A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

CALCULUL CANTITĂŢII DE AER VICIAT CE TREBUIE EVACUAT DIN PARCAJE ÎN CAZUL UTILIZĂRII SISTEMULUI DE VENTILARE JET-FAN COMPARATIV CU SISTEMUL CLASIC CU CONDUCTE

Costel-Marian PIETREANU

HOW TO CALCULATE THE NECESSARY VENTILATION QUANTITY IN CAR PARKS FOR JET VENTILATION SYSTEM IN OPPOSITE WITH CLASSICAL VENTILATION BY DUCTS

The main purpose of this article is to describe the principles of CO ventilation in car parks and to presents how to calculate the necessary ventilation quantity for jet ventilation system in opposite with classical ventilation by ducts.

Cuvinte cheie: CO, aer viciat, evacuare, jet-fun şi clasic
Keywords: CO, air, exhaust, tainted, jet-fun and classic

1. Introducere

În ciuda dezvoltării sistemului de transport în comun, cei mai mulţi oameni au maşini proprietate personală, iar locurile de parcare sunt foarte căutate în special în oraşe. Pentru a satisface aceste cerinţe au fost construite parcaje multietajate atât subteran cât şi suprateran. Pentru asigurarea cerinţei esenţiale de calitate „igienă, sănătate şi mediu" specifice unei construcţii, se pune problema extragerii din parcaje a gazelor rezultate de la autovehicule, în mod special a monoxidului de carbon. Sistemul de evacuare a monoxidului de carbon

şi de control al fumului în caz de incendiu a fost dezvoltat în special în zonele cu densitate mare a populaţiei din Marea Britanie, Germania, Olanda, Danemarca, Norvegia, Suedia, Belgia şi Portugalia [1].

Pe lângă funcţia de evacuare a fumului în caz de incendiu, sistemul de ventilare poate efectua şi evacuarea monoxidului de carbon şi altor gaze toxice rezultate de la autovehiculele aflate în parcare. Ca urmare, autorităţile limitează concentraţia de CO în parcaje. Astfel, în Germania, concentraţia de CO se limitează la 50-60 ppm de la 100 ppm. Sistemul de ventilare este acţionat de detectoare de CO, numărul acestora depinzând de suprafaţa parcajului. În Germania un detector se amplasează la 150 cm de la nivelul pardoselii parcajului astfel încât să deservească o suprafaţă cuprinsă între 100 m² şi 500 m².

2. Cantitatea de CO produsă

Cantitatea de CO existentă într-un parcaj depinde de câţiva factori. Autoturismele vechi poluează mai mult decât cele noi datorită calităţii combustibililor dar mai ales catalizatorilor cu care sunt echipate maşinile care filtrează gazele rezultate în urma arderii. Motoarele reci produc mai mult CO decât motoarele calde, iar viteza este un alt factor care influenţează creşterea emisiilor de CO.

Toate acestea vor fi avute în vedere la proiectarea sistemului de ventilare. În acest sens, au fost create modele de calcul pentru determinarea debitului ventilat necesar pe baza numărului de locuri de parcare, distanţei pe care o parcurge o maşină pentru a ajunge la locul de parcare şi numărul de maşini care intră şi ies din parcaj într-o oră. Nu se ia în consideraţie că, la intrarea în parcare, maşinile au motorul cald sau rece, se consideră pentru toate că la sosire au motorul cald. De asemenea nu se ţine cont de concentraţia de CO când în parcaj nu e nici o maşină, de concentraţia de CO din aerul existent în afara parcajului şi nu se face nicio diferenţiere între faptul că parcajul este independent sau este parte a unui spaţiu comercial ori unui condominiu. Prin introducerea catalizatorilor s-a constat o scădere semnificativă a emisiilor de CO. Evacuarea CO presupune implicit şi evacuarea altor produse de ardere precum oxizii de azot, benzen şi toluen.

În Germania concentraţia de CO se limitează la 50-60 ppm de la 100 ppm, limita specifică fiind o valoare medie măsurată pentru o perioadă de 30 de minute. Dacă se introduce aer proaspăt în parcaj dintr-o zonă aflată în apropierea unui trafic auto intens, se va lua în calcul o concentraţie de CO de 5 ppm. În cazul în care priza de aer

proaspăt este amplasată într-o zonă cu trafic redus nu se va lua în calcul concentraţia de CO din aerul introdus.

Asociaţia Inginerilor din Germania recomandă următoarele valori ale emisiilor de gaze rezultate de la autovehicule (e):

Motor cald:	$0{,}008 \cdot S$	[g]
Motor rece, S<80 m:	7,6	[g]
Motor rece, 80 m<S<500 m:	$0{,}89 \cdot S^{0.49}$	[g]

unde "S" este distanţa medie parcursă de autovehicul până la ieşirea din parcaj.

3. Cantitatea de aer viciat ce trebuie evacuat

Calculele ce vor fi prezentate sunt realizate în concordanţă cu standardul german VDI 2053 [2]. Formula pentru determinarea cantităţii de CO într-o oră, q_{CO}, este dată de relaţia:

$$q_{CO} = \frac{P \cdot e}{\rho_{CO}} \left[m^3 / h \right] \tag{1}$$

P = procentul de spaţii de parcare ocupate ori libere într-o oră sau frecvenţa parcării $\left(h^{-1}\right)$;

e = cantitatea de CO emisă de autoturism (kg);

ρ_{CO} = densitatea CO [kg/m3]; ρ_{CO} = 1,16 kg/m^3 la 20 °C.

Trebuie precizat că q_{CO} este calculat pentru autovehicule în mişcare, considerând că atât cele care vin cât şi cele care pleacă au motorul cald.

Formula pentru determinarea cantităţii de aer viciat ce trebuie evacuată într-o oră, Q, este dată de relaţia:

$$Q = \frac{\sum q_{CO} \times f_g}{CO_{perm} - CO_{out}} \left[m^3 / h \right] \tag{2}$$

CO_{perm} = concentraţia permisă de CO în ppm.

CO_{out} = concentraţia de CO din aerul exterior în ppm.

În multe ţări nu există un standard pentru CO_{perm} şi CO_{out}.

VDI 2053 prevede următoarele limite recomandate:

CO_{perm} = 50 - 60 ppm.

CO_{out} = 5 ppm, când priza de aer proaspăt este amplasată într-o zonă cu trafic intens şi 0 ppm când priza de aer proaspăt este amplasată într-o zonă cu trafic redus.

f_g = factor al sistemului ce variază de la 1,0 la 1,5.

f_g = 1,0 pentru sistemul de ventilare jet-fun.

f_g = 1,25-1,5 pentru sistem de ventilare clasic ce utilizează conductele.

$$\sum q_{CO} = \left(q_{CO} \times n_1 + q_{CO} \times n_2 + ... + q_{CO} \times n_n\right) \qquad (3)$$

n_1 = numărul de locuri de parcare pe nivelul de referinţă, adică cel care comunică direct cu exteriorul;

$n_2 ... n_n$ = numărul de locuri de parcare pe celelalte niveluri la care se poate ajunge trecând numai prin nivelul de referinţă n_1;

s_1 = media distanţei parcurse de autoturismele ce se garează pe nivelul de referinţă, care ocupă n_1 locuri de parcare;

s_2 = media distanţei parcurse de autoturismele ce se garează pe nivelul cel mai apropiat nivelului de referinţă, care ocupă n_2 locuri de parcare;

După cum s-a menţionat, P este procentul de spaţii de parcare ocupate ori libere într-o oră.

Este bine cunoscut că *P* variază în mare măsură în funcţie de locul unde este amplasat parcajul. În principiu, pentru *P* se consideră următoarele valori:

Condominiu	20-60 %
Complex comercial	70-150 %
Clădiri de birouri	50-70 %
Complex sportiv	100 %
Teatre	100 %

Cu privire la condominium[1] trebuie determinate cu precizie gradul de ocupare al parcajului. Se pune problema unei analize de trafic în parcaj în cursul unei zile; pentru uşurarea calculului se consideră că toate maşinile pleacă în acelaşi timp dimineaţa şi se întorc

[1] CONDOMÍNIU s.n. Drept de suveranitate exercitat în comun de două sau de mai multe puteri asupra aceluiași teritoriu. [Pron. -niu, var. condominium s.n. / < fr. condominium, it. condominio, cf. lat. cum – cu, dominium – suveranitate].

simultan seara. Se va ţine cont de asemenea de cantitatea de aer proaspăt ce este introdusă în parcaj, iar *P* va fi determinat de la caz la caz. Frecvenţa parcării se bazează pe numărul total de intrări şi ieşiri pe oră. Spre exemplu dacă 25 % din numărul total de locuri de parcare sunt libere şi 25 % din numărul total de locuri de parcare sunt ocupate, atunci frecvenţa parcării se consideră 50 %. În acest caz, cantitatea de CO produsă trebuie să fie calculată deopotrivă pentru motoarele reci cât şi pentru cele calde.

Exemplu de calcul

Se consideră un parcaj închis cu două niveluri subterane având următoarele caracteristici:

Tip: Parcaj în condominiu

a) Trafic de dimineaţă în ipoteza în care:

f_g = 1,25 (pentru sistem de ventilare clasic ce utilizează conductele);

P = 60 % (pe oră)

n_1 = 174 spaţii parcare.

n_2 = 106 spaţii parcare.

Distanţa medie parcursă (S_n) se calculează ca fiind suma dintre jumătatea distanţei parcurse în interiorul parcajului (s_n), plus distanţa parcursă pentru efectuarea manevrelor la parcare (s_{man}), plus lungimea rampei de intrare/ieşire a parcajului (s_{rmp}).

$$S_n = (s_{man} + ½ \times s_n + s_{rmp}) \quad (4)$$

S-a considerat:

s_1 = 134 m;

s_2 = 156 m;

s_{man} = 10 m;

s_{rmp} = 40 m s-a obţinut astfel:

$s_{rmp} = \frac{s_{entry} + s_{exit}}{2}$, unde s_{entry} = s_{exit} = 40 m;

Distanţa parcursă până la ieşirea din parcaj se calculează separate pentru fiecare din cele două niveluri de parcare. Pe baza

datelor de mai sus media distanţei parcurse pentru fiecare din cele două niveluri (S_1, respectiv S_2) se obţine astfel:

S_1 = (10+134/2+40) = 117 m

S_2 = (10+156/2+40) = 128 m

Dimineaţa se consideră că autovehiculele din parcaj au motorul rece. Utilizând formula $q_{CO} = \frac{P \cdot e}{\rho_{CO}} \left[m^3 / h \right]$, obţinem cantităţi de CO emisă de un autovehicul într-o oră:

q_{CO} = 0,6×0.89×$117^{0.49}$/(1,16×10^3) = 0,0048 m³/h/maşină pentru S_1;

q_{CO} = 0,6×0.89×$128^{0.49}$/(1,16×10^3) = 0,0050 m³/h/maşină pentru S_2;

În acest exemplu s-a considerat că: CO_{perm} = 50 ppm şi CO_{out} = 0 ppm.

Cantitatea de aer viciat ce trebuie evacuat într-o oră (*Q*) se calculează cu relaţia:

$$Q = \frac{(q_{CO1} \times n_1 + q_{CO2} \times n_2) \times f_g}{CO_{perm} - CO_{out}} \left[m^3 / h \right] \quad (5)$$

$$Q = \frac{(0.0048 \times 174 + 0.005 \times 106) \times 1.25}{(50 - 0) \times 10^{-6}} \quad (6)$$

$$Q = 34.130 \, m^3 / h$$

Gradul de ocupare al parcajului poate fi diferit, spre exemplu într-o zi cu trafic redus în parcaj, frecvenţa parcării *P* poate ajunge chiar la jumătate. Considerând că *P* = 30 %, obţinem un *Q* =17.000 m³/h.

În cazul în care parcajul este prevăzut cu sistem de ventilare jet-fun, obţinem o cantitate de aer viciat ce trebuie evacuat într-o oră (*Q*):

$$Q = \frac{(0.0048 \times 174 + 0.005 \times 106) \times 1}{(50 - 0) \times 10^{-6}} \quad (7)$$

unde, f_g = 1.0 pentru sistemul de ventilare jet-fun.

$$Q = 27.304 \, m^3 / h$$

b) Trafic de seară

Cantitatea de CO emisă de un autovehicul într-o oră seara când maşinile se întorc în parcare se calculează astfel:

q_{CO} = 0,6×0.008×117/(1.16×10³) = 0,00048 m^3/h/maşină pentru S_1;

q_{CO} = 0,6×0.008×128/(1.16×10³) = 0,00053 m^3/h/maşină pentru S_2;

Cantitatea de aer viciat ce trebuie evacuat într-o oră (Q) este:

$$Q = \frac{(0.00048 \times 174 + 0.00053 \times 106) \times 1.25}{(50 - 0) \times 10^{-6}} \quad (8)$$

unde, f_g = 1,25 pentru sistem de ventilare clasic ce utilizează conductele;

$$Q = 3.492\, m^3/h$$

În cazul în care parcajul este prevăzut cu sistem de ventilare jet-fun, obţinem o cantitate de aer viciat ce trebuie evacuat într-o oră (Q):

$$Q = \frac{(0.00048 \times 174 + 0.00053 \times 106) \times 1}{(50 - 0) \times 10^{-6}} \quad (9)$$

unde, f_g = 1,0 pentru sistemul de ventilare jet-fun.

$$Q = 2.794\, m^3/h$$

4. Concluzii

■ Toate calculele de mai sus au fost făcute numai în condiţiile în care se pune problema evacuării CO din parcaj. La proiectarea sistemului de ventilare se va ţine seama de aceste date pentru a asigura funcţionarea acestuia în parcaj atunci când CO atinge valorile critice. Funcţia principală a sistemului de ventilare este însă aceea de evacuare a fumului din parcaje în cazul producerii unui incendiu, de aceea componentele sistemului, în speţă ventilatoarele, trebuie să aibă un anumit nivel de performanţă la foc precum şi o anumită clasă de reacţie la foc [3] şi [4].

■ În concluzie, după cum se poate observa din calculul prezentat şi mai ales comparând relaţiile (6) şi (8) cu (7) şi (9)

cantitatea de aer viciat care trebuie evacuată într-o oră este mai mică în cazul echipării parcajului cu sistem de ventilare jet-fun, decât în cazul utilizării sistemului clasic cu conducte. Aceasta înseamnă că sistemul de ventilare jet-fun asigură un nivel de securitate, atât la incendiu cât şi în ceea ce priveşte igiena aerului din interiorul parcajului în condiţii normale, mai ridicat decât sistemul clasic.

■ De asemenea, subliniem faptul că noul sistem de ventilare presupune un sistem de automatizare mai elaborat care realizează un control mai fidel al noxelor din parcaje. În urma unei analize cost-beneficiu s-a constatat că noul sistem este mai eficient decât cel vechi, astfel, în Olanda, în anumite condiţii, el poate suplini şi funcţiile realizate de unele instalaţii de stingere a incendiilor.

■ Deşi această idee este o utopie, considerăm că este o provocare care deschide calea unor cercetări în domeniul securităţii la incendiu despre felul cum interecţionează între ele diversele instalaţii de protecţie împotriva incendiilor.

■ Prin acest articol, autorul şi-a propus să prezinte avantajele utilizării sistemului de ventilare jet-fun, şi în acest sens şi-a sprijinit toate opiniile şi concluziile menţionate mai sus pe calculul prezentat în conţinutul acestuia.

BIBLIOGRAFIE

[1] * * * BS 7346-7:2006, *Components for smoke and heat control systems – Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control.*
[2] * * * VDI 2053:2004-1 *Sisteme de tratare a aerului în parcaje*.
[3] * * * SR EN 12101-1: 2006 *Sisteme pentru controlul fumului şi gazelor fierbinţi. Partea 1: Specificaţie pentru barierele de fum.*
[4] * * * SR EN 12101-3: 2003 *Sistme de control al căldurii şi al fumului. Partea 3: Specificaţii pentru ventilatoare de evacuare a căldurii şi a fumului.*

Lt. col.Drd.Ing. Costel-Marian PIETREANU
ofiţer în cadrul Serviciului Avizare – Autorizare și Reglementări din I.G.S.U.
membru AGIR
e-mail: don_pieta@yahoo.com