

4.1 Razvoj požara u zatvorenom prostoru

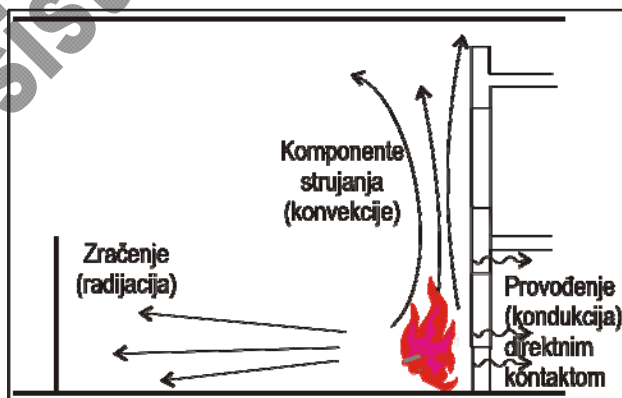
Osnovna namena sistema za otkrivanje i dojavu požara jeste da korisniku što ranije dâ pouzdano upozorenje o nastanku požara da bi se izbegle ljudske žrtve i sačuvala imovina. Projektovanje ovih sistema predstavlja neizbežni kompromis između performansi sistema, kao što su: vreme odziva sistema, vreme bezotkaznog rada, sklonost ka davanju lažnih alarma, raspoloživa tehnologija, i na drugoj strani, cene sistema. U sistemima zaštite od požara čovek ima ulogu kontrolora tehničkih sredstava, a tek u momentu pojave uzroka materijalne štete on postaje aktivan činilac u njenom suzbijanju.

Projektovanje sistema za dojavu požara obuhvata poznavanje velikog broja činjenica koje se odnose na objekat, kao i na mogući razvoj požara u objektu na osnovu kojih se dolazi do sistema koji treba da otkrije požar odmah po njegovom nastanku. Dva najvažnija rezultata procesa projektovanja su pravilan izbor javljača požara i njihov razmeštaj u objektu (tačna lokacija javljača i međusobna rastojanja). Da bi navedeni rezultati bili optimalni, potrebno je znati osnovne činjenice o razvoju požara u zatvorenom prostoru.

Sagorevanje predstavlja seriju hemijskih reakcija između gorive materije i kiseonika (obično iz okolnog vazduha), pri čemu dolazi do oslobađanja toplote, dima i svetlosti. Da bi došlo do procesa sagorevanja potrebno je prisustvo svih „stranica“ tzv. *požarnog trougla*: gorive materije, energije paljenja i kiseonika, i uklanjanjem bilo koje od njih prekida se proces sagorevanja. Ukoliko do sagorevanja dolazi bez iniciranja spoljnim izvorom toplote, govori se o procesu spontanog sagorevanja, odn. o procesu *samopaljenja*.

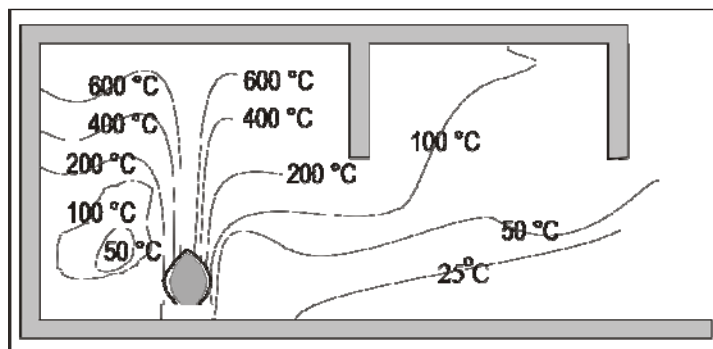
Tri osnovna mehanizma prenosa toplote su *provođenje (kondukcija)*, *strujanje (konvekcija)* i *zračenje (radijacija)* i sva tri mehanizma karakterišu požare u objektu. Provođenje je način prenosa toplote između čvrstih tela, mada je prisutna i kod tečnosti i gasova, gde je obično „maskirana“ strujanjem. Strujanje podrazumeva kretanje čestica koje prenose toplotu, tako da je uobičajena kod tečnosti i gasova. Zračenje u kontekstu razvoja požara je oblik prenosa toplote koji ne zahteva učešće čestica u prenosu između izvora toplote i prijemnika toplote. Na slici 4.1 su prikazani načini prenosa toplote prilikom požara u zatvorenoj prostoriji.

Na osnovu načina prenosa toplote razvijen je veliki broj modela sa ciljem da se dobije odgovarajuća temperaturna kriva. Sledeća slika ilustruje raspodelu temperature u požaru za prostoriju dimenzija $4.20 \times 3.35 \times 2.45$ m i vratima dimenzija 1.00×2.05 m.



Slika 4.1 Načini prenosa toplote

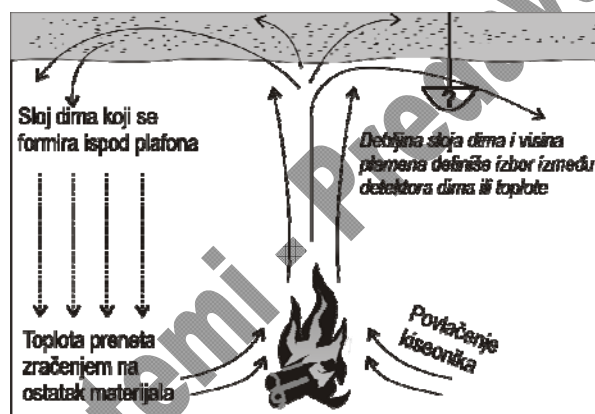
Tri osnovna mehanizma prenosa toplote.



Slika 4.2 Primer raspodele temperature u prostoriji

Na slici je prikazana raspodela temperature koja se najčešće uzima pri formiranju fizičkih modela razvoja požara u prostoriji.

Međutim, sa aspekta otkrivanja i dojave nastanka požara, veoma su bitni i ostali produkti sagorevanja i njihovo ponašanje tokom požara u zavisnosti od dimenzija prostorije, otvora i ventilacije. Pri projektovanju sistema za dojavu požara treba imati u vidu da dim formira sloj ispod tavanice i da prisustvo tavanice ili plafona i zidova ima neposredan uticaj na mehanizam prenosa toplote zračenjem.



Slika 4.3 Karakteristike razvoja požara u prostoriji

Izbor tipa javljača koji će biti postavljen u prostoriji zavisi od očekivanog razvoja požara.

Brzina oslobađanja toplote je takođe bitan parametar pri planiranju sistema za dojavu požara. Naime, na osnovu velikog broja eksperimenata došlo se do zaključka da kriva koja opisuje količinu oslobođene toplote tokom požara ima oblik parabole - tzv. t^2 model požara. Ovaj model je opisan sledećom relacijom:

$$Q = \alpha \cdot t^2$$

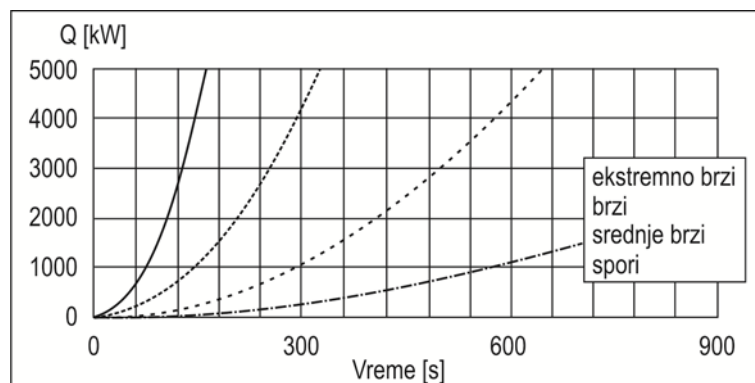
gde je:

α - koeficijent u [kW] koji određuje tip t^2 modela požara i
 t - vreme koje je potrebno da se dostigne 1055 kW.

Vrednosti koeficijenta α i vreme za koje brzina oslobađanja toplote dostiže vrednost od 1055 kW su dati u tabeli 1 grafički prikaz na slici 4.4.

Tabela 4.1 t^2 modeli požara

Model	α [kW]	Vreme [s]
spori	0.003	600
srednje brzi	0.012	300
brzi	0.047	150
ekstremno brzi	0.19	75



Slika 4.4 t^2 modeli požara

Kao što se vidi iz tabele 4.1 i na slici 4.4, definisani su spori, srednje brzi, brzi i ekstremno brzi požar, pa su u tabeli 4.2 navedeni neki primeri realnih požara u skladu sa tim modelom.

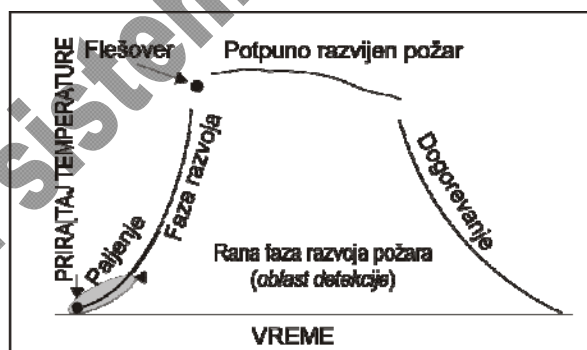
Tabela 4.2 Primeri t^2 modeli požara

Model	Primer realnog požara
spori	Gusto zbijeni proizvodi od drveta
srednje brzi	Nameštaj od punog drveta. Pojedini komadi nameštaja od drveta sa malom količinom plastike
brzi	Naslagane drvene palete sa kartonskim kutijama. Neke vrste tapaciranog nameštaja.
ekstremno brzi	Tapacirani nameštaj. Visoko naslagani plastični materijali. Nameštaj od tankog drveta (plakari i slično).

Zavisno od količine gorivog materijala i ventilacije u prostoriji, razvoj požara prolazi kroz nekoliko faza posle paljenja. Eksperimentalna kriva promene srednje temperature u prostoriji u vremenu pokazuje da je moguće izdvojiti tri faze požara:

- fazu razvoja požara - razvoj od paljenja do „flešovera“,
- fazu potpuno razvijenog požara,
- fazu smirivanja požara - dogorevanja.

Navedene faze su idealizovano prikazane na sledećoj slici:



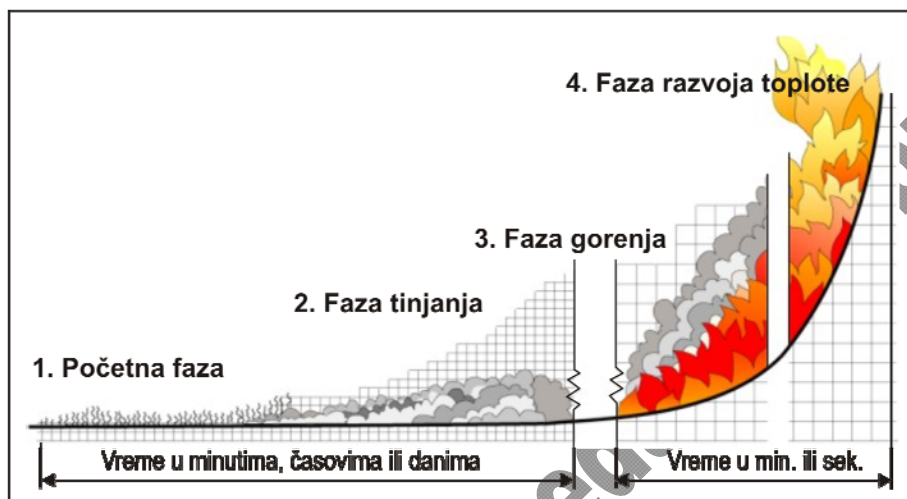
Slika 4.5 Faze razvoja požara

Do detekcije požara treba da dođe u najranijoj fazi razvoja požara

U zapadnoj literaturi, ali i u literaturi drugih zemalja, za brz prelaz na stanje koje karakteriše zahvatanje vatrom svih zapaljivih materijala u prostoriji koristi se pojam „flešover“ (eng. *flashover*). Ovim pojmom se označava ne samo vizuelna pojava već prelazno stanje od rane faze razvoja požara u fazu potpuno razvijenog požara. U momentu flešovera dolazi do naglog paljenja ostatka gorivog materijala pod uticajem zračenja i već akumuliranog dela toplote požarom u prostoriji. Treba napomenuti da do faze razvijenog požara može da dođe i bez nastanka flešovera, najčešće u slučaju nedovoljne ventilacije.

4.2 Faze razvoja požara sa aspekta detekcije

Iako za sisteme za otkrivanje i dojavu požara važi izreka „u požaru sistem za dojavu poslednji umire“, činjenica je da oni treba da detektuju požar u najranijoj fazi razvoja, odmah po nastanku procesa nekontrolisanog sagorevanja. Sa aspekta otkrivanja i dojave požara rana faza razvoja požara koja je prikazana na slici 4.5 se odvija kroz četiri faze. U samom početku žarište požara je malo i produkti sagorevanja su nevidljivi i to je tzv. „početna“ ili „prvobitna“ faza. Pojavom dima nastaje „faza tinjanja“ koja rasplamsavanjem prelazi u „fazu gorenja“ pri čemu se brzina razvoja požara naglo povećava. Najzad, daljim razvojem požara nastaje „toplotna faza“.



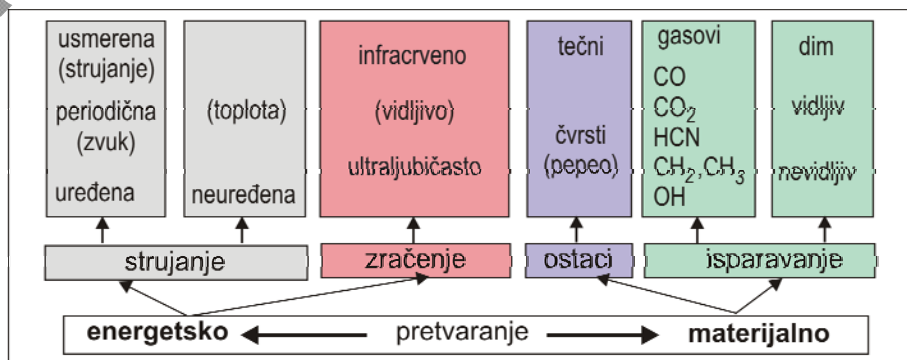
Slika 4.6 Faze požara posle nastanka sa aspekta detekcije

Najčešći oblik dinamike razvoja požara u prostoriji. Sprinklerski sistem kao najprisutniji sistem za gašenje, aktivira se tek u poslednjoj fazi.

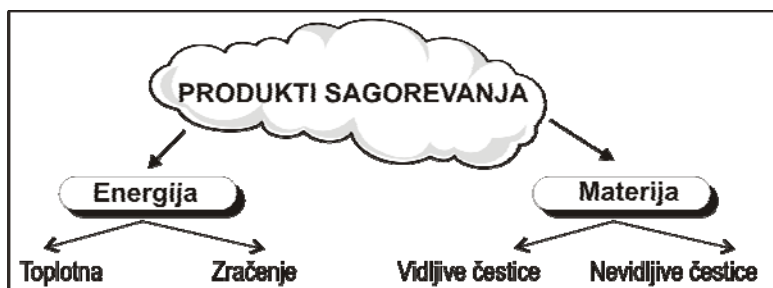
Brzina kojom požar prolazi kroz navedene faze posle nastanka zavisi od materijala koji gori. Prolazak kroz sve četiri faze može da se desi u deliću sekunde, kad je u pitanju eksplozija, ili je potrebno da prođe nekoliko dana u tinjanju dok ne dođe do rasplamsavanja. Bez obzira na vreme razvoja, produkti sagorevanja koji se stvaraju u navedenim fazama su osnova za detekciju i dojavu.

Požar kao proces nekontrolisanog sagorevanja se odlikuje velikim brojem parametara. To su parametri koji karakterišu zonu sagorevanja, zonu toplotnog dejstva i zonu zadimljavanja. Međutim, sa aspekta detekcije bitna su materijalna i energetska pretvaranja čiji su krajnji proizvodi požarne veličine koje mogu da se upotrebe za detekciju.

Za rano otkrivanje požara najvažniji su **toplota** (povećana temperatura), **plamen** - zračenje u infracrvenom, vidljivom i ultraljubičastom delu spektra i **dim** - kao gasoviti, čvrsti i tečni produkti sagorevanja.



Slika 4.7 Materijalna i energetska pretvaranja tokom procesa sagorevanja



Slika 4.8 Produkti sagorevanja sa aspekta detekcije

Toplota kao mera zagrejanosti mase je jedini parametar koji može da proizvede signal koji se ne mora pojačavati. Stalni porast oslobađanja toplotne energije je karakterističan za ranu fazu razvoja požara koja je praćena povećanjem temperature u prostoriji. Usled oslobađanja toplote nastaje temperaturna razlika između gasova u zoni sagorevanja i okolne sredine, što izaziva razlike u gustinama i ubrzano strujanje zagrejanih gasova naviše. Mnogi savremeni javljači koriste merenje temperature za detekciju požara, ali je to signal koji zahteva pojačanje. Zbog jedno-stavnosti konstrukcije javljači toplote danas zauzimaju značajno mesto među ostalim javljačima požara.

Plamen je terminološki prihvaćen naziv za gasovitu sredinu u kojoj se odigravaju brojne fizičko - hemijske reakcije. Nezavisno od tipa požara, svaki plamen odlikuju dve karakteristike: posedovanje izražene visoko temperaturske oblasti (zone sagorevanja) i odgovarajuće gasne struje kojom se ostvaruje prenos mase i oslobođene toplote.

Sa aspekta detekcije najbitnije su karakteristike zračenja i frekvencija treptanja plamena. Opseg elektromagnetnog zračenja plamena koji se koristi za detekciju požara počinje od infracrvenog dela spektra u kome se koristi približno infracrveno ($700\text{ nm} \leq \lambda \leq 1.3\text{ }\mu\text{m}$) i srednje infracrveno zračenje plamena ($1.3\text{ }\mu\text{m} \leq \lambda \leq 3\text{ }\mu\text{m}$). Vidljivo područje ($400\text{ nm} \leq \lambda \leq 700\text{ nm}$) se ne koristi za detekciju požara, a sve manje se koristi i ultraljubičasto područje ($\lambda \leq 400\text{ nm}$) u kome je zračenje plamena veoma malo.

Dim je suspenzija tečnih i čvrstih čestica u gasnoj sredini. U zavisnosti od materijala koji gori i uslova sagorevanja, svaki požar je praćen oslobađanjem odgovarajućih produkata sagorevanja, što je našlo mnogobrojnu primenu u detekciji požara. Struktura i veličina čestica dima najviše zavisi od materije koja gori, a manje od uslova sagorevanja. Zbog malih dimenzija čestica ($1\text{ nm} - 10\text{ }\mu\text{m}$), odnosno problema njihovog detektovanja, rad javljača koji koriste dim kao parametar za detekciju baziran je na ispitivanju optičkih karakteristika dima.

Optičke osobine čestica dima zavise od njihovog sastava i dimenzija, ali nezavisno od ovih osobina, sa aspekta detekcije su bitne pojave rasejavanja i apsorpcije svetlosti, koje se i koriste za detekciju. Zbog toga što se dim razvija već na samom početku razvoja većine požara, to je najčešće korišćena požarna veličina za detekciju.

4.3 Klasifikacija požara sa aspekta detekcije

Produkti sagorevanja za različite tipove požara se razlikuju po intenzitetu, obimu i vremenu trajanja, pa se na osnovu toga biraju požarne veličine koje su pogodne za detekciju. Različiti senzori koji se ugrađuju u javljače požara neće na isti način reagovati na sve požare. Da bi se utvrdila pogodnost upotrebe pojedinih javljača na odgovarajući tip požara, a samim tim i olakšao izbor tipa javljača, međunarodni standard ISO 7240-9: *Test fires for fire detectors* je definisao devet klasa požara sa oznakama **TF1** do **TF9**, dok je evropska regulativa svrstala sve požare u šest klasa sa oznakama od **TF1** do **TF6** (eng. *Test Fires*)¹⁷⁾, čije su karakteristike prikazane u tabeli 4.3:

¹⁷⁾ U odnosu na podelu koja je definisana standardom (SRPS) EN 54-9: *Fire sensitivity test*. dodate su nove klase: TF7, TF8 i TF9.

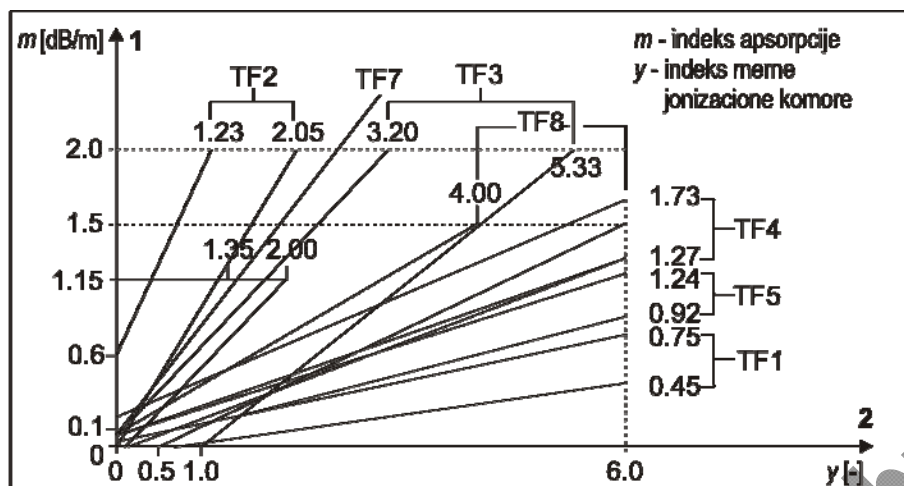
- TF1 - Otvoreni požar celuloze (drvo) - eng. *Open cellulosic fire (wood)*
- TF2 - Brzi, tinjajući pirolitički požar (drvo) - eng. *Rapid smoldering pyrolysis fire (wood)*
- TF3 - Tinjajući požar sa žarom (pamuk) - eng. *Glowing smoldering fire (cotton)*
- TF4 - Otvoreni požar plastike (poliuretan) - eng. *Open plastic fire (polyurethane)*
- TF5 - Požar zapaljive tečnosti bez dima - eng. *Liquid fire (n-heptane)*
- TF6 - Požar zapaljive tečnosti sa dimom (metil - alkohol) - eng. *Liquid fire (methylated spirits)*
- TF7 - Spori tinjajući požar (pirolitički) - eng. *Slow smoldering (pyrolysis) wood fire*
- TF8 - Požar tečnosti sa gustim dimom niske temperature - eng. *Low temperature black smoke (decalene) liquid fire*
- TF9 - Spori tinjajući požar - eng. *Deep seated smoldering cotton fire*

Tabela 4.3 Klasifikacija požara sa aspekta požarnih veličina za detekciju

Klasa	Opis požara	Razvoj toplote	Brzina porasta	Dim	Spektar aerosola	Vidljivi deo	Ugljen monoksid
TF1	otvoreni, celuloza (drvo)	jak	velika	da	uglavnom vidljiv	taman	----
TF2	tinjajući, pirolitički (drvo)	zanemarljiv	mala	da	uglavnom vidljiv	svetao, rasut	da
TF3	tinjajući sa žarom (pamuk)	zanemarljiv	zanemarljiva	da	uglavnom vidljiv	svetao, rasut	mnogo
TF4	otvoreni, plastika (poliuretan)	jak	velika	da	delimično vidljiv	vrlo taman	malo
TF5	požari tečnosti (n-heptan)	jak	velika	da	uglavnom nevidljiv	vrlo taman	malo
TF6	požari tečnosti (metil - alkohol)	jak	velika	ne	nema	nema	----
TF7	spori tinjajući požar (piroliza)	zanemarljiv	mala	da	uglavnom vidljiv	svetao, rasut	----
TF8	sa crnim dimom niske temperature	zanemarljiv	mala	da	uglavnom vidljiv	taman	vrlo malo
TF9	spori tinjajući požar (pamuk)	slab	mala	da	uglavnom vidljiv	svetao, rasut	da

U skladu sa ovom podelom, u laboratorijama se ispituju različite performanse javljača požara u odnosu na tačno definisanu vrstu i količinu gorivog materijala u prostorijama različite geometrije i uslova ambijenta. Najvažnija karakteristika javljača koji treba da se dobije ispitivanjima je brzina odziva na osnovu koje se formiraju tabele pogodnosti upotrebe pojedinih tipova javljača. U principu, izbor javljača bi trebao da se obavlja na osnovu izbora reprezentativnog tipa požara i tabele pogodnosti za odgovarajući tip požara.

Na primer, TF6 bi trebao da se koristi za testiranje brzine odziva javljača toplote, dok bi TF1 do TF5 trebalo koristiti za proveru javljača dima. Test požar TF7 bi trebalo koristiti umesto TF2 za procenu javljača dima koji se ugrađuju u stambene objekte. Test požari TF2, TF3 i TF9 su pogodni za testiranje odziva javljača ugljen monoksida.



Slika 4.9 Odnos apsorpcije i gustine dima za test požare

Na slici je prikazan odnos optičke gustine dima (osa 1 - indeks apsorpcije m u dB/m) i gustine dima u jonizacionoj komori (osa 2 - bezdimenziona veličina y) za test požare.

Test požari koji su opisani standardima trebalo bi da reprezentuju većinu požara koji mogu da se jave u praksi. Čestice koje su dobijene kao produkt sagorevanja tokom eksperimenta su u punom opsegu od velikih do malih čestica za sivi i crni dim, slika 4.9.

Veličina m na ordinati predstavlja *indeks apsorpcije*, dok bezdimenziona veličina y na apscisi opisuje *gustinu dima* u mernoj jonizacionoj komori i dobija se na osnovu odnosa struje u komori u čistoj sredini i u prisustvu dima ili aerosola, na sledeći način:

$$y = I_0 / I - I / I_0,$$

I_0 - jačina struje u jonizacionoj komori bez dima i aerosola,

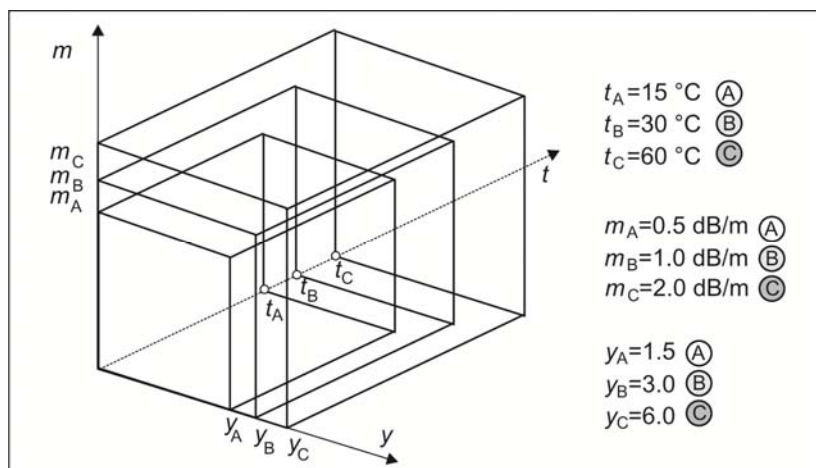
I - jačina struje u jonizacionoj komori u prisustvu dima i aerosola.

Prostorija u kojoj se obavlja ispitivanje ima dužinu $10 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$, širinu $7 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$ i visinu $4 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$, za sve testove osim za TF7 gde je visina test prostorije bila $3 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$.

U skladu sa prikazanim karakteristikama pojedinih test požara, u laboratorijama se ispituju različiti parametri javljača u odnosu na tačno definisanu vrstu i količinu gorivog materijala. Najvažniji parametar svakog javljača požara je brzina odziva. Na osnovu njega se formiraju tabele pogodnosti upotrebe pojedinih tipova javljača za pojedinačne primene. U principu, izbor javljača bi trebao da se obavlja na osnovu izbora reprezentativnog tipa požara i tabele pogodnosti za odgovarajući tip požara, ali se ovaj pristup kod nas ne primenjuje.

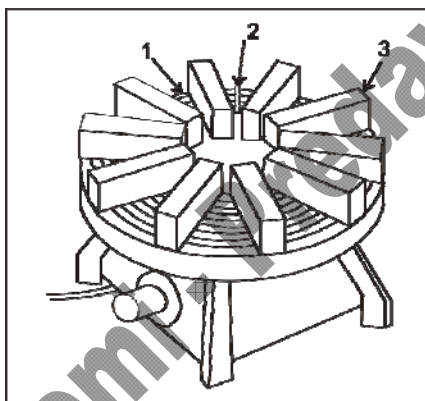
Definisanje osetljivosti javljača se vrši za svaki od tipova požara u odnosu na zapreminu u okviru koje se nalazi tačka u kojoj se detektuje odgovarajući produkt sagorevanja. Alarmna tačka, tj. tačka sa koordinatama $(m_{A,B,C}, t_{A,B,C}, y_{A,B,C})$ u kojoj javljač ulazi u alarmno stanje, je definisana na osnovu vrednosti u trenutku odziva za temperaturu - t , optičku gustinu dima m i jonizacionu gustinu dima y .

Zavisno od toga da li se alarmna tačka nalazi u najmanjem, srednjem ili najvećem kvadru, osetljivost javljača se klasifikuje kao A(odlična), B(dobra) ili C(zadovoljava). Ako tačka ne pripada nijednom od definisanih prostora na slici 4.10 javljač požara se ne može primeniti.



Slika 4.10 Koordinate koje definišu klase pogodnosti A, B i C za primenu javljača

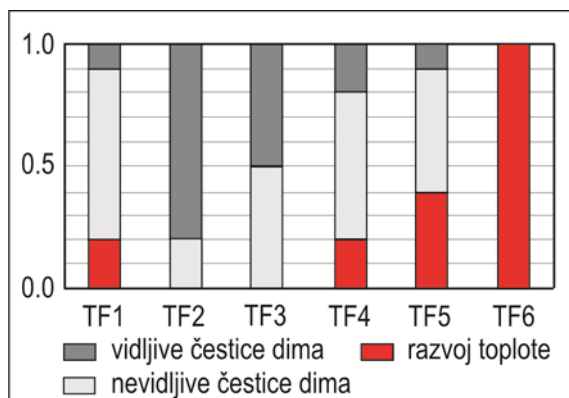
Uslovi pod kojima se realizuje svaki od test požara su precizno definisani standardom. Na primer, ispitni požar TF2 se izvodi sa gorivim materijalom koga čini 10 zrakasto poređanih drvenih letvica od bukve dimenzija $75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$, sa sadržajem vlage ispod 5%.



Slika 4.11 Oprema i gorivi materijal za ispitni požar TF2

Drvene letvice (3) se zagrevaju na ploči „rešoa“ (1) koji oslobađa količinu toplote do 2 kW, pri čemu se postignuta temperatura meri termometrom (2), slika 4.11. Na sličan način su definisani uslovi i oprema za ostale ispitne požare.

Međutim, ovaj pristup kod nas se ne primenjuje. Uslovi, metodi testiranja i dobijene karakteristike ispitnih požara su definisani pomenutim standardima ISO 7240-9 i EN 54-9, a u praksi prilikom projektovanja može da se pođe od osnovnih karakteristika test požara koje se odnose na razvoj dima i toplote (slika 4.12).



Slika 4.12 Čestice dima i razvoj toplote ispitnih požara TF1 - TF6

Idealno bi bilo kada bi pri projektovanju sistema za dojavu požara mogao da se precizno definiše tip očekivanog požara u skladu sa klasama požara TF1 – TF9. Naime, proizvođači javljača požara, kao jedan od osnovnih podataka u tehničkim opisima javljača, daju i pogodnost upotrebe u skladu sa tipom požara. U svakom slučaju, karakteristike ispitnih požara mogu da bude dobra polazna osnova pri izboru javljača požara za konkretnu primenu.

4.3.1 Pogodnost primene javljača u skladu sa ispitnim požarima TF1 - TF9

Karakteristike požara TF1 su takve da on daje priličan visok nivo vidljivih i nevidljivih čestica koje mogu da se detektuju optičkim i jonizacionim javljačem dima, kao i višesenzorskim javljačem, s obzirom da je prisutna i promena temperature u vremenu.



Slika 4.13 Ispitni požari TF1 i TF2

Pirolitički požar TF2, spori tinjajući požar drвета, daje visoku koncentraciju sivog i belog vidljivog dima, kao i dovoljno visoku koncentraciju ugljen monoksida. Zbog toga požar ovog tipa dobro detektuju optički detektori dima, višesenzorski javljači i javljači ugljen monoksida.

Spori tinjajući požar pamuka TF3 proizvodi visoku koncentraciju sivog i belog dima i veoma visoku koncentraciju ugljen monoksida, tako da se dobro detektuje javljačima ugljen monoksida i optičkim detektorima dima.



Slika 4.14 Ispitni požari TF3 i TF4

Požar poliuretana TF4 ima relativno konstantan plamen tako da je pogodan za detekciju jonizacionim javljačima dima u početnoj fazi. Pošto ovaj plamen daje i taman dim, može se detektovati i optičkim javljačima dima. Za detekciju se može koristiti i javljač ugljen monoksida i javljač toplote pošto je požar praćen malim, ali merljivim, koncentracijom CO i malim promenama temperature u vremenu tokom gorenja.

Brzogoreći požar hemijskih jedinjenja TF5 je praćen brzim porastom temperature i nevidljivim česticama dima, tako da je pogodan za detekciju jonizacionim javljačima dima,

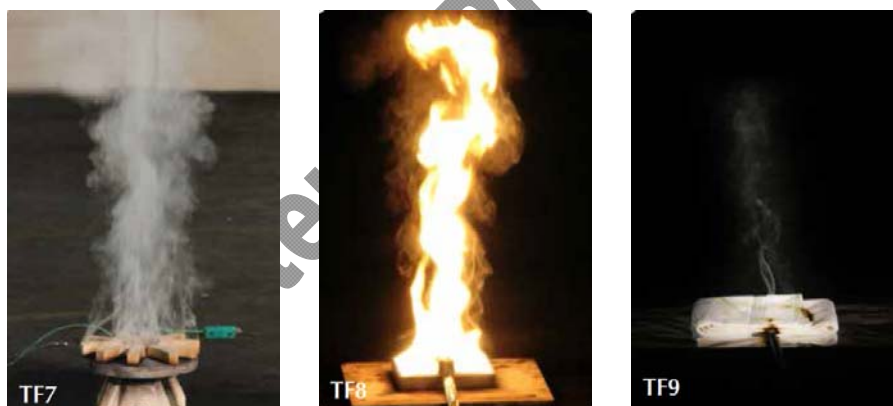
višesenzorskim javljačima koji u sebi sadrže senzor za toplotu i termodiferencijalnim javljačima toplote.



Slika 4.15 Ispitni požari TF5 i TF6

Požar metil – alkohola TF6 se takođe odlikuje brzim razvojem koji je praćen manjom koncentracijom vidljivog dima i visokom koncentracijom nevidljivog dima, tako da su jonizacioni detektori dima ovde prvi izbor, a za detekciju se mogu koristiti brzi termodiferencijalni i termomaksimalni javljači toplote.

Pirolitički požar TF7, vrlo sličan požaru TF2, daje visoku koncentraciju vidljivog sivog i belog dima, i dovoljno visoku koncentraciju ugljen monoksida za detekciju. U ovom slučaju najpogodniji javljači za detekciju su optički javljači dima i javljači ugljen monoksida.



Slika 4.16 Ispitni požari TF7, TF8 i TF9

Požar TF8 koristi industrijski rastvarač *Dekalin* koji daje mali plamen, ali visoku koncentraciju crnog dima, bez osetno velike promene temperature u vremenu. Zbog toga nije pogodan za detekciju javljačima toplote i jonizacionim javljačima dima, već isključivo optičkim javljačima dima.

Požar TF9 se simulira gorenjem pamučnog peškira, ima spori razvoj i daje visoku koncentraciju svetlog vidljivog dima i ugljen-monoksida bez značajnijeg porasta temperature tokom gorenja. Ovaj požar se dobro detektuje javljačima ugljen monoksida i optičkim javljačima dima.

5.1 Detektori (javljači) požara

Za detektore (javljače) požara važi sve što je rečeno u poglavlju 3. u kome su date karakteristike senzora, njihova uloga i funkcije u sistemu za prikupljanje podataka. Razlika je jedino u tome što su detektori (javljači) požara projektovani tako da sadrže senzore koji su osetljivi na neki od parametara koji karakterišu požar.

Najstarija definicija javljača požara kod nas je ona koju daje standard JUS (SRPS) N.S6.200 iz 1985. godine: *“požarni detektor (javljač) požara je deo sistema za automatsko otkrivanje požara koji neprekidno ili u određenim vremenskim razmacima prati odgovarajuće fizičke i/ili hemijske promene koje omogućavaju otkrivanje požara u prostoru koji je pod kontrolom”*. Ovaj standard je povučen 1998. godine i danas zamenjen odgovarajućim delom evropskog standarda (SRPS) EN 54: Fire detection and alarm systems: Part 1: *Introduction*.

Definicije javljača koje daju evropski standard EN 54-1 i drugi standardi zapadno-evropskih zemalja su uglavnom preuzete iz standarda ISO 7240-1: Fire detection and alarm systems - *General and definitions*. Prema definiciji koju daje ovaj standard¹⁸⁾ detektor (javljač) požara mora da sadrži bar jedan senzor i da nadgleda bar jednu fizičku ili hemijsku pojavu koja karakteriše požar, s tim da odluka o alarmu ili o izvršnim komandama može da se donese ili u javljaču ili u okviru uređaja za kontrolu i indikaciju.

Razlike u navedenim definicijama našeg i međunarodnog standarda se ogledaju u primeni višesenzorske detekcije požarnih parametara. Naravno, ove razlike su posledica nivoa primenjene tehnologije u vreme donošenja našeg nacionalnog standarda i danas. Posledica toga je da danas, još uvek postoji raznolikost ne samo u svakodnevnom govoru, već i kod projekatata i izvođača pri upotrebi termina detektor i javljač.

Najčešća varijanta upotrebe ovih termina je da se za *automatske detektore (javljače) požara* koristi termin *detektori*, dok je termin *javljači* rezervisan za *ručne javljače požara*. Imajući u vidu osobine novijih generacija javljača požara koji u sebi sadrže deo za obradu signala i kompleksne algoritme odlučivanja, a terminološki gledajući, javljač je adekvatniji naziv od naziva detektor.

Prema ruskom standardu¹⁹⁾ i u ruskoj literaturi iz ove oblasti, takođe se insistira na upotrebi analogne terminologije (tj. da se koristi termin *пожарный извещатель* - požarni javljač jer u sebi sadrži *датчик* - senzor).

5.1.1 Inteligentni javljači požara

Mikroprocesor koji se nalazi u okviru savremenih javljačkih sistema, osim uloge koju ima u kondicioniranju signala, omogućava i digitalni prenos izmerene vrednosti, adresibilnost, odlučivanje na nivou javljača, kao i kontrolu stanja senzora. Međutim, sama tehnologija ne čini javljač „pametnim“, odnosno „inteligentnim“. Ovaj pojam se koristi u različitim kontekstima, pa čak i kad se javljač koristi kao pasivna komponenta, zbog čega je ovde data preciznija definicija. „Pametna“ ili „inteligentna“ javljač požara je komponenta za dojavu požara koja vrši:

1. konverziju merene veličine (dim, toplota, EM zračenje) u električnu,
2. kondicioniranje električnog signala,
3. kontrolu da li je merena veličina prešla unapred definisan prag (pragove),
4. lokalnu zvučnu/svetlosnu signalizaciju,

¹⁸⁾ ISO 7240-1 **3.33 fire detector**. *A part of an automatic fire detection system that contains at least one sensor which constantly or at frequent intervals monitors at least one suitable physical and/or chemical phenomenon associated with fire, and that provides at least one corresponding signal to the control and indicating equipment. The detection to give the alarm of fire or to operate automatic fire protection equipment may be made at the detector or at another part of the system, for example at the control and indicating equipment.* Identična definicija se nalazi i u EN 54-1 **3.11 fire detector**.

¹⁹⁾ НПБ 88-2001: *Установки пожаротушения и сигнализации - Нормы и правила проектирования*. **Пожарный извещатель** – устройство для формирования сигнала о пожаре (по ГОСТ 12.2.047-86 Пожарная техника - Термины и определения).

5. lokalnu obradu,
6. odziv na jedinstvenu adresu koja ga identifikuje,
7. komuniciranje sa nadređenim nivoom i izvršavanje komandi i funkcija od nadređenog nivoa (centralna jedinica),
8. samotestiranje i samopodešavanje.

Prisustvo javljača požara u sistemu koji poseduju navedene osobine omogućava realizaciju „inteligentnih“ sistema za otkrivanje i dojavu požara. Poboľšanja na nivou javljača „inteligentnom“ sistemu za otkrivanje i dojavu požara u odnosu na sisteme koji ne sadrže ovakve javljače pružaju sledeće prednosti:

- preciznu lokaciju požara (jedan javljač - jedna adresa - jedna zona),
- jeftino ožičavanje u vidu „petlje“ - veliki broj uređaja na jednoj parici,
- ispravno funkcionisanje u slučaju kratkog spoja,
- višenivovsko alarmiranje,
- nadgledanje i podešavanje osetljivosti pojedinih javljača u sistemu,
- uključivanje izvršnih organa (sprinklerski sistem, signalizacija, vrata, liftovi itd.),
- kompenzaciju „drifta“ u slučaju zaprljanosti senzora itd.

Sa gledišta upravljanja ovi sistemi su i sistemi sa višenivovskim upravljanjem, tj. sistemi koji poseduju raspodeljenu – distribuiranu logiku u odlučivanju, poznatu kao *distribuirana inteligencija*.

5.2 Opšte karakteristike javljača požara

Pouzdana detekcija i dojava nastanka požara je osnovni zadatak zaštite od požara bilo da se radi o pravovremenoj evakuaciji ljudi iz objekta ili o upravljanju uređajima za gašenje. Produkti sagorevanja navedeni u prethodnom poglavlju i odgovarajući parametri požara direktno utiču na klasifikaciju javljača požara. Javljači požara se projektuju tako da reaguju na dim, toplotu, plamen ili kombinaciju navedenih parametara.

Nezavisno od toga koji će se javljač primeniti u konkretnom slučaju, najvažniji parametar koji određuje efikasnost dojave požara je ukupno *vreme odziva* javljača. Ovaj parametar direktno utiče i na vreme odziva celokupnog sistema za dojavu. Ukupno vreme odziva zavisi od sledećih pojedinačnih vremenskih intervala:

1. *Vreme pojave konkretne opasnosti* zbog nastanka požara, t_H ;
2. *Vreme prenosa produkata požara* do mesta gde je postavljen javljač, t_i ;
3. *Vreme porasta požara* do dostizanja nivoa na kojem javljač može detektovati produkte sagorevanja na mestu gde je postavljen, t_f ;
4. *Vreme odziva javljača* kada je dostignut nivo detekcije (posle t_f), t_D i
5. „Efektivno“ *vreme odziva* t_E od trenutka kada je požar detektovan.

Veza između navedenih vremena može se izraziti kao:

$$t_r = t_H - (t_i + t_f + t_D + t_E)$$

gde je t_r „preostalo“ (rezidualno) vreme, koje je veće od nule, ali teži da bude jednako nuli.

Navedeni vremenski intervali imaju fundamentalni značaj za definisanje performansi javljača koji će biti upotrebljeni za različite tipove požara i lokacije. Ne zalazeći u detalje izračunavanja, može se reći da je moguće precizno izračunati vremena t_i i t_D za različite tipove javljača dok je t_H , t_f i t_E veoma teško precizno kvantifikovati.

Vreme reagovanja javljača ne zavisi samo od promene apsolutne vrednosti parametra koji se nadgleda, već i od brzine promene i od niza parametara koji proizilaze iz prirode senzorskog elementa. Za požare sa kontinualnim razvojem, za izračunavanje vremena odziva javljača toplote, najčešće se koristi sledeća relacija :

$$t_{op} = \frac{RTI}{\sqrt{v_m}} \ln \left(\frac{T_m - T_\infty}{T_m - T_{op}} \right)$$

gde su:

t_{op} - vreme potrebno da se topivi element (senzor) javljača zagreje od temperature ambijenta do temperature praga alarma;

RTI - indeks vremena odziva (eng. *response-time index*), tj. mera inertnosti topivog elementa javljača toplote (veća RTI vrednost za sporiji senzor). RTI vrednosti za sprinklere sa topivim elementom kao senzorom se kreću od $15 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ do $400 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$;

v_m - brzina gasa ispod tavanice;

T_m - temperatura gasa ispod tavanice;

T_∞ - ambijentalna temperatura, i

T_{op} - temperatura reagovanja (aktiviranja) javljača požara.

U najčešćem, teorijski razmatranom slučaju, za požar sa brzinom oslobađanja energije od 500 kJ/s (500 kW) uzima se da temperatura gasa iznosi 366 K na 5 m iznad žarišta u prostoriji sa ambijentalnom temperaturom od 293 K . Za brzinu gasa od 4.4 m/s , RTI vrednost topivog elementa javljača od $200 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ i prag reagovanja od 347 K , vreme odziva bi bilo:

$$t_{op} = \frac{200}{\sqrt{4.4}} \ln \left(\frac{366 - 293}{366 - 347} \right) = 128 \text{ s.}$$

Kod izračunavanja vremena odziva javljača, može se reći da mnogi parametri nisu uzeti u obzir, pre svega toplotni gubici, tako da prethodno izračunato vreme od 128 s ide i do 190 s za komercijalne javljače. U najjednostavnijem slučaju, proces uzajamnog dejstva javljača i parametra koji se nadgleda moguće je opisati diferencijalnom jednačinom:

$$\tau_i = \frac{dy}{dt} + y = kT$$

gde su:

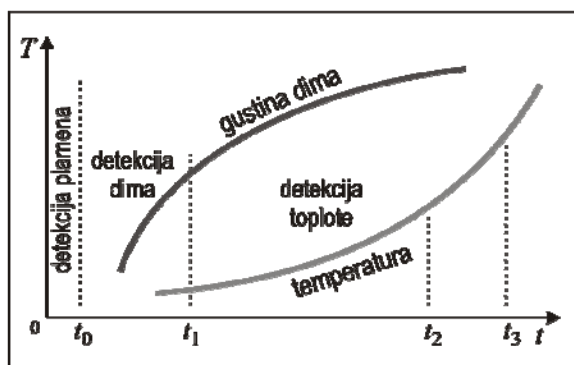
τ_i - vreme prelaznog procesa u javljaču (inertnost javljača),

y - izlazni signal senzora,

k - koeficijent pojačanja senzora,

T - temperatura ambijenta (prostorije).

Na slici 5.1 je dat uporedni prikaz brzina odziva nekih tipova automatskih javljača požara za priraštaj gustine dima i temperature. Očigledno, javljač plamena ima najveću brzinu odziva, dok je javljač fiksne temperature najsporiji.



Slika 5.1 Brzina odziva javljača požara

Vremena aktiviranja: t_0 - javljač plamena, t_1 - javljač dima, t_2 - termodiferencijalni javljač, t_3 - termomaksimalni javljač.

Tehnička dokumentacija za javljač, osim toga što daje osnovne karakteristike javljača, mora da ukaže i na karakteristike ambijenta u kome će se javljač koristiti, kao što su: vlažnost, temperatura, posebni uslovi, itd.

U principu, osnovne osobine javljača se definišu kroz:

- *osetljivost*, kao sposobnost da se registruje pojava u samom začetku, a može se analitički definisati kao odnos nastalog električnog signala i pojave koja je signal prouzrokovala (odnos promene na izlazu prema promeni na ulazu);
- *inertnost*, kao vreme proteklo od početka delovanja parametara pojave do aktiviranja javljača. Inertnost je direktna posledica brzine odziva senzora koja se definiše kao vreme potrebno da izlaz dostigne 63% zahtevane vrednosti odziva na datu ulaznu pobudu;
- *zonu dejstva*, kao rastojanje od koga pojava aktivira javljač, i
- *zaštitu od smetnji*, kao imunost javljača na smetnje iz okruženja u kome se nalazi, što direktno utiče na neosetljivost na lažne alarme.

Sa aspekta tehnologije javljač karakteriše veliki broj osobina koje su bitne prilikom izbora za konkretan sistem kao što su: ambijentalni uslovi rada, merni opseg, tip izlazne veličine, selektivnost, itd.

5.3 Osnovne podele javljača požara

Detektore (javljače) požara je moguće klasifikovati na različite načine i prema različitim kriterijumima. U daljem tekstu su navedene podele na koje se može naići u literaturi. Osnovna podela javljača sa gledišta sistema za dojavu požara je *prema načinu aktiviranja* na:

- *ručne javljače* - javljače požara koje čovek aktivira, i
- *automatske detektore (javljače)* - javljače požara koji se automatski aktiviraju u skladu sa promenom parametara pojave koja se prati, a čija je definicija data u prethodnom poglavlju.

Automatski javljači požara prema našem važećem pravilniku (u vreme pisanja ovog teksta) su podeljeni *prema principu rada* na:

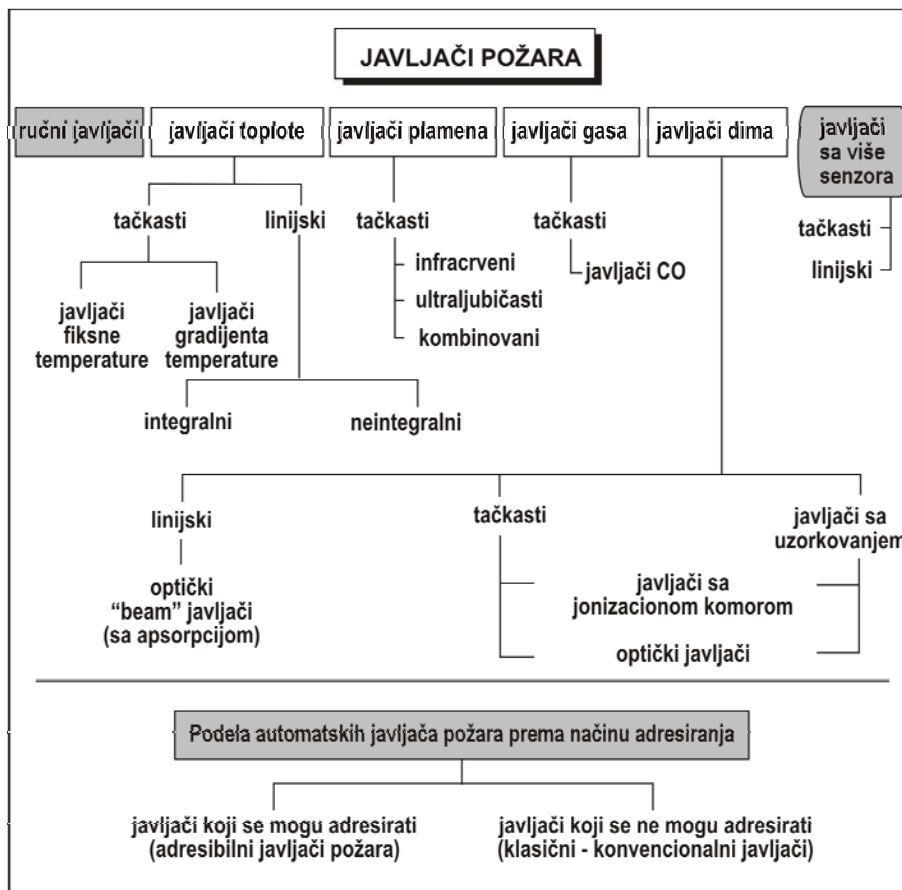
- *termičke javljače* koji reaguju na povećanje temperature,
- *dimne javljače*, koji reaguju na proizvode sagorevanja i/ili čestice i koji mogu biti:
 - o *jonizacioni javljači*, koji reaguju na proizvode sagorevanja koji utiču na promenu jonizujuće struje u radioaktivnoj komori javljača;
 - o *optički javljači*, koji reaguju na proizvode sagorevanja koji dovode do apsorpcije ili raspršivanja svetlosti u infracrvenom, vidljivom i/ili ultraljubičastom opsegu elektromagnetnog spektra;
- *javljače gasa*, koji reaguju na proizvode sagorevanja i/ili na proizvode razlaganja usled toplote;
- *javljače plamena*, koji reaguju na emitovano zračenje iz plamena.

Osim navedene podele, koja je suštinska jer direktno proizilazi iz tipova produkata sagorevanja koji mogu da se detektuju, važna je i podela koja se odnosi na zonu dejstva javljača (površinu „pokrivanja“), odnosno na oblast identifikacije pojave. Zbog toga je podela javljača u ovoj knjizi ujedinjena sa podelom koja bazira na tipu produkta sagorevanja koji se detektuje. Tip i zona dejstva javljača direktno utiču na kompletnu koncepciju projektovanja sistema za dojavu požara.

U odnosu na površinu pokrivanja postoje dve glavne kategorije javljača: *tačkasti* i *linijski*. Tačkasti javljači reaguju na promene parametra koji se prati u neposrednoj blizini pojedinačne tačke, a linijski u blizini linije (nije neophodno da bude prava). Linijski javljači mogu da budu *integralni* ili *neintegralni*. Prag aktiviranja alarma za integralne javljače zavisi od dužine linije (od vrednosti parametra u ostalim tačkama) što nije slučaj kod neintegralnih. Tačkasti javljači požara se standardno koriste u zaštiti objekata od požara, dok se linijski javljači koriste za specifične primene, kao što je zaštita od požara kod pokretnih stepenica i proizvodnih linija, u

magacinima i hangarima, u tunelima, energetskim postrojenjima, kod avionskih uređaja i vojnih postrojenja, itd.

Treba napomenuti da višesenzorski javljači požara, kao kombinacije više senzora istog ili različitog tipa (a najčešća kombinacija je senzor toplote i senzor dima), tek od nedavno predstavljaju posebnu kategoriju u većini evropskih standarda. Takođe, za brzinu dojave alarma je veoma bitna mogućnost da javljač požara bude jednoznačno identifikovan od strane sistema za dojavu požara na osnovu individualne adrese (*mogućnost adresiranja*), i takva podela zvanično postoji u ruskim propisima.²⁰⁾



Slika 5.2 Podela javljača požara

Ručni javljači predstavljaju posebnu kategoriju u odnosu na način aktiviranja; višesenzorski predstavljaju posebnu kategoriju u odnosu na princip rada.

Podela javljača požara je moguća i na osnovu drugih kriterijuma. Jedan od kriterijuma za podelu automatskih javljača požara se bazira na načinu signalizacije požarnog parametra koji se prati, a koji je veoma bitan sa aspekta odlučivanja o alarmu. Naime, standard ISO 7240-1 kroz definiciju opštih pojmova, posredno daje podelu javljača požara *prema broju stanja* koja se daju na izlazu javljača:

- *Javljači sa dva stanja (3.89 two-state detector)* - javljači koji na izlazu daju dva stanja: „normalno stanje“ ili „alarmno stanje“;
- *Javljači sa više stanja (3.56 multistate detector)* - javljači koji na izlazu daju jedno od ograničenog broja stanja (više od dva) koji se nalaze u opsegu od vrednosti „normalno stanje“ do vrednosti „alarmno stanje“ („predalarmna stanja“), a takođe i stanja koja su posledica neuobičajnih okolnosti kao što je „kvar“ i sl.;

²⁰⁾ Ova podela se nalazi u ruskim propisima o zaštiti od požara НПБ 76-98 *Нормы Пожарной Безопасности* koji su deo ГОСТ standarda.

- *Analogni javljači (3.7 analogue detector)* - javljači koji daju analogni ili digitalni izlaz koji predstavlja vrednost izmerene pojave od strane senzora. Za razliku od prethodnih tipova ovi javljači ne daju informaciju o nastanku alarma, ali zato omogućavaju drugim delovima u sistemu za dojavu da donesu odluku tipa „alarm“/„normalno stanje“/ „kvar“. Velika prednost analognih javljača u odnosu na prethodna dva tipa javljača jeste da se sistemu nudi mogućnost praćenja mernih osobina javljača čime se u najvećoj meri otklanja pojava lažnih alarma.

Postoje podele javljači i prema drugim kriterijumima od kojih su neki ovde navedeni. S obzirom da je kod detekcije parametara požara, pored granične vrednosti pojave koja se prati (praga alarma), važna i brzina promene (porast temperature ili koncentracije dima), postoji i podela *prema načinu odziva* na sledeći način:

- *javljači granične vrednosti* - javljači koji generišu signal kada veličina merene pojave prelazi određenu vrednost za dovoljno dugo predodređeno vreme,
- *javljači razlika* - javljači koji generišu signal kada mala razlika u veličini merene pojave prelazi određenu vrednost za dovoljno dugo predodređeno vreme,
- *javljači brzine promena* - javljači koji generišu signal kada brzina promene merene pojave prelazi određenu vrednost za dovoljno dugo predodređeno vreme.

Pored navedenih podela, naša zakonska regulativa je sadržavala i sledeće podele:

- o *prema mogućnosti resetovanja* (reset moguć, reset moguć zamenom delova, reset nije moguć),
- o *prema načinu resetovanja* (automatski reset, ručni reset) i
- o *prema mogućnosti demontaže* (javljači koji se mogu demontirati, javljači koji se ne mogu demontirati).

Neke od ovih podela i danas figurišu u evropskom standardu. Naime, evropski standard EN 54-1 u delu 3 *Terms and definitions*, uz komentar da postoje različite podele javljača požara, navodi četiri osnovna kriterijuma za podelu:

- *prema fenomenu koji se detektuje*
 - o javljači plamena (3.11.3 *flame detector*),
 - o javljači gasa (3.11.4 *gas detector*),
 - o javljači toplote (3.11.5 *heat detector*)
 - o višesenzorski detektor (3.11.8 *multi-sensor/criteria*) i
 - o javljači dima (3.11.14 *smoke detector*)
- *prema konfiguraciji javljača*
 - o linijski javljači (3.11.6 *line detector*),
 - o višetačkasti javljači (3.11.7 *line detector*) i
 - o tačkasti javljači (3.11.12 *point detector*)
- *prema mogućnosti resetovanja*
 - o bez reseta (sa delovima koji mogu da se zamene) (3.11.10 *non-resettable detector*),
 - o bez reseta (bez zamenljivih delova) (3.11.11 *non-resettable detector*) i
 - o sa resetom (3.11.13 *resettable detector*)
- *prema mogućnosti rasklapanja*
 - o analogni javljači (3.11.1 *analogue detector*),
 - o javljači koji se rasklapaju odvajanjem tela javljača od baze (3.11.2 *detachable detector*) i
 - o detektori bez mogućnosti demontaže (3.11.9 *non-detachable detector*).

Treba napomenuti da se gotovo svi javljači koji se danas mogu naći na tržištu veoma lako montiraju i demontiraju, a tokom rada sistema mogu neograničeni broj puta da se resetuju i vraćaju u normalno stanje posle alarma, na licu mesta ili daljinski iz centralne jedinice. Zbog toga, opis pojedinih javljača požara u daljem tekstu je dat prema osnovnoj podeli javljača u odnosu na produkt sagorevanja koji javljač detektuje.