

# Pregled tehničkih standarda i proračunskih metoda za dimenzionisanje sistema natpritisne ventilacije za evakuacione puteve u slučaju požara

**D**im koji se razvija pri požaru predstavlja najveću opasnost po život ljudi i sprečava efikasno gašenje požara. Statistički podaci pokazuju da je bilo više smrtnih slučajeva u požarima zbog gušenja dimom nego iz drugih razloga (povrede, opekotivne i sl.) [1]. Dim se razvija u početnoj fazi požara i ispunjava prostor u kome je požar nastao, ugrožavajući pri tome ljude ne samo u tom prostoru već u celom objektu. Pored smanjene vidljivosti kao dodatna opasnost se javlja nadražaj očiju i disajnih puteva, što doprinosi paničnom ponašanju ljudi u požarima. Zavisno od hemijskog sastava materijala koji gori, raspoložive količine kiseonika i temperature koja se pri sagorevanju razvija, u dimu se najčešće nalaze: ugljendioksid, ugljenmonoksid, vodonik-sulfid, sumpor-dioksid, amonijak, cijanovodonik, azotni oksidi i drugi organski gasovi. Najzastupljeniji gas je ugljendioksid, a najopasniji ugljenmonoksid koji pri koncentraciji od 1,3% ima smrtonosne posledice [1].

## 1 Uvod

Vreli gasovi i dim koji nastaju pri požaru, usled manje gustine u odnosu na okolni vazduh, podižu se od žarišta prema plafonu prostorije. U zoni ispod plafona javlja se natpritisak, usled čega vreli gasovi i dim teže da kroz raspoložive otvore izađu iz prostorije. U zoni pri podu prostorije, usled strujanja vazduha naviše, vlada potpritisak koji uslovljava priliv vazduha u zonu žarišta. Kretanje dima i toplih gasova nastalih u požaru zavisi od mehanizma prirodne konvekcije koja potiče od razlike u temperaturi dima i okolnog vazduha, kao i od strujanja vazduha (vetra) oko objekata koji je zahvaćen požarom. Zaštita od dima i toplote nastalih pri požaru sastoji se u 1) eliminisanju dima i toplote iz prostorije zahvaćene požarom primenom prinudne ili prirodne ventilacije, 2) zaštiti od dima evakuacionih puteva koji nisu konstruktivno odvojeni od dela objekta zahvaćenog požarom i 3) zaštiti izolovanih evakuacionih puteva.

U ovom radu dat je pregled tehničkih standarda, nacionalnih propisa i proračunskih metoda za primenu i dimenzionisanje sistema natpritisne ventilacije koji imaju za cilj da zaštite evakuacione puteve u slučaju požara, tj. da spreče prodor dima u evakuacione puteve. Primenom ovih sistema vrši se zaštita puteva za evakuaciju u cilju efikasnijeg spašavanja ljudi i omogućava lakše kretanje i pristup vatrogascima.

## 2 Nacionalni propisi i tehnički standardi

### 2.1 Nacionalni propisi

Pravilnikom o tehničkim normativima za sisteme za odvođenje dima i toplote nastalih u požaru propisuju se tehnički normativi za sisteme za odvođenje dima i toplote prirodnim putem [2]. U ovom pravilniku je data metodologija za izračunavanje efektivne površine otvora za odvođenje dima i toplote koji se postavljaju na krovove zatvorenih prizemnih objekata i na krovove poslednjeg sprata u objektima sa više spratova. Ovaj pravilnik ne reguliše u kojim se slučajevima primenjuju sistemi za odvođenje dima i toplote i sistemi za natpritisnu ventilaciju. Opravdanost njihove primene ocenjuje se na osnovu analize opasnosti od izbijanja požara za svaki objekat posebno. Sistemi za odvođenje dima i toplote ne mogu biti zamena za uređaje za automatsko gašenje požara, već služe kao dopuna, stvarajući bolje uslove za intervenciju vatrogasnih jedinica naročito u objektima u kojima se očekuje brz razvoj požara i naglo oslobađanje toplotne energije. Analiza opravdanosti ugrađivanja sistema za odvođenje dima i toplote počiva na klasifikaciji objekata i tehnoloških procesa koji se u njima obavljaju. Klasifikacija uzima u obzir prosečno ili očekivano požarno opterećenje i pretpostavljenu brzinu oslobađanje topline iz gorivih materija ili zapaljivih tečnosti, koje se mogu zateći na mestu požara [1].

Posebним Pravilnikom propisana je obavezna primena sistema za natpritisnu ventilaciju u podzemnim garažama kako bi se obezbedilo da vatra i dim ne prodru do sigurnosnog stepeništa koje se koristi za evakuaciju u slučaju požara [3]. Propisani nivo natpritisaka u sigurnosnom stepeništu ili pretprostoru, koji razdvaja garažu od sigurnosnog stepeništa, iznosi od 20 do 80 Pa. Takođe, istim pravilnikom je propisano da ukoliko postoji funkcionalna veza garaže i objekta druge namene liftom, u liftovskom oknu se mora obezbediti natpritisak (takođe od 20 do 80 Pa) ili se mora izgraditi provetranost pretprostor sa natpritisnom vazduha na svakom nivou garaže. Površina provetranog pretprostora mora iznositi najmanje 5 m<sup>2</sup>, pri čemu pretprostor ne može biti uži od 1,25 m [3].

Pravilnikom kojim se bliže uređuju posebni tehnički normativi bezbednosti od požara za izgradnju, dogradnju i rekonstrukciju stambenih i poslovnih objekata i objekata javne namene [4] kao i Pravilnikom kojim se bliže uređuju posebni tehnički normativi bezbednosti od požara za ugostiteljske objekte [5], propisano je da se na najvišem delu stepeništa koje se koristi za evakuaciju moraju

ugraditi otvori za provetravanje, čija je površina svetlog otvora najmanje 1 m<sup>2</sup>. Otvori moraju biti takvi da se mogu otvarati sa podesta stepeništa zadnjeg sprata i da ostaju otvoreni sve vreme potrebno za odvođenje dima i toplote, tj. da ne može doći do njihovog samozatvaranja. U slučaju kada su u objektu predviđene instalacije i uređaji za automatsko otkrivanje i dojavu požara, otvori za provetravanje moraju se automatski otvarati na signal dojave požara. U slučaju da se iz nekog razloga ne mogu obezbediti ovakvi otvori, moraju se predvideti instalacije za odvođenje dima i toplote prinudnim putem ili se može predvideti drugo tehničko rešenje [5].

U podrumskim prostorima ugostiteljskih objekata u kojima boravi više od 100 lica, podrumski prostori sa više etaža na kojima borave lica i zatvorenim atrijumskim prostorima moraju se predvideti otvori za odvođenje dima i toplote prirodnim putem koji se koriste za stvaranje bezbednih uslova za evakuaciju. Površina otvora izračunava se prema metodologiji koja je data u Pravilniku [2].

U objektima specifične namene (napr. objekti viši od 75 m) u kojima se predviđa ugradnja vatrogasnog lifta, isti mora biti smešten u sopstveno okno i mora imati sopstveni pretprostor. Okno vatrogasnog lifta ili njegov pretprostor moraju biti opremljeni sistemom koji ostvaruje natpritisak koji ne prelazi 50 Pa ±10% (tako da potrebna sila za otvaranje vrata ne prelazi 100 N) projektovanim u skladu sa zahtevima standarda SRPS EN 12101-6 [6], ili pretprostor vatrogasnog lifta mora biti provetran sa najmanje 20 izmena vazduha na čas prirodnim ili prinudnim putem [4].

Za kategoriju visokih objekata, kod koji se podovi najvišeg sprata nalaze najmanje 30 m iznad kote terena na koju je moguć pristup vatrogasnim vozilima, prema posebnom propisu [7], prostor sigurnosnog stepeništa, radi odvođenja dima, mora imati otvore za prirodno provetravanje ili sisteme za prinudno provetravanje koji se uključuju automatski. Ukupna površina otvora za prirodno provetravanje mora biti najmanje 5% površine horizontalnog preseka stepenišnog šahta kome otvori pripadaju, ali ne manje od 0,5 m<sup>2</sup>. Uređaj za otvaranje prozora ili uređaj za prinudno provetravanje uključuje se automatski preko stabilnih sistema za otkrivanje i dojavu požara. Uključivanje uređaja za otvaranje prozora ili uređaja za prinudno provetravanje mora biti obezbeđeno i ručno sa mesta bezbednog od požara.

Unutrašnja sigurnosna stepeništa za objekte visine do 40 m moraju ispunjavati zahteve opisane u prethodnom pasusu ili moraju biti opremljena sistemima koji ostvaruju natpritisak koji ne prelazi 50 Pa ±10% [7], projektovanim u skladu sa zahtevima standarda SRPS EN 12101-6.

Unutrašnja sigurnosna stepeništa za objekte visine od 40 m do 75 m moraju biti opremljena sistemima koji ostvaruju natpritisak koji ne prelazi 50 Pa ±10% [7] ili moraju imati otvore za prirodno provetravanje ili sisteme za prinudno provetravanje koji se uključuju automatski i moraju biti odvojena pretprostorom. Pretprostor se mora provetravati sa najmanje 20 izmena vazduha na čas prirodnim ili prinudnim putem ili mora biti opremljen sistemom koji ostvaruje natpritisak koji ne prelazi 45 Pa ±10%. Provetravanje pretprostora se mora vršiti na svim etažama, a natpritisak se ostvaruje na etaži koja je ugrožena požarom, kao i na dve etaže iznad i jednoj etaži ispod [7].

Unutrašnja sigurnosna stepeništa za objekte visine preko 75 m

moraju moraju biti odvojena pretprostorom koji ispunjava uslove iz prethodnog pasusa i stepeništa moraju biti opremljena sistemima koji ostvaruju natpritisak koji ne prelazi 50 Pa ±10% [7].

Elementi sistema za odvođenje dima i toplote i sistema za natpritisak koji se koriste za stvaranje bezbednih uslova za evakuaciju moraju biti smešteni u neugroženom prostoru, ili moraju biti postavljeni u prostoriju koja je od ostalih prostorija u objektu odvojena zidovima i vratima otpornim prema požaru 1,5 h, pri čemu prostorija ne može biti zajednička sa komorama sistema za ventilaciju i klimatizaciju [7]. Pored napajanja električnom energijom objekta iz distributivne mreže mora se obezbediti i sigurnosni izvor za napajanje instalacija za odvođenje dima i toplote i sistema za natpritisak, koji se koriste za stvaranje bezbednih uslova za evakuaciju, u trajanju od 2 h [7].

## 2.2 Tehnički standardi

Prvi standard koji je definisao tehničke normative za natpritisnu ventilaciju bio je BS5588-4:1998 [8]. Ovaj standard je povučen 2005. godine, a nasledio ga je standard SRPS EN 12101-6 [6] koji je obavezujući za primenu i u Republici Srbiji prema Pravilnicima [4, 7]. Prema ovom standardu kontrola dima korišćenjem diferencijalnog pritiska primenjena je u nekoliko različitih klasa sistema (A do F), sa različitim zahtevima i uslovima projektovanja. Klase su sumirane u Tabeli 1.

Tabela 1. Klase sistema natpritisne ventilacije prema standardu SRPS EN 12101-6 [6]

Klasa	Primer upotrebe	Scenario
A	Putevi evakuacije. Odbrana u mestu	Pretpostavlja se da objekat neće biti evakuisan osim ako nije direktno ugrožen požarom. Nivo podele objekta na požarne sektore je takav da je generalno bezbedno za stanare da ostanu unutar objekta.
B	Putevi evakuacije i vatrogasne intervencije	Tokom vatrogasnih operacija biće neophodno otvoriti vrata između protivpožarnog pretprostora i boravišne prostorije kako bi se vatrogasci nosili sa potencijalno potpuno razvijenim požarom.
C	Putevi evakuacije sa simultanom evakuacijom	Pretpostavlja se da će ljudi biti evakuisani po aktiviranju požarnog alarma simultanom evakuacijom, tj. da će stepenište biti zauzeto za nominalni period evakuacije i da će nakon toga biti prazno.
D	Putevi evakuacije. Rizik od spavanja	Objekti tipa hoteli, hosteli i institucionalni tipovi objekata. Vreme za koje stanari mogu da stignu do zaštićenog prostora pre no što dođu do krajnjeg izlaza može biti duže od očekivanog u okruženju koje je svesno i sposobno, i može se desiti da stanari nisu upoznati sa objektom ili im je potrebna pomoć kako bi došli do krajnjeg izlaza/zaštićenog prostora.
E	Putevi evakuacije sa postepenom evakuacijom	Objekti u kojima se evakuacija u slučaju požara vrši postepeno, u fazama. Scenario postepene evakuacije pretpostavlja da će objekat biti nastanjen određeno vreme dok se požar razvija, stvarajući veći pritisak i veće količine vrelotog dima i gasa.
F	Protivpožarni sistem i putevi evakuacije	Ovaj sistem se koristiti kako bi se minimizirala mogućnost ozbiljne kontaminacije protivpožarnog stepeništa dimom tokom evakuacije i vatrogasnih intervencija.

U standardu [6] date su metode proračuna parametara sistema sa diferencijalnim pritiskom za kontrolu dima kao deo postupka projektovanja. Takođe su definisani postupci za puštanje u rad i ispitivanje sistema koji su u upotrebi sa opisom važnih elemenata instalacije.

Izveštaj o ispitivanju izdat od domaće akreditovane laboratorije treba da poseduju kanali za odimljavanje, prema SRPS EN 1366-9 [9] i ventilacioni kanali i kanali natpritisne ventilacije u delu u kojem prolaze kroz različite požarne sektore prema SRPS EN 1366-1 [10].

Ispravu o usaglašenosti izdatu na osnovu odgovarajućeg standarda treba da poseduju krovni ventilatori koji se koriste za odimljavanje (zahteva se da rade pri temperaturi od 400°C tokom 120 min) prema SRPS EN 12101-3 [11].

Izvor napajanja za sisteme sa diferencijalnim pritiskom treba da bude operativan u onom vremenskom periodu u kojem se traži od određene klase sistema da bude u funkciji. Električno napajanje treba da bude obezbeđeno iz električne mreže i rezervnog izvora napajanja (napr. dizel agregata), ili odvojenog elektro ormana koji neće biti isključen sa napajanja prilikom intervencije vatrogasne jedinice [6].

### 3 Dimenzionisanje sistema natpritisne ventilacije

#### 3.1 Opšte odredbe

Cilj sistema natpritisne ventilacije je da se stvori takav diferencijalni pritisak koji će da osigura da se dim kreće dalje od zaštićenog prostora. To se postiže održavanjem višeg pritiska u zaštićenom prostoru od onog u zoni požara. Najvažnije je da se obezbedi adekvatno odvođenje vazduha iz prostorije zahvaćene požarom kako bi se osiguralo da se održi diferencijalni pritisak.

Primena sistema natpritisne ventilacije obavezna je u podzemnim garažama i u objektima koji se svrstavaju u kategoriju visokih. Obezbeđenjem natpritisaka u sigurnosnom stepeništu ili pretprostoru, koji razdvaja ostatak objekta od sigurnosnog stepeništa, ostvaruju se uslovi za bezbednu evakuaciju ljudi u početnom stadijumu požara i sprečava se širenje dima i požara po objektu u njegovoj razvijenoj fazi.

Na stepeništima koja nemaju pretprostor neophodno je da celi stepenišni šahtovi budu pod natpritisakom. Natpritisak se ostvaruje ubacivanjem vazduha pomoću kanalskog ventilatora i sistema razvodnih kanala za vazduh ili direktnim ubacivanjem vazduha putem aksijalnog ventilatora koji se montira na fasadi objekta ukoliko za to postoje tehnički uslovi. Na usisnoj strani ventilatora može se predvideti motorna klapna koja je zatvorena kada sistem nije u funkciji. U režimu požara, uključuju se sistemi natpritisne ventilacije na nivou objekta gde je došlo do požara a motorna klapna se otvara.

Zbog uskih granica vrednosti diferencijalnog pritiska koji se zahteva u visokim objektima (50 Pa  $\pm$ 10%) [7] preporuka je da se prilikom projektovanja predvidi sistem za regulaciju ili ograničavanje diferencijalnog pritiska. Regulacija diferencijalnog pritiska se postiže ugradnjom ventilatora sa motorima koji imaju promenljiv broj obrtaja, kojima upravlja senzor diferencijalnog pritiska smešten u pretprostoru ili stepeništu. Signali od ovih senzora se dovode na analogne ulaze frekventnih regulatora koji regulišu broj obrtaja ventilatora koji opslužuje pretprostore. Pojavu prekomernog povećanja pritiska u

pretprostorima moguće je sprečiti ugradnjom rasteretnih klapni koje su podešene da se otvaraju kada pritisak u pretprostoru pređe 50 Pa.

Obavezna je ugradnja protivpožarnih klapni na mestima prolaska ventilacionih kanala kroz požarnootporne zidove. Svim sistemima se komanduje preko protivpožarne centrale i sistema za dojavu požara.

#### 3.2 Uslovi za projektovanje

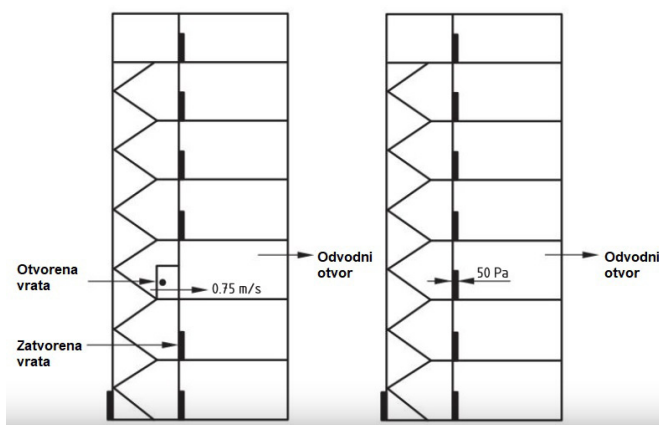
U radu su razmatrana tri karakteristična sistema (klasa A, B i F), dok se za sisteme klase C, D i E uslovi za projektovanje ne razlikuju bitno od uslova propisanih za sistem klase B [6].

Za sistem klase A, pretpostavlja se da istovremeno neće biti otvoreno više od jednih vrata prema zaštićenom prostoru (bilo da su u pitanju vrata između stepenica i pretprostora/hodnika ili prema izlaznim vratima iz objekta). Potrebna količina vazduha za ostvarivanje natpritisaka se određuje po dva kriterijuma: 1) kriterijum za brzinu vazduha i 2) kriterijum za diferencijalni pritisak.

Po prvom kriterijumu brzina vazduha koji prodire između stepenica koja su pod natpritisakom i pretprostora ili hodnika ne sme biti manja od 0,75 m/s u sledećim slučajevima:

1. kada su na bilo kom spratu otvorena vrata između pretprostora/hodnika i stepenica;
2. kada je otvoren odvodni otvor za vazduh iz pretprostora/hodnika na tom spratu;
3. kada su na svim drugim spratovima zatvorena sva vrata između stepenica i pretprostora/hodnika;
4. kada su zatvorena sva vrata između stepenica i krajnjeg izlaza iz objekta;
5. kada je krajnji izlaz zatvoren.

Uslovi projektovanja za sistem klase A prikazani su na Slici 1.



Slika 1: Uslovi projektovanja za sistem klase A [6]

Po drugom kriterijumu diferencijalni pritisak između stepenica koje su u natpritisakom i pretprostora/hodnika ne sme biti manji od 50 Pa  $\pm$  10 % u sledećim slučajevima:

1. kada su otvoreni odvodni otvori za vazduha iz pretprostora/hodnika na tom spratu;
2. kada su na svim drugim spratovima zatvorena vrata između stepenica i pretprostora/hodnika;
3. kada su zatvorena sva vrata između stepenica i krajnjeg

- izlaza iz objekta;
4. kada je krajnji izlaz zatvoren.

Tolerancija vrednosti diferencijalnog pritiska od  $\pm 10\%$  se ne koristi prilikom proračuna potrebne količine vazduha već radi fleksibilnosti prilikom obrade rezultata ispitivanja.

Za sistem klase B, pretpostavka je da će prilikom intervencije vatrogasaca biti neophodno otvoriti vrata između pretprostora i prostorija u kojima borave ljudi. Snabdevanje vazduhom mora biti dovoljno da se održi određeni diferencijalni pritisak (tabela 2) kada su zatvorena sva vrata na liftu, stepenicama i pretprostoru i krajnji izlaz i kada je otvoren odvodni otvor za izbacivanje vazduha iz prostorije u kojoj borave ljudi.

**Tabela 2.** Minimalni diferencijalni pritisak za sistem klase B [6]

Lokacija	Minimalni diferencijalni pritisak [Pa]
U oknu za lift i prostoriji za boravak	50
Na stepeništu i prostoriji za boravak	50
Na zatvorenim vratima između svakog pretprostora i prostorije za boravak	45

Snabdevanje vazduhom mora biti dovoljno da se održi minimalna brzina vazduha od 2 m/s kroz otvorena vrata između pretprostora i prostorije u kojoj borave ljudi na spratu koji je zahvaćen požarom sa otvorenim vratima između:

1. stepeništa i pretprostora na spratu koji je zahvaćen požarom;
2. stepeništa i pretprostora na susednom spratu;
3. protivpožarnog okna za lift i pretprostora na susednom spratu;
4. stepeništa i spoljašnjeg vazduha na nivou prilaza vatrogasaca;

Takođe se podrazumeva da je otvoren odvodni otvor za izbacivanje vazduha na spratu koji je zahvaćen požarom. Broj otvorenih vrata koja se pretpostavljaju prilikom projektovanja zavisice od lokacije i tipa vatrogasnih instalacija u objektu. Kada vatrogasna creva prolaze kroz vrata, ta vrata se smatraju potpuno otvorenim [6].

Sistem klase F treba da bude projektovan tako da stepenište i, kad je to predviđeno, okno za lift budu čisti od dima. U slučaju da dim uđe u pretprostor, pritisak na stepeništu neće dovesti dim u okno za lift ili obratno. Ovo se postiže obezbeđenjem natpritiska u oknu za lift, sa jedne strane i natpritiska pretprostora i stepeništa, sa druge strane. Može se koristiti jedan ventilator za snabdevanje vazduhom okna za lift i povezanog stepeništa, pri čemu je neophodno obezbediti posebne kanale za snabdevanje.

Minimalni diferencijalni pritisak za sisteme klase F kada su sva vrata zatvorena, je isti kao u slučaju sistema klase B (tabela 2). Po kriterijumu brzine vazduha, zahteva se minimalna brzina od 2 m/s kroz otvorena vrata između stepeništa i pretprostora na spratu koji je zahvatio požar, gde je otvoren otvor za izbacivanje vazduha i otvorena su sva sledeća vrata:

1. sva vrata između pretprostora i zahvaćenog požarnog sektora;
2. na stepeništu i pretprostoru na spratu ispod onog koji je zahvaćen požarom;

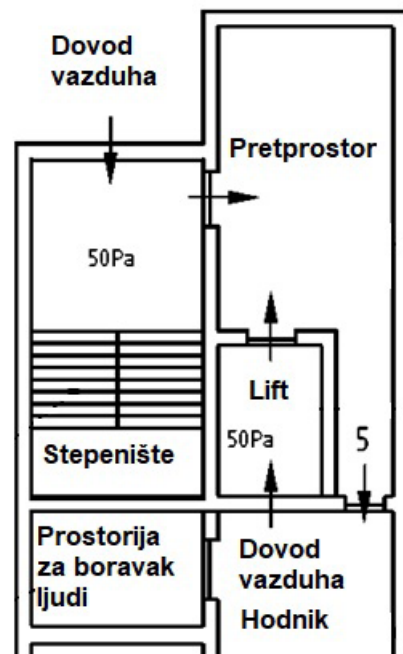
3. na oknu za lift i pretprostoru na spratu ispod onog koji je zahvaćen požarom;
4. na stepeništu i ka spoljašnjem vazduhu na vatrogasnom prilazu;
5. u pretprostoru i prostoriji u kojoj borave ljudi na spratu ispod onog koji je zahvaćen požarom (ovo se primenjuje samo kada su glavni hidranti smešteni u prostoriji u kojoj borave ljudi ispred pretprostora).

Između pretprostora i požarnog sektora potrebno je obezbediti minimalnu brzinu vazduha od 1 m/s kroz sva otvorena vrata između pretprostora i zahvaćenog požarnog sektora sa:

1. zatvorenim vratima između stepeništa i pretprostora;
2. otvorenim svim vratima između pretprostora i susednih prostorija na spratu koji je zahvaćen požarom;
3. otvorenim stepeništem i prilazom za vatrogasne jedinice;
4. otvorenim putem za izbacivanje vazduha u zahvaćenom požarnom sektoru.

Alternativni kriterijum za brzinu vazduha između pretprostora i zahvaćenog požarnog sektora jeste održavanje broja izmene vazduha od  $30 \text{ h}^{-1}$  u pretprostoru na spratu koji je zahvaćen požarom, pri zatvorenim svim vratima u pretprostoru, uključujući vrata između pretprostora i stepeništa i otvorenim otvorom za izbacivanje vazduha u zahvaćenom požarnom sektoru.

Uslovi projektovanja za sistem klase F prikazani su na Slici 2.



**Slika 2:** Uslovi projektovanja za sistem klase F [6]

### 3.3 Određivanje potrebne količine vazduha za ostvarivanje natpritiska

Potrebe za dovodom vazduha treba da se razmatraju za dve situacije: kada su sva vrata zatvorena i kada su vrata koja vode na

sprat koji je zahvaćen požarom otvorena.

Određivanje potrebne količine vazduha za ostvarivanje natpritisaka svodi se na izračunavanje količine vazduha koja usled nezaptivenosti u građevinskim elementima iscuri iz prostorije u kojoj se održava natpritisak. Preporuka je da se usvojena količina vazduha uveća za 50% u odnosu na izračunatu [6], odnosno:

$$Q_S = 1,5 \cdot Q_L, \quad (1)$$

gde su

$Q_S$  - ukupno potrebna količina vazduha za ostvarivanje natpritisaka,  $m^3/s$

$Q_L$  - izračunati gubici (prodor vazduha) iz prostorije pod natpritisakom,  $m^3/s$ .

Gubici vazduha se mogu definisati na sledeći način:

$$Q_L = Q_D + Q_W + Q_{LD} + Q_T + Q_O, \quad (2)$$

gde su

$Q_D$  - gubici vazduha kroz procepe i pukotine oko zatvorenih vrata,  $m^3/s$

$Q_W$  - gubici vazduha kroz procepe i pukotine oko prozora,  $m^3/s$

$Q_{LD}$  - gubici vazduha kroz vrata na liftu,  $m^3/s$

$Q_T$  - gubici vazduha usled rada sistema prinudne ventilacije u okolnim prostorijama (napr. u toaletima),  $m^3/s$

$Q_O$  - gubici vazduha kroz ostale otvore koji mogu da postoje u objektu,  $m^3/s$ .

Gubici vazduha kroz procepe i pukotine oko zatvorenih vrata  $Q_D$  i prozora  $Q_W$  računaju se na sledeći način:

$$Q_{D,W} = 0,83 \cdot A_E \cdot P^{1/R}, \quad (3)$$

gde su

$A_E$  - efektivna površina otvora kroz koje prodire vazduh (kod koje treba uzeti u obzir kombinaciju rednih i paralelnih puteva prodora vazduha),  $m^2$

$P$  - diferencijalni pritisak, Pa

$R$  - indeks koji se kreće od 1 do 2, zavisno od vrste puta prodora vazduha koji se razmatra.

Za široke pukotine kao što su one oko vrata i velikih otvora, može se uzeti da vrednost indeksa  $R$  bude 2, ali za uske puteve prodora vazduha koje formiraju pukotine oko prozora, za  $R$  više odgovara vrednost 1,6.

Ukoliko je liftovsko okno opremljeno sistemom natpritisne ventilacije može se pretpostaviti da je prodiranje vazduha kroz liftovska vrata neznatno. Ukoliko u liftovskom oknu nije obezbeđen natpritisak, već je okno povezano sa pretprostorom ili drugim prostorom u kojem vlada natpritisak, tada može doći do prodora vazduha između pretprostora i okna na svim spratovima, i između okna i spoljne sredine. Količina vazduha koja prodre kroz vrata lifta računa se na sledeći način:

$$Q_{LD} = 0,83 \cdot \left[ \frac{1}{A_T^2} + \frac{1}{A_F^2} \right]^{-1/2} \cdot P_L^{1/2}, \quad (4)$$

gde su

$A_T$  - površina otvora kroz koje prodire vazduh između svih pretprostora/hodnika i liftovskog okna,  $m^2$

$A_F$  - površina otvora kroz koje prodire vazduh između liftovskog okna i okoline,  $m^2$

$P_L$  - razlika pritiska između pretprostora/hodnika i okoline, Pa.

Kada toaleti ili druge prostorije koje su direktno povezane sa prostorom u kome vlada natpritisak imaju sisteme mehaničke ventilacije, protok vazduha može se proceniti na osnovu nominalnog kapaciteta ventilatora u slučaju da on radi. Ukoliko ventilator ne radi protok vazduha se može izračunati kao:

$$Q_T = Q_n \cdot K, \quad (5)$$

gde su

$Q_n$  - protok vazduha kroz vrata pri projektovanom natpritisaku (računa se preko jednačine (3)),  $m^3/s$

$K$  - koeficijent koji uzima vrednosti od 0,25 do 1, određuje se prema proceduri datoj u standardu [6].

Ukoliko u objektu postoje druge kombinacije rednih i paralelnih puteva prodiranja vazduha, jednačine (3-5) se mogu koristiti kako bi se izračunali gubici vazduha kroz ostale otvore.

Ukupna količina vazduha koja protekne kroz otvorena vrata koja vode na sprat zahvaćen požarom izračunava se prema sledećoj proceduri. Najpre se izračunava pritisak potreban da bi se vazduh odveo iz prostorije zahvaćene požarom u okolinu

$$P_{US} = \left( \frac{Q_{DO}}{0,83 \cdot A_{VA}} \right)^2, \quad (6)$$

gde su

$Q_{DO}$  - potreban protok vazduha kroz otvorena vrata prema određenoj klasi sistema,  $m^3/s$

$A_{VA}$  - površina otvora za odvođenje vazduha u okolinu po spratu,  $m^2$ .

Nakon toga izračunava se potreban pritisak u pretprostoru:

$$P_{LOB} = P_{US} + \left( \frac{Q_{DO}}{0,83 \cdot A_{door}} \right)^2, \quad (7)$$

gde je

$A_{door}$  - površina otvorenih vrata,  $m^2$ .

Količina vazduha koju treba dovesti sistemom natpritisne ventilacije u slučaju da su vrata koja vode na sprat zahvaćen požarom otvorena izračunava se kao:

$$Q_{LOB} = 0,83 \cdot \left\{ A_{rem} + \left( \frac{1}{A_{VA}^2} + \frac{1}{A_{door}^2} \right)^{-1/2} \right\} \cdot P_{LOB}^{1/2}, \quad (8)$$

gde je

$A_{rem}$  - površina otvora kroz koje prodire vazduh iz pretprostora, osim kroz otvorena vrata,  $m^2$ .

Konačno izračunava se ukupna količina vazduha koju treba dovesti sistemom natpritisne ventilacije, kada se uzmu u obzir gubici

vazduha u kanalima, na sledeći način:

$$Q_{SDO} = 1,15 \cdot Q_{LOB}, \quad (9)$$

#### 4 Zaključak

Primena sistema natpritisne ventilacije u Srbiji obavezna je u podzemnim garažama i u objektima koji se svrstavaju u kategoriju visokih. Obezbeđenjem natpritisaka u sigurnosnom stepeništu ili pretprostoru, koji razdvaja ostatak objekta od sigurnosnog stepeništa, ostvaruju se uslovi za bezbednu evakuaciju ljudi u početnom stadijumu požara i sprečava se širenje dima i požara po objektu u njegovoj razvijenoj fazi. U standardu SRPS EN 12101-6 dati su uslovi za projektovanje za šest različitih klasa sistema natpritisne ventilacije, pri čemu se određivanje potrebne količine vazduha za ostvarivanje natpritisaka vrši prema kriterijumu za minimalnu brzinu vazduha kroz otvorena protivdimna vrata i kriterijumu za minimalni diferencijalni pritisak pri zatvorenim vratima.

#### Literatura

- [1] **Isailović, M.**, Tehnički propisi o zaštiti od požara i eksplozija, SMEITS, Srbija, 2004.
- [2] \*\*\*, Pravilnik o tehničkim normativima za sisteme za odvođenje dima i toplote nastalih u požaru, Sl. list SFRJ, br. 45/83, 1983.
- [3] \*\*\*, Pravilnik o tehničkim zahtevima za zaštitu garaža za putničke automobile od požara i eksplozija, Sl. list SCG, br. 31/2005, 2005.
- [4] \*\*\*, Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od požara stambenih i poslovnih objekata i objekata javne namene, Sl. glasnik RS, br. 22/2019, 2019.
- [5] \*\*\*, Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu ugostiteljskih objekata od požara, Sl. glasnik RS, br. 20/2019, 2019.
- [6] \*\*\*, SRPS EN 12101-6, Sistemi za kontrolu dima i toplote - Deo 6:

Specifikacije sistema za natpritisak - Setovi, ISS, 2008.

[7] \*\*\*, Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara, Sl. glasnik RS, br. 80/2015, 67/2017 i 103/2018, 2018.

[8] \*\*\*, BS5588-4:1998, Fire precautions in the design, construction and use of buildings – Part 4: Code of practice for smoke control using pressure differentials, BSI, 1998.

[9] \*\*\*, SRPS EN 1366-9, Ispitivanje otpornosti na požar servisnih instalacija - Deo 9: Kanali za ekstrakciju dima iz jednog požarnog sektora, ISS, 2011.

[10] \*\*\*, SRPS EN 1366-1, Ispitivanja otpornosti servisnih instalacija na požar — Deo 1: Ventilacioni kanali, ISS, 2015.

[11] \*\*\*, SRPS EN 12101-3, Sistemi za kontrolu dima i toplote — Deo 3: Specifikacije ventilatora za prinudno odvođenje dima i toplote, ISS, 2015.

#### Autori

**Nikola TANASIĆ,**  
Visoka inženjerska škola strukovnih studija “Tehnikum-Taurunum” Beograd-Zemun,  
Nade Dimić 4, Beograd  
ntanasic@tehtnikum.edu.rs

**Mirjana STAMENIĆ**  
Mašinski fakultet Univerzitet u Beogradu  
Kraljice Marije 16, Beograd  
mstamenic@mas.bg.ac.rs

**Miloš MIHAILOVIĆ,**  
Visoka inženjerska škola strukovnih studija “Tehnikum-Taurunum” Beograd-Zemun, Nade Dimić 4,  
Beograd  
mmihailovic@tehtnikum.edu.rs

**LOCTITE® BONDERITE® TEROSON®**

## LOCTITE inovativne tehnologije lepljenja



Priprema površine



Hibridni lepkovi



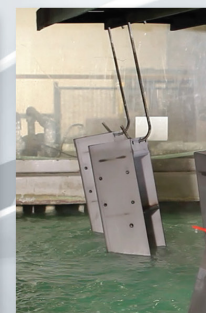
Lepljenje u proizvodnji i održavanju



Zaptivanje u proizvodnji i održavanju



Popunjavanje i zaštita



Premazivanje

Tehnički saveti, stručni trening i oprema za nanošenje