ograničenja o dužini cevi od maksimalno 130 metara i padu pritiska kroz jedan grejni krug. Temperatura poda boravišne zone ne sme prelaziti 33°C.

7. PRORAČUN VAZDUŠNOG GREJANJA

Potreba za odsisavanjem vazduha iz prostora javlja se zbog isparavanja vode iz bazena. Kao što je navedeno kod toplotnih gubitaka isparavanjem kod bazena, maseni protok isparene vode iznosi 0,0189 kg/s. Po standardu VDI 2089 računa se potrebni protok vazduha za izbacivanje, prema sledećoj formuli:

Tablica 11.1 - Potreban protok vazduha za izbacivanje

Mesec	xvz [kg/kg]	Vz [m ³ /h]
1.	0,0033	7840
2.	0,0035	7946
3.	0,0044	8712
4.	0,0059	10321
5.	0,0081	14285
6.	0,0102	21851
7.	0,0112	30023
8.	0,0112	30023
9.	0,0091	16950
10.	0,0069	11810
11.	0,0049	9236
12.	0,0037	8163

8. ZAKLJUČAK

U radu su detaljno obrađeni proračuni za odabir adekvatne opreme za pravilno funkcionisanje bazena u higijenskom smislu i u smislu održavanja zadanih parametara termičke ugodnosti. Osim toga, u radu je obrađena problematika održavanja mikroklimatskih parametara u objektima ovog tipa gde je akcentat stavljen na problem odvlaživanja vazduha i održavanja konstantne vlažnosti vazduha unutar prostora.

Za predmetni objekat predviđeni su panelni grejači (podno grejanje). Podno grejanje se od ostalih sistema razlikuje po tome što 1/3 toplote odaju konvekcijom, a 2/3 toplote odaju zračenjem kao i vazdušno grejanje preko klimakomore koja ujedno i odvlažuje vazduh.

Kao izvor toplote koriste se daljinsko grejanje i sunčevo zračenje. Kod daljinskog grejanja toplotna energija prenosi se distribucionim medijumom od toplane do podstanice umesto da se proizvodi u svakom objektu zasebno. Sunčevo zračenje ima za prednost to što je taj izvor energije neiscrpan i besplatan, ne zagađuje okolinu, nema potencijalnih opasnosti od korišćenja i koristi se za niskotemperaturne režime grejanja.

9. LITERATURA

- [1] ***, Standard DIN 19463-1 „Bazenska tehnika“
- [2] ***, Standard DIN 19463-2 „Bazenska tehnika“
- [3] Recknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković, „Grejanje i klimatizacija“, Vrnjačka Banja, 2004

Kratka biografija:



Dejan Lazarević rođen je u Subotici 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Termoenergetika odbranio je 2021. god.