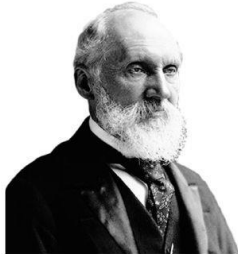


Aleksandar Regent, Nikica Tramontana

Hidrantska mreža – osnova efikasne intervencije Hydrant network - The basis for effective intervention

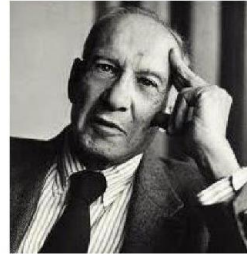
Ako ne možeš izmjeriti, onda ne možeš niti napredovati, Lord Kelvin, 1848.



To measure
is to know.
If you can not
measure it,
you can not
improve it.

- Lord Kelvin

**Peter
Drucker: "If
you can't
measure
it, you can't
manage it."**



Uvod

Introduction

Budući da je voda osnovno sredstvo za gašenje požara, vatrogascima je bitno znati da na određenom mjestu mogu dobiti traženi protok vode (L/min) pri minimalnom potrebnom tlaku. Ako vode ima dovoljno, podizanje njenog tlaka pumpama najčešće nije problem. Ako vode nema dovoljno, potrebno ju je dovoziti cisternama, što je postupak koji zahtijeva mnogo vozila i ljudi te značajno otežava i komplicira gašenje požara. Izvor vode u pravilu je hidrantska mreža. Ako performanse hidrantske mreže nisu unaprijed poznate, velika je vjerojatnost da će gašenje većeg požara na lokaciji sa slabom mrežom biti suboptimalno i da će štete biti osjetno veće.

U ovome radu obrađuje se samo vanjska hidrantska mreža, uspoređuju njene performanse određene propisima sa stvarnim potrebama vode pri gašenju požara, te pitanje njenog održavanja u primjerenom stanju. Minimalne performanse ove instalacije određene su Pravilnikom o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 08/06), a njeno ispitivanje Pravilnikom o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara (NN 44/12). Prvim od ovih pravilnika propisuju se zahtjevi za hidrantske mreže za gašenje požara i slučajevi u kojima se za zaštitu od požara ona obvezatno primjenjuje, odnosno navode građevine, prostori i mjesta za koja je njena gradnja obvezna. Zakonom o ZOP (NN 92/10) određeno je da su korisnici stabilnih sustava za gašenje dužni iste održavati u ispravnom stanju. Hidrantska mreža je dio komunalne infrastrukture koji bi trebao biti funkcionalan desetljećima nakon izgradnje. Njenu ispravnost mogu ugroziti mnogi nepovoljni utjecaji: korozija cjevovoda, ventila i hidranata, nakupljanje nečistoća, pucanje cijevi zbog prometnih opterećenja ili obližnjih građevinskih radova, tektonski poremećaji, vandalizam, priključivanje novih potrošača itd. Stoga se ispravnost hidrantske mreže mora potvrditi ispitivanjem koje provodi ovlaštena pravna osoba, najmanje jednom godišnje, na način da ta osoba korisniku izda odgovarajuće uvjerenje (Zakon o ZOP, čl. 40). Budući da je stvarnost često drugačija, te da vatrogasci rijetko dobivaju podatke o rezultatima ispitivanja, u radu se predlaže da vatrogasci dobiju pravo i obvezu obavljanja mjerenja performansi vanjske hidrantske mreže te daju tehničke preporuke za obavljanje tog zadatka.

Zahtjevi i pitanja

Performance and questions

Minimalne performanse vanjske hidrantske mreže prema Pravilniku o HM, a od značaja za vatrogasce su sljedeće:

- Statički tlak ≤ 12 bara

- Rezidualni (ostatni) tlak¹ pri traženom protoku $\geq 2,5$ bara
- Protok vode za zaštitu naseljenih mjesta ≥ 600 L/min
- Protok vode u ovisnosti o požarnom opterećenju (MJ/m^2) i površini štice objekta 600 – 2100 L/min
- Za objekte površine $> 5000 \text{ m}^2$ i požarnog opterećenja $> 2000 \text{ MJ/m}^2$ treba izračunati potreban protok vode za svaki objekt posebno
- Vrijeme sigurne dobave vode ≥ 120 minuta

Spomenimo usput da je norma HRN DIN 3222 za nadzemne protupožarne hidrante povučena od strane DIN-a i HZN-a, te godine 2007. zamijenjena normom HRN EN 14384:2007. U skladu s Uredbom EU 305/2011 i Zakonom o građevnim proizvodima (NN 76/13), ispravnost nadzemnih hidranata mora biti potvrđena certifikatom o „stalnosti svojstava“ prema normi EN 14384. To znači da hidranti koji udovoljavaju normi DIN 3222, a koji se u Pravilniku o HM navode kao oni koji zadovoljavaju njegove uvjete, ne moraju nužno udovoljavati zahtjevima EN 14384.

Pitanja koja se mogu postaviti glede funkcionalne ispravnosti hidrantske mreže su:

- Tko je dužan osigurati da se hidrantska mreža izgradi u skladu s propisima,
- Tko je dužan provjeravati tijekom godina da hidrantska mreža i hidranti udovoljavaju propisanim uvjetima,
- Tko je odgovoran ako loše stanje hidrantske mreže dovede do otežane intervencije vatrogasaca, čije posljedice mogu biti povećane štete ili čak stradanje ljudi.

Odgovornosti Responsibilities

Prema Zakonu o ZOP, jedinice lokalne i područne samouprave dužne su na temelju procjene ugroženosti izraditi plan zaštite od požara (čl. 13), kao i godišnji provedbeni plan zaštite od požara za svoje područje, koji obuhvaća i urbanističke mjere. Urbanističke mjere propisuju izgradnju, opremanje i održavanje hidrantske mreže, te odgovornu pravnu osobu. To je pravilu komunalno društvo koje upravlja javnom vodoopskrbom u JLS. Obveza komunalnog društva je da temeljem zakona i podzakonskih propisa izradi dokument kojim se propisuju opći i tehnički uvjeti isporuke vodnih usluga, čime se uređuju međusobni odnosi između javnog isporučitelja i korisnika vodnih usluga na danom području. Svaki oblik vodne usluge uređuje se posebnim ugovorom davatelja i korisnika usluga. Uvjetima isporuke vodnih usluga propisano je tko i pod kojim uvjetima smije uzimati vodu iz javnih hidranata. Vatrogasne postrojbe u pravilu javne hidrante koriste temeljem članka 34. Zakona o vatrogastvu.

Plan zaštite od požara JLS određuje zadaće i područja djelovanja javnih vatrogasnih postrojbi i dobrovoljnih vatrogasnih društava. Odgovorni vatrogasni zapovjednik na svojem području utvrđuje i donosi tzv. Lokalni plan akcije ili Plan operativnog djelovanja vatrogasne postrojbe, koji obuhvaća korištenje svih dostupnih izvora vodoopskrbe. Autorima nije poznato postoji li u RH praksa vatrogasnih postrojbi da periodično provode kontrolu ispravnosti i performansi hidrantske mreže na njihovom području. Ipak, jedini stvarni korisnici hidrantske mreže su vatrogasci, koji nemaju nikakvu formalnu nadležnost pri planiranju, izgradnji, odobravanju niti provjeri ispravnosti hidrantske mreže. U RH nije jasno definirana obveza mjerenja performansi postojećih hidrantskih mreža niti obveza dostave takvih podataka vatrogascima.

Vrijednost svakog lokalnog plana akcije, odnosno Plana operativnog djelovanja vatrogasne postrojbe svakako bi bila veća kada bi vatrogasne postrojbe imale ovlast utvrđivanja

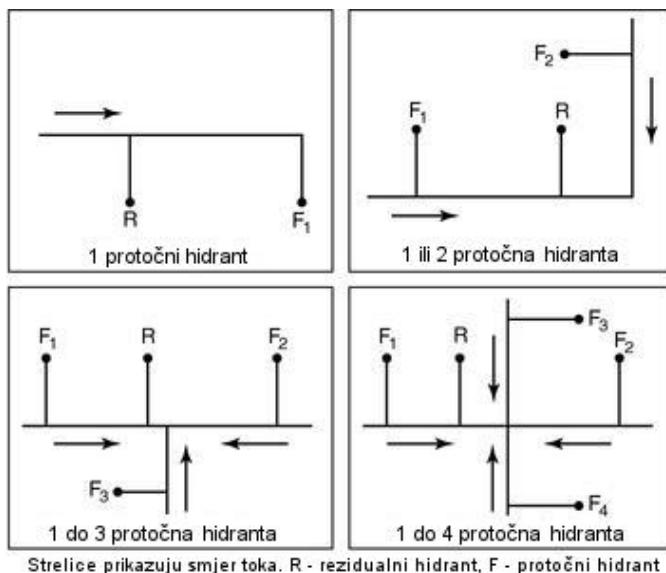
¹ Ovaj tlak se u praksi često (pogrešno) naziva dinamički

ispravnosti hidrantske mreže i usklađenosti stanja hidrantske mreže s potrebama vode za gašenje, budući da bi tako dobile mogućnost traženja da se performanse mreže usklade s planiranim potrebama.

Određivanje protoka i tlaka Flow rate and pressure testing

Budući da ne postoje europske norme za ispitivanje hidrantske mreže, za tu je svrhu moguće koristiti odgovarajuće američke standarde i preporuke. Hidrantske mreže i hidranti opisani su u standardu NFPA 291:2016 Recommended Practice for Fire Flow Testing and Marking of Hydrants i u AWWA priručniku M17 Fire Hydrants: Installation, Field Testing, and Maintenance, 5th Ed. (2016).

Prema NFPA 291, za svrhe usporedbe performansi hidranata, protok se redovno iskazuje pri rezidualnom tlaku od 1,4 bara, koji se ujedno smatra dovoljnim tlakom za vatrogasnu upotrebu, odnosno tlakom koji neće ugroziti sanitarnu ispravnost vodovodne mreže. Preporuka je da se test protoka izvede se pri uobičajenim uvjetima potrošnje vode u mreži. No izmjereni tlak vode i raspoloživi protok ovise o potrošnji vode u trenutku mjerenja. Stoga je za vatrogasce bolje da se mjerenje izvede u vrijeme dana kad je potrošnja iz mreže velika, čime se osigurava dovoljan protok vode pri svakoj eventualnoj intervenciji. Broj hidranata koji će se pri testiranju koristiti ovisi o kapacitetu vodovodne mreže na pojedinoj lokaciji i može se kretati od jedan pa čak do 7 ili 8. Za mjerenje statičkog tlaka koristi se manometar, a za mjerenje protoka potreban broj Pitot cijevi s manometrom (jedna Pitot cijev po hidrantu). Da bi se dobila zadovoljavajuća točnost rezultata, traži se da pri testu protoka tlak na rezidualnom hidrantu padne za najmanje 25%, ili pak da protok vode pri testiranju bude jednak protoku koji se smatra potrebnim za vatrogasnu intervenciju. Veličina pada tlaka može se regulirati brojem hidranata koji se otvaraju, odnosno brojem otvorenih ispusta na hidrantima. Da bi se provjerio kapacitet javnih hidrantskih mreža, mjerenje protoka treba izvesti svakih 5 godina, a da bi se provjerila ispravnost, pouzdanost i potreba za eventualnim popravcima, javne hidrante treba otvoriti i uspostaviti protok jednom godišnje (barem 1 minutu). O svim testovima treba napraviti zapisnik.

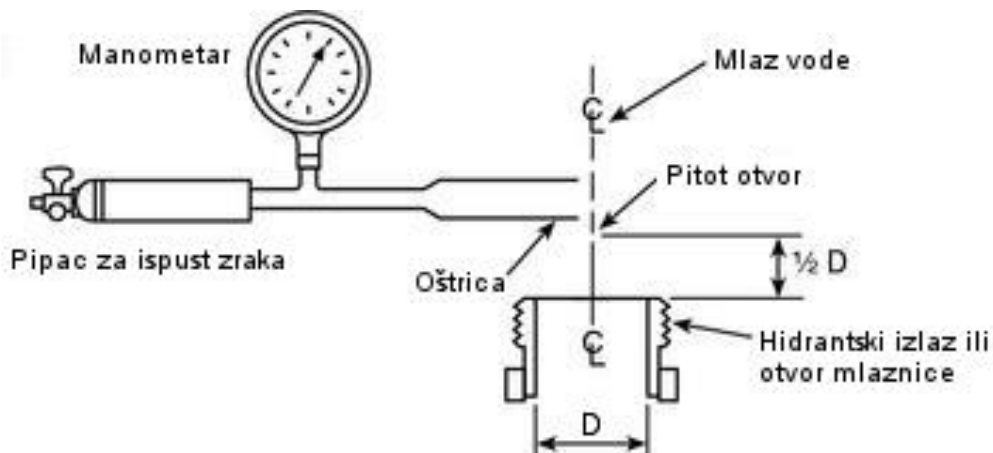


Slika 1. Predloženi raspored pri testu hidrantske mreže (NFPA 291)

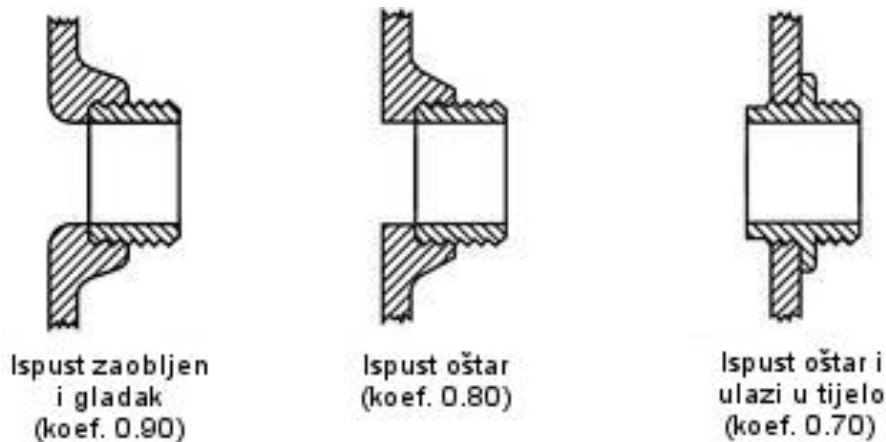
Figure 1. Suggested test layout for hydrants (NFPA 291)

Postupak ispitivanja je sljedeći:

- Statički tlak se izmjeri na rezidualnom hidrantu (oznaka R)
- Mjerni hidranti se otvaraju postepeno, jedan za drugim (oznaka F₁, F₂ ...)
- Nakon što su iz mreže izbačene nečistoće (pijesak i sl.), na manometrima Pitot cijevi mjernih hidranata očita se kinetički² ili Pitot tlak (tlak proporcionalan brzini strujanja vode), a na rezidualnom hidrantu istodobno rezidualni tlak
- Pitot tlak se zbog točnosti mjeri na manjim hidrantskim ispustima (2" ili 2½") i trebao bi se kretati između 0,7 i 2,0 bara ako je moguće
- Po završenom očitavanju, polako se zatvore svi hidranti, jedan po jedan.



Slika 2. Postavljanje Pitot cijevi
Figure 2. Pitot tube position



Slika 3. Tri općenita tipa hidrantskih ispusta i njihovi koeficijenti istjecanja
Figure 3. Three general types of hydrant outlets and their coefficients of discharge

Temeljem izmjerenog kinematičkog tlaka i promjera ispusta, protok se može izračunati prema relaciji:

$$Q = 0,666 \cdot c_i \cdot d^2 \cdot \sqrt{p_v} \quad (\text{L/min}) \quad (1)$$

pri čemu je:

$c_i = 0,70 - 0,90$, koeficijent istjecanja, u ovisnosti o hidrauličkoj kvaliteti otvora (slika 3),

d = stvarni promjer ispusnog otvora (mm),

p_v = kinematički (Pitot) tlak (bar).

² Ovaj tlak nazivat će se dalje „kinetički“ ili „Pitot“, iako bi ga zapravo trebalo zvati „dinamički“

Protoci se alternativno mogu očitati iz tablica koje se nalaze u NFPA 291 (za $c_i = 1$), a u ovisnosti o promjeru ispusta i kinematičkom (Pitot) tlaku.

Pad tlaka u mreži (p_f) izračunava se prema empirijskoj Hazen-Williams formuli, prikladnoj za vodu u cijevima promjera > 50 mm i brzine strujanja do 3 m/s:

$$p_f = 6,05 \cdot 10^5 \frac{Q^{1,85}}{c^{1,85} \cdot D^{4,87}} \left(\frac{\text{bar}}{\text{m}} \right) \quad \text{ili} \quad p_f = 6,05 \cdot 10^7 \frac{Q^{1,85}}{c^{1,85} \cdot D^{4,87}} \left(\frac{\text{bar}}{100 \text{ m}} \right) \quad (2)$$

pri čemu je C koeficijent hrapavosti cijevi.

Transformirana Hazen-Williams formula (2) omogućava izračunavanje protoka pri rezidualnom tlaku različitom od rezidualnog tlaka pri testu:

$$Q_R = Q_F \left(\frac{p_r}{p_f} \right)^{0,54} \quad (3)$$

pri čemu je:

Q_R = protok pri traženom rezidualnom tlaku

Q_F = protok izmjeren pri testiranju

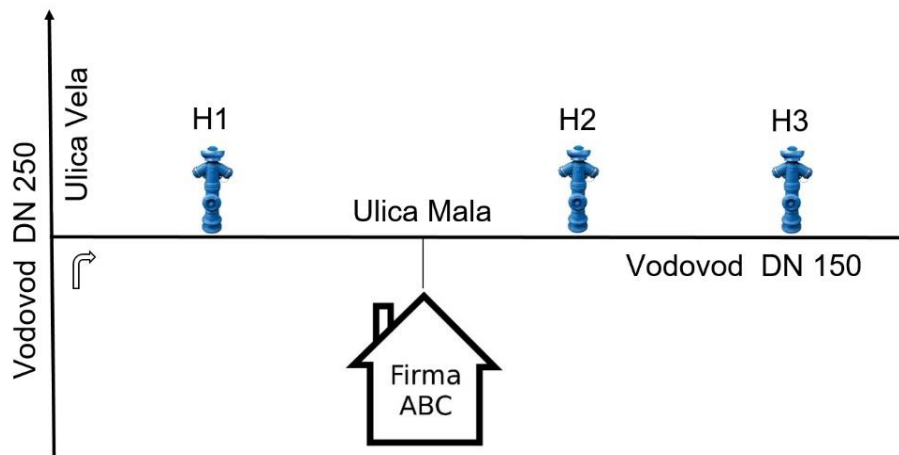
p_r = pad tlaka pri traženom rezidualnom tlaku

p_f = pad tlaka izmjeren pri testiranju.

Jedinice u relaciji (3) nisu važne, pod uvjetom da su protoci i padovi tlaka izraženi u istim jedinicama.

O mjerenju se sastavlja tipski izvještaj, a rezultate testa protoka trebalo bi ucrtati u hidraulički graf. Hidraulični graf crta se na posebnom papiru (apscisa je protok na eksponent 1,85), pa se performanse hidrantske mreže pokazuju kao ravna linija iz koje se lako očitavaju protoci pri različitim rezidualnim tlakovima.

Postupak ispitivanja prema NFPA 291 prikazan je na primjeru prikazanom na slici 4. Od magistralnog vodovoda DN 250 mm u ulici Vela, odvaja se ogranak DN 150 mm u ulici Mala, na koji je priključena hidrantska mreža firme ABC. Na ogranku DN 150 nalaze se u blizini firme ABC nadzemni hidranti H1, H2 i H3. Hidrant H1 odabran je za mjerenje statičkog tlaka (hidrant R) i na njemu je izmjeren tlak od 5,0 bara. Hidrant H2 odabran je za mjerenje protoka. Izmjeren mu je ispusni otvor ($d = 63,5$ mm), a prema njegovoj izvedbi zaključeno je da mu je koeficijent istjecanja $c_i = 0,80$. Izmjereni Pitot tlak na tom ispustu bio je 1,25 bara, a istodobno je na H1 izmjeren statički tlak od 4,3 bara. Zatim je otvoren i drugi ispust na H2, pa je Pitot tlak pao na 0,70 bara, a statički na 3,5 bara. Uvrštenjem u relaciju (1) dobiveni su protoci (zaokruženi na 2 decimale). Rezultati mjerenja i izračuna prikazani su u tablici 1.



Slika 4. Primjer mjerenja protoka i tlaka
Figure 4. Flow and pressure test - example

Tablica 1. Zapisnik testa protoka
Table 1. Log of waterflow test

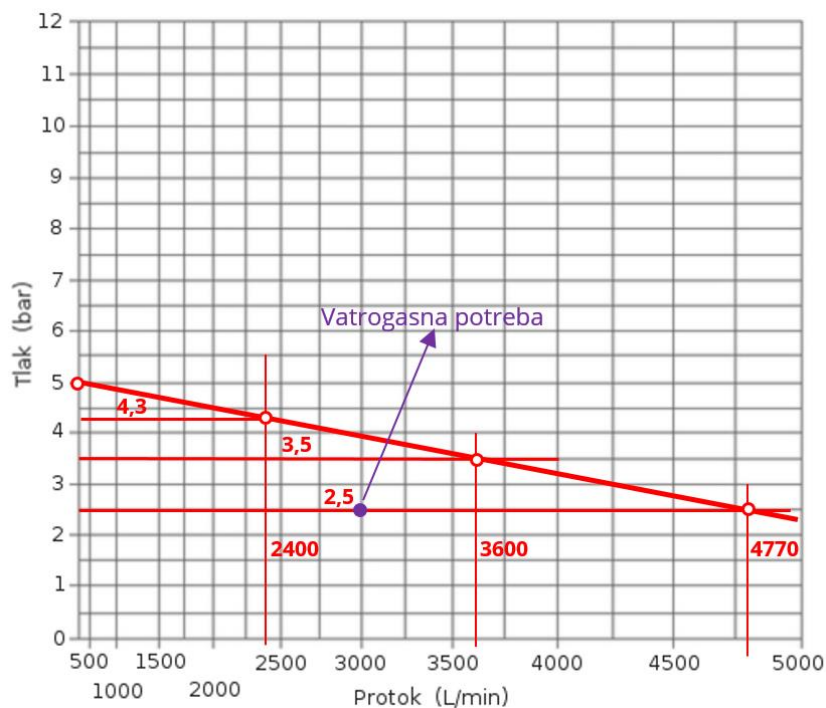
Lokacija: Ulica Mala, firma ABC				
Hidranti: $d = 63,5 \text{ mm}$, $c_i = 0,8$				
Tlak H1 (bar)	Kinematički (Pitot) tlak, p_v (bar)		Protok (L/min)	Ukupni protok (L/min)
	H2	H3		
$p_{st} = 5,0$	-	-	0	0
$p_{r1} = 4,3$	1,25	-	2400	2400
$p_{r2} = 3,5$	0,70	-	1800	3600
	0,70	-	1800	

Rezultati mjerenja pokazuju da firma ABC može očekivati da u vrijeme normalne potrošnje vode u vodovodnoj mreži za slučaj požara ima na raspolaganju dobavu vode od 2400 L/min pri rezidualnom tlaku od 4,3 bara, odnosno na 3600 L/min pri tlaku od 3,5 bara. Ako vatrogasci smatraju da im je za normalan rad potreban minimalni tlak od 2,5 bara, tada oni mogu prema relaciji (3) izračunati da će pri tome tlaku moći koristiti:

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{p_{st} - 2,5}{p_{st} - p_{r1}} \right)^{0,54} = 2400 \left(\frac{5 - 2,5}{5 - 4,3} \right)^{0,54} = 4.770 \quad \text{L/min} \quad (4)$$

Rezultati mjerenja prikazani na grafu (slika 5) omogućavaju očitavanje protoka pri raznim rezidualnim tlakovima vode. Ako je npr. potreban protok vode za gašenje požara firme ABC određen s 3000 L/min pri 2,5 bara, tada se iz grafa jasno vidi da vatrogasci neće imati nikakvih problema s dobavom vode.

Na ovaj način izmjerene performanse hidrantske mreže odnose se na ono što mreža daje na ispustima iz hidranata. Performanse (tlak i protok) na ulazu u vatrogasno vozilo biti će manje i ovisit će o udaljenosti vozila od hidranata, promjera cijevi kojima je vozilo spojeno s hidrantima, broja cijevi i kvalitete vatrogasnih cijevi. Po potrebi je na sličan način moguće izmjeriti raspoloživi tlak i protok vode na mjestima koja su planirana za smještaj vozila pri gašenju požara.



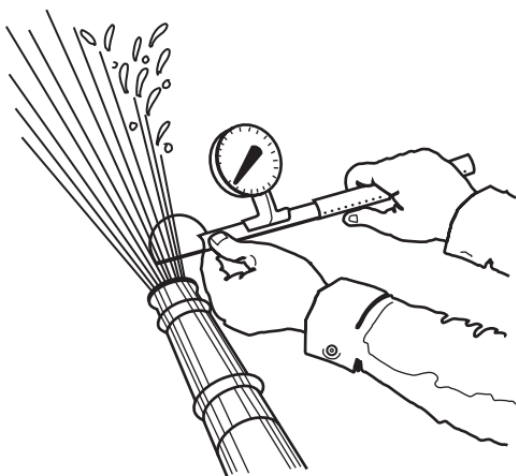
Slika 5. Performanse hidrantske mreže na semi-log n1,85 grafu

Figure 5. Hydrant mains performance on semi-log n1,85 graph

Mjerni uređaji

Measurement instruments

Pitot cijev s manometrom (slika 6) je najjednostavniji i najjeftiniji uređaj kojim je moguće izmjeriti protok u hidrantskoj mreži. Njegova upotreba ipak zahtijeva izvjesno iskustvo i pažnju pri radu, jer je za postizanje dovoljne točnosti potrebno ulazni otvor držati u sredini istjećućeg mlaza vode, paralelno s mlazom. Protoke je moguće mjeriti i točnijim instrumentima, koji su veći i skuplji. Jedan od njih koristi ugrađenu Pitot cijev s kalibriranim mlaznicama, što pojednostavljuje mjerenje i povećava točnost (slika 7), a drugi koristi elektromagnetni senzor (slika 8).



Slika 6. Mjerenje kinematičkog tlaka pomoću Pitot cijevi

Figure 6. Taking nozzle pressure with a Pitot tube



Slika 7. Mjerenje pomoću Pitot cijevi s kalibriranom mlaznicom
Figure 7. Taking nozzle pressure with a Pitot tube and calibrated nozzle



Slika 8. Mjerenje pomoću posebnog mjerača s elektromagnetnim senzorom
Figure 8. Measurement with special electromagnetic flow meter

Zaključak

Conclusion

Poznavanje stvarnog protoka i tlaka u hidrantskoj mreži od bitne je važnosti pri izvođenju većih vatrogasnih intervencija. Podaci o tlaku i mogućem protoku vode iz javne hidrantske mreže, kao i na svakom hidrantu mogu se dobiti jednostavnim mjerenjem na terenu i trebali bi predstavljati osnovu za planiranje vatrogasnih akcija pri mogućim požarnim scenarijima u naseljenim mjestima i industriji.

Vatrogasci bi stoga prilikom svake rekonstrukcije hidrantske mreže, odnosno priključivanju novih objekata na nju trebali dobiti podatke o raspoloživom protoku i tlaku vode. Ako te podatke ne mogu dobiti od javnog vodovoda ili od komunalnog društva, trebali bi ih sami pribaviti mjerenjem. Za sve hidrantske mreže trebalo bi uvesti obvezu mjerenja protoka i tlaka svakih 5 godina, a provjeru ispravnosti i pouzdanosti trebalo bi obaviti otvaranjem javnih hidranata i uspostavom protoka jednom godišnje.

Literatura:

Literature:

1. Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 08/06)
2. Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara (NN 44/12)
3. Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)

4. Uredba (EU) br. 305/2011 Europskog parlamenta i Vijeća od 9. ožujka 2011. o utvrđivanju usklađenih uvjeta za stavljanje na tržište građevnih proizvoda i stavljanju izvan snage Direktive Vijeća 89/106/EEZ
5. Zakon o građevnim proizvodima (NN 76/13, NN 30/14, NN 130/17)
6. Zakon o vatrogastvu (NN 106/99, 117/01, 36/02, 96/03, 139/04, 174/04, 38/09, 80/10)
7. NFPA 291:2016 - Recommended Practice for Fire Flow Testing and Marking of Hydrants
8. AWWA M17 Fire Hydrants: Installation, Field Testing, and Maintenance, 5th Ed. (2016)
9. NFPA Fire Protection Handbook, 15 Ed., Sec. 16, Test of water supplies, Quincy, Mass, 1981.
10. Zurich Services Corp. Risk Engineering: Water supply testing and analysis, 2015.
11. Tehničke liste Akron Brass, TSI Flowmeters