

Standard HITE 72-98 definiše 4 klase detektora plamena, sa napomenom da se rastojanja odnose na detekciju test požara TF-5 i TF-6 i da maksimalno vreme odziva mora da bude do 30 s.

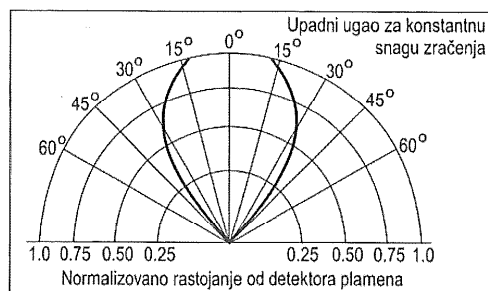
Tabela 8.3 Maksimalno rastojanje za detekciju požara TF-5 i TF-6 u skladu sa HITE 72-98

Detektor plamena HITE 72-98	Najveće rastojanje detekcije
Klasa 1	25 m
Klasa 2	17 m
Klasa 3	12 m
Klasa 4	8 m

I američki standard NFPA 72 definiše osetljivost detektora plamena preko rastojanja duž optičke ose na kojem se detektuje plamen definisane površine za definisano vreme. Međutim, kada su u pitanju kriterijumi za postavljanje, ovaj standard nalaže da se uzmu u obzir sledeći faktori:

1. veličinu požara koji treba da se otkrije,
2. tip gorivog materijala,
3. osetljivost detektora,
4. polje „vida“ detektora plamena,
5. rastojanje detektora od požara
6. apsorpciju energije zračenja plamena u atmosferi,
7. prisustvo drugih izvora koji emituju zračenje,
8. namenu sistema za dojavu požara i
9. zahtevano vreme odziva.

Kako osetljivost, i samim tim brzina detekcije, direktno zavisi od ugaonog rastojanja požara od optičke ose detektora, standard naglašava da veći ugao zahteva i veću površinu požara koji se detektuje. Fenomen polja „vida“ detektora plamena je ilustrovan na slici 8.9. Sa slike je očigledno, da prema ovom standardu deklarirana osetljivost detektora može da se prihvati samo u okviru prostornog ugla od 60°.



Slika 8.9 Osetljivost detektora plamena u skladu sa NFPA 72

9 Postavljanje detektora ugljen-monoksida

Ugljen-monoksid je jedan od vodećih uzroka smrti izazvanih trovanjem pod različitim okolnostima u svetu. Ovaj nevidljivi gas, bez mirisa i ukusa (često se naziva i „tihi“ ili „nevidljivi ubica“), nastaje nepotpunim sagorevanjem goriva koja sadrže ugljenik (fosilna goriva, drvo, ugalj), svoje toksično dejstvo ispoljava tako što se dospevši u organizam preko disajnih organa, vezuje za hemoglobin u krvi i pretvara ga u karboksi-hemoglobin. U toj reverzibilnoj reakciji, udahnuti ugljen-monoksid se ponaša daleko agresivnije od kiseonika i vezuje za hemoglobin 240 puta brže, čime umanjuje sposobnost krvi da čelije, tkiva i organe snabdeva kiseonikom. Efekti nastalog trovanja se kreću od glavobolje i mučnine, sve do smrtnog ishoda. Brzina vezivanja i uticaj CO na organizam zavisi od mnogo faktora, kao što su: pol, starost, fizička kondicija, postojanje akutnih i hroničnih bolesti, itd. Do fatalnog ishoda dovodi velika doza u kratkom vremenskom periodu, ali i mala doza u kombinaciji sa dugim vremenom eksozicije.

U tabeli 9.1 su prikazani efekti izloženosti ugljen-monoksidu za različita vremena eksozicije (ppm/min)¹⁾, tj. simptomi trovanja i odgovarajuća koncentracija koja izaziva te simptome. Generalno, može se reći da nema posledica pri izloženosti koncentraciji do 50 ppm u trajanju do 8 sati, i da je gornja granica tolerancije na CO do 100 ppm, pod uslovom da vreme eksozicije nije duže od par sati.

Tabela 9.1 Simptomi uticaja CO na organizam

Konc. [ppm]	Simptomi
10 - 24	Efekti mogu da se jave tek posle dugog izlaganja
25	Opšte definisana maksimalno dozvoljena koncentracija
50	Maksimalno dozvoljena koncentracija na radnom mestu. Bez efekata pri izlaganju do 8 h.
100	Lakša glavobolja nakon 1-2 h.
200	Vrtoglavica, mučnina, zamor i glavobolja posle 2-3 h.
400	Glavobolja i mučnina posle 1-2 h. Životna ugroženost posle 3 h.
800	Glavobolja, mučnina, vrtoglavica posle 45 min., gubitak svesti posle 1 h, smrt nakon 2-3 h..
1000	Gubitak svesti posle 1 h.
1600	Mučnina, vrtoglavica posle 20 min.
3200	Mučnina, vrtoglavica posle 5-10 min., gubitak svesti posle 30 min.
6400	Mučnina, vrtoglavica posle 1-2 min., gubitak svesti posle 10-15 min.
12800 (1.28 %)	Momentalni psihološki efekti, gubitak svesti, smrt posle 1-3 min.

¹⁾ ppm - milioniti deo (eng. *parts per million*). Na primer, u masi 1 ppm odgovara 1 mg u 1 kg, ili zapreminski - u procentima 0.1% zapremine gasa u vazduhu je 1000 ppm (1 ppm = 1 µl/l).

Prema istraživanjima koja su sprovedena u SAD, u periodu od 2004. do 2006. godine, dva najčešća izvora ugljen-monoksida su bile peći u kući i automobili. Najčešći razlozi i mesta nastanka CO su sledeći:

- blokirani ili loše projektovani dimovodni kanali i loša ventilacija,
- sistemi za grejanje na gas,
- izduvni gasovi automobila, generatora, ...
- upotreba roštilja u zatvorenim prostorima,
- u kući: kvar peći, bojlera i slično.

Osim navedenih mesta nastanka CO u domaćinstvima, ovaj gas je prisutan u mnogim tehnološkim procesima, kao na primer:

- u metalurškoj industriji (topionice, livnice),
- u rudnicima uglja i plinarama,
- pri destilaciji uglja, nafte i drveta,
- pri autogenom zavarivanju,
- u kovačnicama, velikim perionicama i kuhinjama na butan gas,
- pri radu u šahtovima, itd.

9.1 Princip realizacije detektora ugljen-monoksida

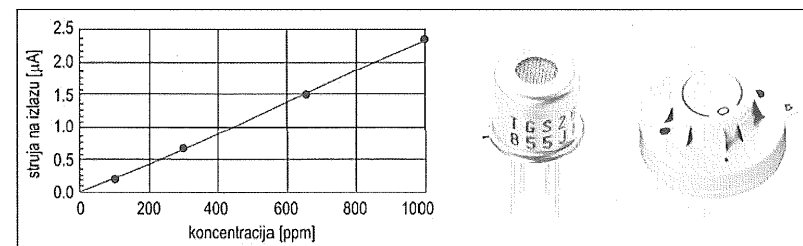
Detektori ugljen-monoksida koji se danas koriste u sistemima za dojavu požara su najčešće realizovani kao *poluprovodnički detektori* i *elektrohemijski detektori ugljen-monoksida*.

Poluprovodnički detektori ugljen – monoksida svoj rad baziraju na primeni poluprovodničkog materijala, najčešće kalaj – dioksida, SnO_2 , za ovu svrhu električnom pobudom zagrejanog na odgovarajuću temperaturu (tipično 400°C). Kako je električna otpornost ovako formiranog senzorskog elementa obrnuto proporcionalna koncentraciji ugljen – monoksida u komori detektora (opada sa povećanjem koncentracije), merenje struje pobude i procesiranje kao konačni rezultat daje koncentraciju ugljen – monoksida, sa tačnošću prihvatljivom za datu namenu. Kako je sam princip delovanja (grejanje senzorskog elementa) takav da nameće potrebu za znatnom električnom energijom, ovi senzori se odlikuju povećanom potrošnjom koja se kreće od više desetina do nekoliko stotina mA.

Proces trošenja materijala od kog su senzorski elementi sačinjeni (usled visoke radne temperature), kao i devijacija funkcionalne karakteristike tokom eksploatacije utiče na smanjeni rok trajanja ovih senzora (3~5 god). Takođe, podložan je lažnim alarmima, a oni mogu biti izazvani gasovima i isparenjima koji ne sadrže ugljen – monoksid. Ovaj tip detektora se u poslednje vreme sve više zamenjuje elektrohemijskim detektorima ugljen – monoksida.

Elektrohemijski detektori ugljen – monoksida su bazirani na primeni svojevrsnih baterijskih ćelija koje hemijskim (elektrolitičkim) putem proizvode električnu energiju veoma male snage ali sa izuzetno linearnom i stabilnom karakteristikom zavisnosti struje od koncentracije ugljen – monoksida u komori detektora. Merenje ovog električnog parametra i njegovo dalje procesiranje od strane ugrađenih elektronskih sklopova za konačni rezultat daje koncentraciju ugljen-monoksida, sa visokom tačnošću koja ovu tehnologiju senzore čini superiornom u odnosu na ostale. Kao senzori u elektrohemijskim detektorima CO najviše se koriste senzorski elementi Taguchi tipa (poznat i kao *TGS - Taguchi Gas Sensor*).

Strujna karakteristika ovih senzora je linearna u odnosu na koncentraciju ugljen-monoksida, sa odstupanjem koje ne prelazi $\pm 5\%$ za opseg od 0 ppm do 500 ppm, slika 9.1.



Slika 9.1 Zavisnost izlazne struje od koncentracije elektrohemijskog senzora i izgled senzora i detektora ugljen-monoksida.

Postoji nekoliko zahteva u skladu sa savremenim standardima, koje detektori CO treba da zadovolje:

- prema najnovijim izmenama standarda većine razvijenih zemalja, upotreba detektora CO je obavezna u školama, bolnicama, hotelskim sobama i svim prostorijama gde duže borave deca, stare ili hendikepirane osobe,
- signal alarma koji se generiše na osnovu otkrivanja CO mora da se razlikuje od signala alarma drugih tipova detektora,
- detektor CO mora da ima indikaciju o svim tipovima kvara kao i drugi tipovi detektora požara, a posebno indikaciju kraja operativne sposobnosti - životnog veka senzora,
- napajanje sistema koji sadrži detektore CO mora da bude takvo da obezbedi nesmetan rad detektora CO, čak i ako centralna jedinica (centrala za dojavu požara) nije u funkciji,
- svi detektori CO u okviru sistema moraju da imaju mogućnost testiranja ispravnosti i funkcionalnosti.

9.2 Pravila za postavljanje

Pravila za postavljanje detektora ugljen-monoksida proističu iz nekoliko osnovnih činjenica koje se odnose na ovaj gas:

- mesta u objektu na kojima može da pojavljivanja ovog gasa,
- postojanje rizika od požara sa nepotpunim sagorevanjem,
- odsustvo ventilacije,
- molekulska masa gasa koja je bliska molekulskoj masi vazduha (vazduh=29, CO=28), a koja utiče na visinu postavljanja.

Iz navedenih činjenica proizilaze osnovne smernice za primenu detektora ugljen-monoksida koje se odnose na to kada detekciji ugljen-monoksida treba dati prvenstvo u odnosu na druge, kao i u kojim situacijama ne treba koristiti ovaj tip detektora.

Otkrivanje ugljen-monoksida ovim tipom detektora može da se iskoristi kao **glavni metod detekcije** u slučajevima:

- kada postoji rizik isključivo od tinjajućih požara, ili požara sa sporim razvojem kod kojih je vrlo verovatno da će pre doći do stvaranja CO nego čestica dima,
- kada su optički detektori dima neprimenljivi zbog mogućih izvora lažnih alarmiranja, na primer u hotelskim sobama sa kupatilom iz koga isparanje mogu da dovedu do lažnih alarmiranja, ili u prostorijama u kojima prašina može da simulira prisustvo dima,
- u situacijama gde efekat stratifikacije zbog stvaranja vrelog sloja vazduha može da ograniči kretanje dima,
- ako prostorija ima površinu do 50 m².

Na drugoj strani, detektori ugljen-monoksida se postavljaju kao **dopunska zaštita** uz detektore dima u slučajevima:

- kada postoji rizik od tinjajućih požara,
- kada postoji rizik od nastanka požara u zatvorenom prostoru.

Najzad, postavljanje detektora ugljen monoksida se **ne preporučuje** u sledećim slučajevima:

- kada je prostor koji se štiti put za evakuaciju, u kojima je potrebna detekcija dima da na vreme obezbedi adekvatnu vidljivost za evakuaciju,
- kada je u prostoriji moguće pregrevanje mašina, opreme, ili postoji opasnost od požara zbog električnih uzroka (pregrevanje kablova, kratak spoj),
- kada je prostorija izložena izduvnim gasovima, alkoholnim parama, vodoniku, amonijaku ili nekim hemikalijama koje se koriste u različitim sprejevima,
- kada postoji zahtev za otkrivanje požara zapaljivih tečnosti, tj. u slučajevima kada se očekuje brz razvoj požara.

Iako su ovoj knjizi pravila za postavljanje svih tipova detektora izlagana redosledom koji podrazumeva da se prvo navedu pravila iz evropskog standarda (usvojenog kod nas), a zatim iz drugih standarda, ovde će prvo biti navedena pravila iz međunarodnog standarda. Naime, detektori ugljen-monoksida se u međunarodnom standardu ISO 7240 obrađuju u dva dela: Part 6: *Carbon-monoxide fire detectors using an electro-chemical cell* i Part 8: *Carbon-monoxide fire detectors using an electro-chemical cell in combination with a heat sensor*, dok evropski standard EN 54-26: *Point fire detectors using carbon monoxide sensors* jedinstveno tretira ovaj tip detektora bez obzira na način realizacije.

Međunarodni standard ISO 7240 u delovima 6 i 8 navodi da bez obzira na činjenicu da stratifikacija manje utiče na detektore CO u odnosu na druge tipove detektora, treba imati u vidu da ugljen-monoksid ima veću pokretljivost od dima, ali da njegova koncentracija značajno opada sa konvekcijom vazduha, bilo prirodnom ventilacijom, bilo iz ventilacionih sistema. Prema ovom standardu, detektor CO zadovoljava zahteve ukoliko za bilo koju stopu rasta koncentracije CO koja je manja od 1 ppm/min detektor signalizira alarmno stanje pre dostizanja 60 ppm.

Međutim, interesantno je da deo standarda koji se odnosi na elektrohemijski detektor ugljen-monoksida (deo 6) navodi da minimalna vrednost praga alarma treba da iznosi 25 ppm (25 µl/l) a maksimalna vrednost praga alarmiranja ne sme da pređe 45 ppm (45 µl/l), dok se u delu 8 standarda koji obrađuje detektor CO u kombinaciji sa senzorom toplote navodi da ove vrednosti treba da budu 30 ppm (30 µl/l) i 60 ppm (30 µl/l), respektivno.

Nešto slično se navodi i u evropskom standardu EN 54-26 *Point fire detectors using carbon monoxide sensors*, da za bilo koju promenu koncentracije CO od 1 ppm/min, detektor mora da signalizira alarm pre nego što koncentracija dostigne 60 ppm. U ovom standardu se minimalni prag alarmiranja definiše na 25 ppm (25 µl/l), dok odnos između maksimalne i minimalne vrednosti praga alarmiranja ne sme da bude veći od 1.6 (što daje 40 ppm za maksimalnu vrednost). Činjenica je da se većina proizvođača danas pridržava navedenih pravila za minimalni i maksimalni prag alarma, sa maksimalnom brzinom odziva koja se kreće od 30 s do 60 s. Najčešće karakteristike detektora CO većine proizvođača koje se odnose na prag alarmiranja su prikazane u sledećoj tabeli.

Tabela 9.2 Odziv i pragovi alarma detektora ugljen-monoksida

Prag alarma [ppm]	Primena
30	Prostorije za spavanje bez prisustva CO
45	Dopunska zaštita u predvorjima, prostorije za spavanje sa niskim nivoom CO
60	Prostorije sa nagomilanim materijalom
75	Dopunska zaštita u kuhinjama i kotlarnicama

Evropski standard EN 54-14 ne definiše precizna pravila za postavljanje detektora CO. Isto važi i za **nemački standard VDE 0833-2**. U većini standarda evropskih zemalja se navodi da su pravila koja se odnose na površinu pokrivanja ista kao za postavljanje detektora dima. Međutim, imajući u vidu da je specifična težina ugljen-monoksida veoma bliska specifičnoj težini vazduha (CO - 0.9667, CO₂ - 1.5189), postoje preporuke da visina postavljanja bude u visini disanja odraslog čoveka, dakle negde oko 1.5 m, posebno u prostorijama sa nedovoljnom ventilacijom.

Britanski standard BS 5839-6 pored činjenica o poreklu i mestima nastanka ovog gasa koje su navedene u prethodnom tekstu, navodi da elektrohemijaska ćelija ima vek trajanja oko sedam godina i da o tome treba voditi računa. I ovde se navodi da su pravila za postavljanje ovog tipa detektora ista kao i za detektore dima.

Ruski standard НПБ 71-98 - *Извещатели пожарные газовые. Общие технические требования. Методы испытаний* navodi da detektor mora da reaguje u opsegu od 20 do 80 ppm, pri čemu postoje dve klase detektora:

1. klasa koja može da detektuje koncentracije u opsegu od 20 do 40 ppm i
2. klasa detektora sa osetljivošću u opsegu od 41 do 80 ppm.

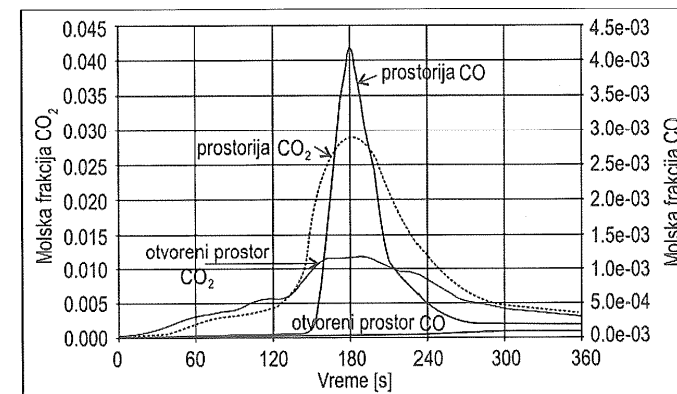
Američki standard NFPA 72 koji inače obrađuje problematiku projektovanja i održavanja sistema za dojavu požara, za detalje oko instaliranja ovog tipa detektor upućuje na standard *NFPA 720 - Standard for the Installation of Carbon Monoxide (CO) Detection and Warning Equipment*. Standard NFPA 720 pored nametanja obaveze instaliranja ovog tipa detektora u objektima u kojima borave deca, stari, bolnicama i slično, navodi da lokacija detektora treba da se odredi na osnovu procene potencijalnih izvora CO, uz procenu mogućih izvora lažnih alarmiranja. Pošto su smernice ovog standarda već ujedinjene sa preporukama koje su već date u prethodnom tekstu, ovde su navedene samo u najkraćem preporuke vezane za površinu i poluprečnik pokrivanja koje daju proizvođači. Naime, NFPA 720 navodi da lokacija detektora i međusobno rastojanje zavise od procene potencijalnih izvora i kretanja CO, imajući u vidu sisteme za klimatizaciju i ventilaciju.²⁾

Za primene kao što su javne garaže i slični prostori, može se smatrati da je oblast pokrivanja detektora ugljen-monoksida slična oblasti pokrivanja tačkastih detektora dima, tj. poluprečnik pokrivanja ide od 8 m do 12 m. Međutim, ovo treba uzeti sa rezervom, jer je osnovni kriterijum za pozicioniranje detektor stepen ugroženosti od CO u pojedinim delovima objekta. Udaljenost od zida prema NFPA 720 treba da iznosi najmanje 12 inča (oko 300 mm).

²⁾ Za detaljnija uputstva oko postavljanja standard upućuje na Fire Protection Research Foundation (FPRF) technical report *Development of a Technical Basis for Carbon Monoxide Detector Siting*.

Proizvođači površinu pokrivanja detektora CO definišu od 5000 ft² do 10000 ft² sa visinom postavljanja od 5 ft. Drugim rečima, za poluprečnik pokrivanja se prosečno uzima 49 ft (oko 15 m), za prosečnu površinu pokrivanja od 7500 ft² (700 m²).

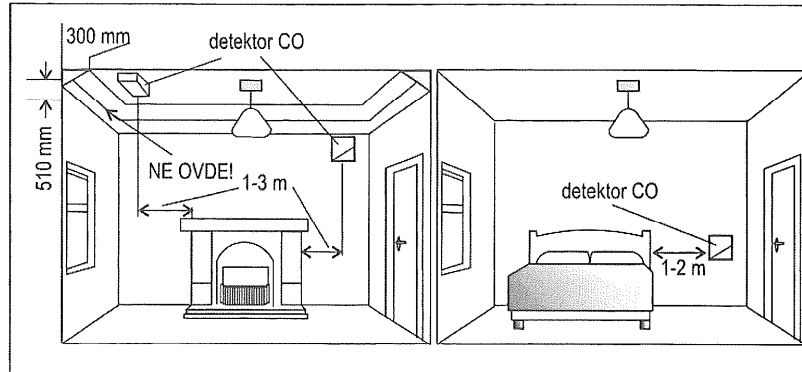
Na kraju treba napomenuti da u odsustvu ventilacije, udeo ugljen-monoksida u produktima sagorevanja može da bude veoma veliki. Na slici 9.2 su prikazane molske (molarne) frakcije CO i CO₂ izmerene tokom požara fotelje u prostoriji, u odsustvu ventilacije i na otvorenom prostoru. Primitno je da je otvorenom prostoru udeo ugljen-monoksida u produktima sagorevanja gotovo zanemarljiv, dok u odsustvu ventilacije CO dostiže znatno veću koncentraciju u odnosu na ugljen-dioksid.



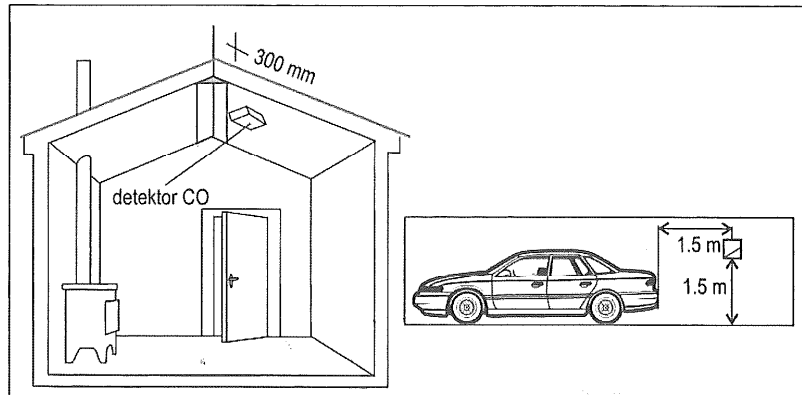
Slika 9.2 Udeo CO₂ i CO pri sagorevanju fotelje u odsustvu ventilacije i na otvorenom prostoru

Ukoliko se u početnoj fazi požara očekuju ugljen-monoksid i toksični produkti sagorevanja, prilikom projektovanja bi trebalo da se obrati pažnja i na standard ISO 9705-1:2016(en) *Reaction to fire tests - Room corner test for wall and ceiling lining products - Part 1: Test method for a small room configuration*. Ovaj standard definiše test metode za procenu reakcije zidova i tavanice u malim prostorijama koje su izložene dejstvu požara. Test sadrži požarni scenario koji podrazumeva požara koji počinje u uglu prostorije koja ima dobru ventilaciju sa jednim vratima koja su otvorena, sa podacima počev od paljenja i završno sa *flashoverom*.

Na sledećim slikama su ilustrovani najčešći slučajevi postavljanja detektora CO - u prostorijama sa pećima i dimovodnim kanalima, sa ravnom i kosom tavanicom, i u prostorijama za spavanje i garažama.



Slika 9.3 Postavljanje detektora CO na ravnu tavanicu i u prostorijama za spavanje



Slika 9.4 Postavljanje detektora CO ispod kose tavanice i u garažama

10 Usisni sistemi za dim

Zbog načina na koji realizuju otkrivanje požara, usisni sistemi za dim predstavljaju poseban tip sistema za dojavu koji može da se koristi sasvim nezavisno. Zbog toga se za ovaj tip sistem koristi više naziva: višetačkasti detektori dima, aspiracioni javljački sistemi za dim ili javljački sistemi za dim sa uzorkovanjem (eng. *air sampling smoke detection system*, *aspirating smoke detection systems - ASD*, rus. *пожарный аспирационный извещатель*)¹⁾. Pošto se radi o sistemima čija je osnovna karakteristika visoka osetljivost koja omogućava detekciju požara u najranijoj fazi, vrlo često se za ove sisteme koristi i akronim VESDA (eng. *Very Early Smoke Detection Apparatus*). Pored ovoga, pojedini proizvođači koriste i akronime EWSD (eng. *Early Warning Smoke Detection*) za sisteme koji mogu da detektuju dim u početnoj fazi požara u kojoj su čestice dima nevidljive za ljudsko oko, ali nisu dovoljno osetljivi za detekciju dima koji nastaje u požarima koji imaju „električni“ uzrok (kratak spoj i slično). Najzad, za sisteme sa osetljivošću kojom može da se detektuje i ovaj tip požara, i uopšte požari čija početna faza može da traje satima ili čak danima, koristi se akronim VEWSA (eng. *Very Early Warning Smoke Detection*).

Da bi se posebno naglasila osetljivost, evropski standard EN 54-20 pri definisanju klasa ovih sistema definiše i podklase tipskih požara TF1 do TF5 za čije otkrivanje mogu da se iskoriste usisni sistemi za dim, tabela 10.1.²⁾

Tabela 10.1 Klasifikacija usisnih sistema za dim u odnosu na test požare i preporuke za primenu

Klasa	Osetljivost	Primena.	Test požari
A	veoma velika osetljivost, max. 0.05 dB/m	Vrlo rana detekcija veoma male koncentracije dima, na primer, za ekološki čiste prostorije, ekstremno male količine dima u kanalima za klimatizaciju, ..	TF2A, TF3A, TF4, TF5A
B	velika osetljivost, max. 0.15 dB/m	Rana detekcija; posebni slučajevi detekcije - na primer, elektronski i računarski kabineti	TF2B, TF3B, TF4, TF5B
C	normalna osetljivost, max. 2.00 dB/m	Standardna detekcija; detekcija u normalnim sobama i prostorima koja daje istu pouzdanost detekcije kao na primer, linijski detektori dima	TF2, TF3, TF4, TF5

Princip rada usisnih sistema za dim se sastoji u tome da se vazduh iz prostorije koja se štiti, sistemom cevi dovodi do centralne jedinice (komore za uzorkovanje) gde se vrši analiza pomoću detektora dima velike osetljivosti.

¹⁾ ISO 7240-20 (EN 54-20) *Aspirating smoke detectors: 3.1.1 aspirating smoke detector* - smoke detector, in which air and aerosols are drawn through a sampling device and carried to one and more smoke sensing elements by an integral aspirator (e.g. fan or pump).

²⁾ Podklase tipskih - ispitnih požara su navedene u poglavlju 5 *Izbor javljača požara*.