

**PROJEKAT VODOVODNE I HIDRANTSKE MREŽE ZA VISOKE STAMBENE OBJEKTE NA PRIMERU „SKYLINE – KULA A“****WATER SUPPLY AND HYDRANT NETWORK PROJECT FOR HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS ON THE EXAMPLE OF “SKYLINE – TOWER A”**Vladimir Trebovac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu su izložene metode koje se koriste za projektovanje vodovodne i hidrantske mreže za visoke stambene objekte. Za dimenzionisanje mreže korišćena je Brix-ova metoda, kao i softverski paket EPANET. Na osnovu analiziranja kritičnih tačaka mreža je podeljena po zonama i za svaku zonu određeno postrojenje za povišenje pritiska.

**Ključne reči:** Projektovanje vodovodne i hidrantske mreže, Postrojenje za povišenje pritiska, EPANET, Metoda J. Brix-a.

**Abstract** – The project presents methods used for design of water supply and hydrant network installations for high-rise residential buildings. The Brix method was used for sizing the network, as well as the EPANET software package. Based on the analysis of critical points, the network is divided into zones and a pressure boosting plant is determined for each zone.

**Keywords:** Water supply, Hydrant network, Pressure boosting plant, EPANET, J. Brix Method.

**1. UVOD**

Poslovno stambeni kompleks „Skyline Belgrade” nalazi se u Beogradu na teritoriji opštine Savski venac, između ulica Kneza Miloša, Drinske, Sarajevske i Durmitorske. Kompleks se sastoji od četiri objekta sa zajedničkom garažom koja čini podzemni deo kompleksa. Nad garažom, objekti su na nivou Ulice kneza Miloša spojeni zajedničkim trgom i uređenom slobodnom površinom. Od četiri objekta koja čine kompleks, tri spadaju u kategoriju visokih objekata-kula (Slika 1.2), a to su:

- Stambeno-komercijalna kula A
- Stambeno – komercijalna kula B
- Poslovna Kula C

Tema ovog rada bazirana je na stambeno-komercijalnoj kuli A, koja je pored garaže planirana u izgradnji prve faze. Objekat se nalazi uz ulice Sarajevka i Drinska i spada u kategoriju visokih objekata spratnosti P+24. Predviđene konstruktivne visine su 320 cm za stambene spratove, odnosno 640 cm za ulaz na nivou trga. Na

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Srđan Kolaković.

prizemlju je smešten bazen koji se projektuje u sivoj fazi, namenjen stanarima kompleksa.



Slika 1.2 – 3D model poslovno stambenog kompleksa „Skyline Belgrade“

Uz ulaz sa recepcijom na nivou platoa, predviđeni su komercijalni sadržaji. Sav ostali prostor namenjen je stanovanju, od prvog do 24 sprata. Stanovi su različite strukture od dvosobnih do četvorosobnih i stanova tipa „panthouse” na poslednje tri etaže kule. Broj stanova po spratu varira od 2-10, sve u zavisnosti od spratnosti i strukture stana. Na kuli ima ukupno 134 stana.

**2. VODOVODNA MREŽA****2.1 Unutrašnja vodovodna mreža**

Vodovodna mreža od priključka u Ulici kneza Miloša ulazi u tehničku prostoriju G.T.G1.3 u garaži, gde je obezbeđen prostor za smeštaj vodomera za sanitarnu mrežu svih objekata koji pripadaju kompleksu. U kuli A, vodovodna mreža je razdvojena na sanitarnu mrežu za stanove, mrežu potrebnu za bazen i spa, kao i posebnu mrežu za potrebe lokala. Od tehničke prostorije u kojoj su smešteni vodomeri, sanitarna mreža se vodi u plafonu, na etaži -1 garaže, sve do prostorije G.T.G1.15, gde su smeštena postrojenja za povišenje pritiska.

**3. HIDRAULIČKI PRORAČUN UNUTRAŠNJE SANITARNE MREŽE****3.1 Metod J. Brix-a**

Svako točeće mesto troši određenu količinu vode, koja protiče u određenoj deonici cevovoda, što izražavamo

kroz broj jedinica opterećenja ili skraćeno J.O., koje se uvode kako bi se pojednostavio proračun. Jedna J.O. predstavlja količinu vode koja protiče pri punim mlazom kroz cev prečnika Ø15mm i pod pritiskom od 5 bara. Kod stambenih objekata sa sličnim režimom potrošnje vode, potrebna količina vode za objekat i dimenzionisanje mreže se određuje prema broju jednovremenog rada točućih mesta u objektu.

Na osnovu iskustva i merenja, inženjer Brix je došao do veoma prekičnog izraza koji se uglavnom koristi u praksi, a kojim se definiše odnos između potrebne količine vode, jedinica opterećenja i broja jednovremenog rada točućih mesta. Merodavni proticaji za dimenzionisanje cevi kućnog vodovoda se određuju jednačinom:

$$q = 0,25 \cdot \sqrt{\sum J.O.} \quad (l/s)$$

Za dimenzionisanje cevi koristi se metoda DVGW (Tabela 3.4), za otpore u metrima vodenog stuba na jednici dužine cevovoda ( $I_E$ ), uključujući otpore u kolenima, računama i ventilima, ali bez otpora u vodomeru. Ispod svake „č“- čelične cevi, odnosno „p“-cevi od plastične mase, bakra i olova, dati su unutrašnji prečnici u mm. Podvučene vrednosti odgovaraju brzini vode od 2,5 m/s koju ne treba prekoračivati.

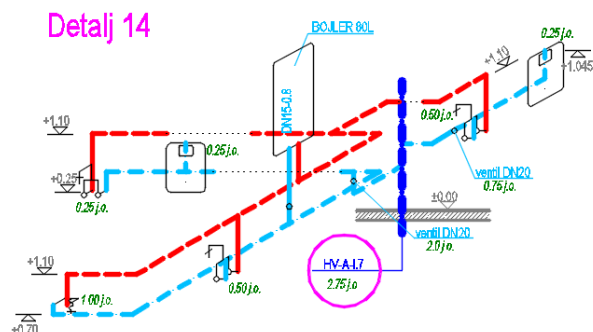
Tabela 3.4. Otpori u metrima vodenog stuba po jedinici dužine cevovoda

zbir j.p.	q (l/s)	Oznaka prečnika															
		č 15*	p 16	č 20	p 20	č 25	p 25	č 32	p 30	č 40	p 40	č 50	p 50				
0,5	0,18	0,39	0,15	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01									
1	0,25	0,78	0,29	0,16	0,09	0,05	0,03	0,01	0,01								
1,5	0,31	1,18	0,44	0,25	0,13	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01							
2	0,35	1,57	0,59	0,33	0,18	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01							
2,5	0,40	1,96	0,73	0,41	0,22	0,12	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01						
3	0,43	2,35	0,88	0,49	0,26	0,15	0,08	0,04	0,03	0,01	0,01						
4	0,50	3,13	1,18	0,66	0,35	0,20	0,11	0,05	0,04	0,02	0,01						
5	0,56			0,82	0,44	0,24	0,13	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01					
6	0,61			0,98	0,53	0,29	0,16	0,08	0,06	0,02	0,01	0,01					
7	0,66			1,15	0,61	0,34	0,18	0,09	0,07	0,03	0,01	0,01					
8	0,70			1,31	0,70	0,39	0,21	0,10	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01				
9	0,75			1,48	0,79	0,44	0,21	0,11	0,09	0,03	0,02	0,01	0,01				
10	0,79			1,64	0,88	0,49	0,26	0,13	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01				
12	0,87			1,97	1,05	0,59	0,32	0,15	0,12	0,05	0,02	0,01	0,01				
14	0,94			2,30	1,23	0,68	0,37	0,18	0,14	0,05	0,03	0,02	0,01				
16	1,00					0,78	0,42	0,20	0,16	0,06	0,03	0,02	0,01				
18	1,06					0,88	0,47	0,23	0,18	0,07	0,04	0,02	0,01				
20	1,12					0,98	0,53	0,25	0,20	0,08	0,04	0,02	0,01				
25	1,25					1,22	0,66	0,32	0,25	0,09	0,05	0,03	0,02				
30	1,37					1,46	0,79	0,38	0,29	0,11	0,06	0,03	0,02				
35	1,48							0,45	0,34	0,13	0,07	0,04	0,02				
40	1,58							0,51	0,39	0,15	0,08	0,05	0,02				
45	1,68							0,57	0,44	0,17	0,09	0,05	0,03				
50	1,77							0,64	0,49	0,19	0,10	0,06	0,03				
60	1,94							0,77	0,59	0,23	0,11	0,07	0,04				
70	2,09							0,89	0,69	0,27	0,14	0,08	0,04				
80	2,24							1,02	0,79	0,30	0,16	0,09	0,05				
90	2,37							1,15	0,89	0,34	0,18	0,10	0,06				
100	2,50									0,38	0,20	0,11	0,06				
120	2,74									0,45	0,23	0,14	0,07				
140	2,96									0,53	0,29	0,16	0,09				
160	3,16									0,61	0,33	0,18	0,10				
180	3,35									0,68	0,37	0,20	0,11				
200	3,54									0,76	0,41	0,23	0,12				
250	3,95											0,28	0,15				
300	4,33											0,34	0,19				

### 3.2 Hidraulički proračun prve zone

Za svaki sanitarni čvor na vertikalama određen je broj jedinica opterećenja (J.O.), pa tako zbir svih potrošača na prvoj zoni sanitarne mreže iznosi 438,25 J.O. Na osnovu analize vertikala prema broju jedinica opterećenja, za prvu deonicu prema kojoj je rađen proračun uzima se čvor na vertikali označenoj kao HV-A-I.7. Saniradni čvor od kojeg kreće da se radi proračun se nalazi na najudaljenijem i najvišem visinskom položaju prve zone. Na aksonometrijskoj šemi (Slika 3.5), prikazan je

raspored jedinica opterećenja prema vrsti točućeg mesta. Za svakog potrošača određena je J.O., pa tako dolazimo do ukupnog broja od 2,75 J.O. za detalj 14.

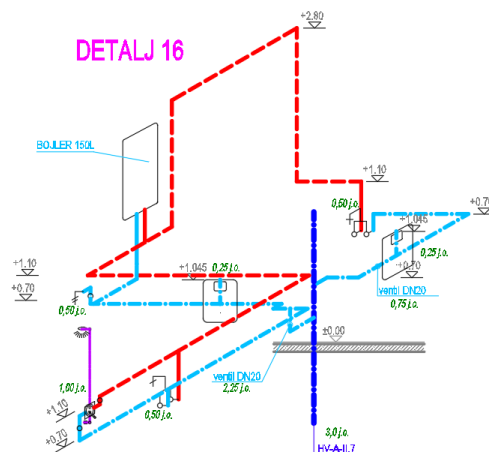


Slika 3.5. Aksonometrijska šema sanitarnog čvora deonice 1-2

Na osnovu dimenzionisanja vodovodne mreže prve zone od najvišeg teočućeg mesta do priključka na spoljnu mrežu, dolazimo do potrebnog pritiska na vodovodnom priključku.

### 3.2 Hidraulički proračun druge zone

Za svaki sanitarni čvor na vertikalama određen je broj jedinica opterećenja (J.O.), pa tako zbir svih potrošača na drugoj zoni sanitarne mreže iznosi 358,50 J.O. Na osnovu analize vertikala prema broju jedinica opterećenja, za prvu deonicu prema kojoj je rađen proračun uzima se čvor na vertikali označenoj kao HV-A-II.7. Sanitarni čvor od kojeg kreće da se radi proračun se nalazi na najudaljenijem i najvišem visinskom položaju druge zone. Na aksonometrijskoj šemi (Slika 3.9), prikazan je raspored jedinica opterećenja prema vrsti točućeg mesta. Za svakog potrošača određena je J.O., pa tako dolazimo do ukupnog broja od 3,00 J.O. za detalj 16.



Slika 3.9 – Aksonometrijska šema sanitarnog čvora deonice 1-2

Na osnovu dimenzionisanja vodovodne mreže druge zone od najvišeg teočućeg mesta do priključka na spoljnu mrežu, dolazimo do potrebnog pritiska na vodovodnom priključku.

### 3.3 Postrojenje za povišenje pritiska

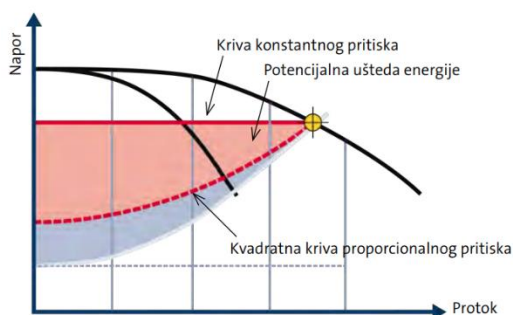
Pumpe za povišenje pritiska se dimenzionišu na osnovu proračunate statičke visine i dinamičkih gubitaka. Statički napor se određuje kao visina zone podizanja pritiska. Drugim rečima, statički napor je uvek prisutan bez obzira na potrošnju vode.

Sa druge strane, dinamički gubici zavise od protoka vode. Što je veći protok u sistemu, više je dinamičkih gubitaka u cevovodu i priključcima. Ukupan napor sistema za povišenje pritiska mora savladati statičku visinu, dinamičke gubitke kao i nadpritisak na poslednjem točecem mestu.

Postrojenja za povišenje pritiska treba da poseduju frekventni regulator pritiska, koji reguliše snagu rada pumpe pri promenama u protoku usled neravnomerne potrošnje vode u mreži. Primer takvog sistema su pumpe iz serije Hydro MPC proizvođača Grundfos, koji standardno dolazi sa režimom proporcionalnog pritiska, a može raditi i bez udaljenih senzora u sistemu.

U ovom slučaju, regulator radi na osnovu senzora koji je postavljen u izlaznu razvodnu granu sistema za povišenje pritiska. Kada se regulator programira uz procenat frikcionog napora i traženi režim adaptacije, on će automatski prilagoditi napor kako bi nadoknadio frikционе gubitke primećene u sistemu.

Grundfos Hydro MPC može raditi u dva različita režima proporcionalnog pritiska: linearnoj adaptaciji na dinamičke gubitke i kvadratnoj koja simulira stvarne uslove sistema sa udaljenim senzorom. Crveno područje predstavlja potencijalnu uštedu energije postignute uz kvadratni proporcionalni pritisak Slika 3.11.



Slika 3.11. Potencijalna ušteda energije primenom kvadratnog proporcionalnog pritiska

## 4. HIDRAULIČKI PRORAČUN UNUTRAŠNJE HIDRANTSKE MREŽE

### 4.1 Proračun prve zone hidrantske mreže

Prema članu 20 (Sl. glasnik br. 3/2018), za ovu vrstu i visinu objekta predviđen je istovremeni rad pet unutrašnjih hidranata ( $Q=5 \times 2,5=12,5$  l/s).

Analizom rada pet unutrašnjih hidranata na različitim pozicijama i vertikalama, ispostavlja se da je najnepovoljniji slučaj raspored hidranata na vertikali PV-A-I.1, počev od najugroženijeg hidranta na 11. spratu pa na niže do 7. sprata.

Proračun za najkritičniju tačku i dimenzionisanje hidrantske mreže je rađeno u softverskom paketu EPANET-u. Mreža je modelovana na osnovu aksonometrijske šeme, gde je iz programa AutoCAD prebačena u EPANET.

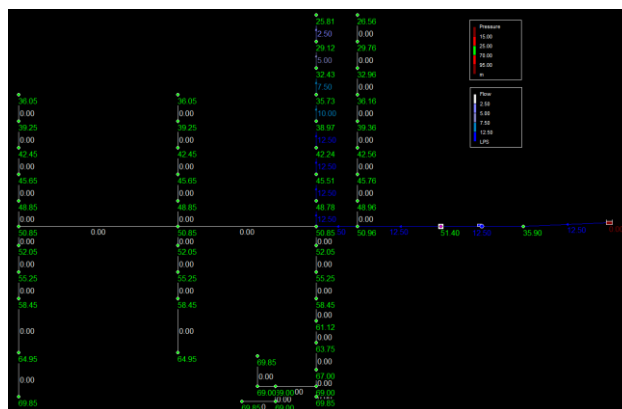
Postrojenje za povišenje pritiska se dimenzioniše na osnovu razlike potrebnog pritiska na vodovodnom priključku i garantovanog pritiska u spoljnoj mreži.

Određivanje gubitaka u hidrantskoj mreži, počev od najugroženijeg hidrantskog priključka na 11. spratu prikazano je u Tabeli 5.5.

Tabela 5.5 Određivanje gubitaka na hidrantskoj mreži

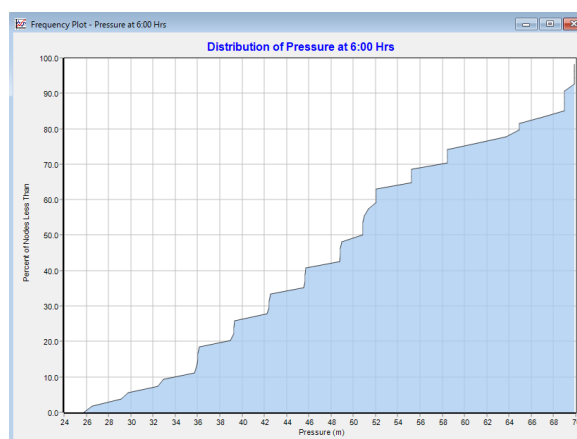
Deonica	JO	L (m)	D <sub>usv</sub> (mm)	Q (l/s)	v (m/s)	l (m/m)	DH <sub>i</sub> (m)
1-2	100	3.2	50	2.50	1.274	0.11	0.352
2-3	400	3.2	65	5.00	1.508	0.06	0.192
3-4	900	3.2	80	7.50	1.493	0.04	0.128
4-5	1600	3.2	100	10.00	1.274	0.01	0.032
5-6	2500	3.2	100	12.50	1.592	0.02	0.064
6-7	2500	47.9	100	12.50	1.592	0.02	0.958
7-8	2500	187	100	12.50	1.592	0.02	3.740

Na Slici 5.9, prikazan je raspored pritiska u mreži za slučaj rada svih pet hidranata, na najnepovoljnijem mestu, uz projektovano postrojenje za povišenje pritiska. Raspored pritiska je u dozvoljenoj granici od 2,5-7,0 bara.



Slika 5.9. Raspored pritiska u hidrantskoj mreži uz rad postrojenja za povišenje pritiska

Za simulaciju požara u trajanju od dva sata, raspored pritiska na hidrantima pri protoku od 12,5 l/s prikazan je na Slici 5.11.



Slika 5.11. Raspored pritiska na hidrantima pri protoku 12,5 l/s

### 4.2 Proračun druge zone hidrantske mreže

Prema članu 20 (Sl. glasnik br. 3/2018), za ovu vrstu i visinu objekta predviđen je istovremeni rad pet unutrašnjih hidranata ( $Q=5 \times 2,5=12,5$  l/s).

Analizom rada pet unutrašnjih hidranata na različitim pozicijama i vertikalama, ispostavlja se da je najnepovoljniji slučaj raspored hidranata na vertikali PV-A-II.1, počev od najugroženijeg hidranta na 24. spratu pa na niže do 20. sprata.

Proračun za najkritičniju tačku i dimenzionisanje hidrantske mreže je radeno u softverskom paketu EPANET-u. Mreža je modelovana na osnovu aksonometrijske šeme, gde je iz programa AutoCAD prebačena u EPANET.

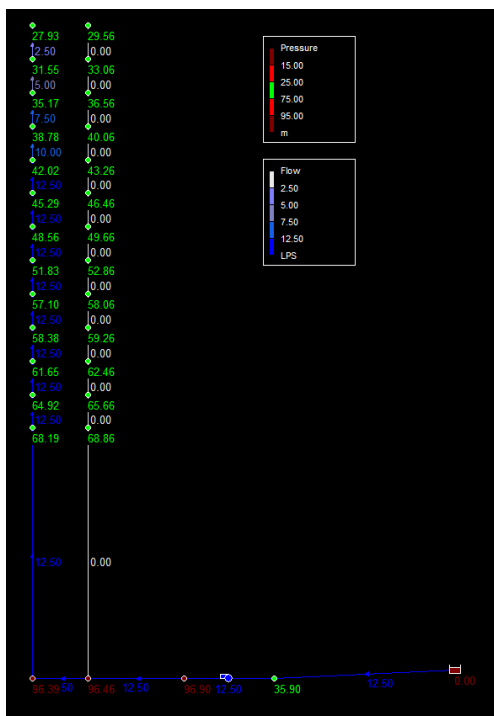
Postrojenje za povišenje pritiska dimenzioniše se na osnovu razlike potrebnog pritiska na vodovodnom priključku i garantovanog pritiska u spoljnoj mreži.

Određivanje gubitaka u hidrantskoj mreži, počev od najugroženijeg hidrantskog priključka na 24. spratu prikazano je u Tabeli 5.7.

Tabela 5.5. Određivanje gubitaka na hidrantskoj mreži

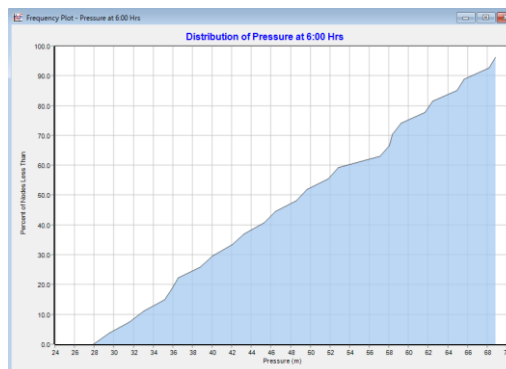
Deonica	JO	L (m)	D <sub>UV</sub> (mm)	Q (l/s)	v (m/s)	I (m/m)	DH <sub>i</sub> (m)
1-2	100	3.5	50	2.50	1.274	0.11	0.385
2-3	400	3.5	65	5.00	1.508	0.06	0.210
3-4	900	3.5	80	7.50	1.493	0.04	0.140
4-5	1600	3.2	100	10.00	1.274	0.01	0.032
5-6	2500	3.2	100	12.50	1.592	0.02	0.064
6-7	2500	87.3	100	12.50	1.592	0.02	1.746
7-8	2500	187	100	12.50	1.592	0.02	3.740

Na Slici 5.14, prikazan je raspored pritisaka u mreži za slučaj rada svih pet hidranata, na najnepovoljnijem mestu, uz projektovano postrojenje za povišenje pritiska. Raspored pritisaka je u dozvoljenoj granici od 2,5-7,0 bara.



Slika 5.14. Raspored pritisaka u hidrantskoj mreži uz rad postrojenja za povišenju pritiska

Za simulaciju požara u trajanju od dva sata, raspored pritisaka na hidrantima pri protoku od 12,5 l/s prikazan je na Slici 5.16.



Slika 5.16. Raspored pritisaka na hidrantima pri protoku 12,5 l/s

## 5. ZAKLJUČAK

Prilikom projektovanja vodovodne mreže za visoke objekte, dolazimo do velikih vrednosti statičkih visina, koje pumpe treba da savladaju. Pored statičke visine i nadpritiska, pumpe moraju savladati dinamičke gubitke koji zavise od količine protoka vode.

Sa aspekta uštede energije, bitno je odabrati postrojenja za povišenje pritiska sa režimom proporcionalnog pritiska, gde se pritisak smanjuje pri niskom a povećava pri visokom protoku kako bi se kompenzovala vrednost dinamičkih gubitaka.

## 6. LITERATURA

- [1] Dr. Dejan Ljubisavljević, Mr Branislav Babić, Mr Aleksandar Đukić, Mr Branislava Jovanović; „Komunalna hidrotehnika primeri iz teorije i prakse“, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2010.
- [2] EPANET 2 – Software documentation, September 2000.
- [3] Pravilnik o tehničkim normativima za instalacije hidrantske mreže za gašenje požara (“Sl. glasnik RS”, br. 3/2018).

### Kratka biografija:



**Vladimir Trebovac** rođen je u Prijedoru 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Komunalna hidrotehnika odbranio je 2021. god.

kontakt: [trebovac.vladimir@gmail.com](mailto:trebovac.vladimir@gmail.com)