

Revista Română de Inginerie Civilă
Indexată în bazele de date internaționale (BDI)
ProQuest, INSPEC, EBSCO
INDEX COPERNICUS, ULRICH'S și JOURNALSEEK
Volumul 8 (2017), Numărul 2

Obținerea confortului de vara fara utilizarea climatizarii, prin ventilare nocturna Getting the comfort of the summer without the use of air conditioning, through night ventilation	83-97
<i>Felicia Uciu, Andreea Vartires, Tiberiu Catalina, Iolanda Colda</i>	
Obținerea unei expresii analitice pentru distributia anuala a concentratiilor de ozon (O3) Obtaining an analytical expression for the annual distribution of ozone concentrations (O3)	98-106
<i>Florin Iordache, Vlad Iordache</i>	
Noi abordari in standardul prEN 13791 „Evaluarea rezistentei betonului din structuri si elemente prefabricate” New approaches in prEN 13791 "Assessment of concrete strength in prefabricated structures and elements"	107-115
<i>Dan Georgescu, Apostu Adelina</i>	
Semaforizarea inteligentă a unei intersecții Intelligent transfiguration of an intersection	116-123
<i>Cristina Gabriela Sărăcin, Marin Sărăcin, Adrian Alin Toader</i>	
Evoluția sistemelor de climatizare de tip VRF – Partea a II-a Evolution of VRF-type air conditioning systems - Part II	124-140
<i>Cătălin Negruțiu, Dragoș Hera</i>	
Curgerea neizoterma in regim nestationar a unui lichid printr-o conducta aflata in mediul exterior The non-isothermal flow of non-isothermal fluid through a conduit in the external environment	141-149
<i>Florin Iordache</i>	
Sisteme de încălzire prin pardoseală radiantă Radiant floor heating systems	150-157
<i>Gheorghe-Constantin Ionescu</i>	
Solutii moderne de Instalatii la HOTEL HILTON in orasul Augusta – Statul Maine – SUA Modern Installations Solutions at HOTEL HILTON in Augusta - State of Maine - USA	158-165
<i>Matei Traian Ilina, Mihai Ilina</i>	

MATRIX ROM
OP CHIAJNA CP 2
077040 – ILFOV
Tel. 021 4113617 Fax. 021 4114280
e-mail: office@matrixrom.ro
www.matrixrom.ro

COLEGIUL EDITORIAL

Prof.dr.ing. Ioan BORZA, *Universitatea Politehnica Timișoara*
Conf.dr.ing. Lucian CÂRSTOLOVEAN, *Universitatea Transilvania Brașov*
Conf.dr.ing. Vasilică CIOCAN, *Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iași*
Prof.dr.ing. Carlos Infante FERREIRA, *Delft University of Technology, The Netherlands*
Prof.dr.ing. Dragoș HERA, *Universitatea Tehnică de Construcții București, membru onorific*
Prof.dr.ing. Ovidiu IANCULESCU, *membru onorific*
Prof.dr.ing. Anica ILIE, *Universitatea Tehnică de Construcții București*
Prof.dr.ing. Gheorghe Constantin IONESCU, *Universitatea Oradea*
Prof.dr.ing. Florin IORDACHE, *Universitatea Tehnică de Construcții București – **director editorial***
Prof.dr.ing. Vlad IORDACHE, *Universitatea Tehnică de Construcții București*
Prof.dr.ing. Ioan MOGA, *Universitatea Tehnică Cluj Napoca*
Prof.dr.ing. Nicolae POSTĂVARU, *Universitatea Tehnică de Construcții București*
Prof.dr.ing. Daniela PREDA, *Universitatea Tehnică de Construcții București*
Prof.dr.ing. Adrian RETEZAN, *Universitatea Politehnica Timișoara*
Conf.dr.ing. Daniel STOICA, *Universitatea Tehnică de Construcții București*
Prof.dr.ing. Ioan TUNS, *Universitatea Transilvania Brașov*
Conf.dr.ing. Eugen VITAN, *Universitatea Tehnică Cluj Napoca*

Revista Română de Inginerie Civilă este publicată și finanțată de editura
MATRIX ROM
Director executiv: mat. Iancu ILIE

Online edition ISSN 2559-7485

Print edition ISSN 2068-3987; ISSN-L 2068-3987

Obținerea confortului de vara fara utilizarea climatizarii, prin ventilare nocturna

Obtaining summer comfort without air condition through the use of nocturnal ventilation

Felicia Uciu¹, Andreea Vartires¹, Tiberiu Catalina¹, Iolanda Colda¹

¹ Universitatea Tehnică de Construcții București, Facultatea de Inginerie a Instalațiilor
Bd. Pache Protopopescu nr. 66, sector 2, București
E-mail: feliciauciu@gmail.com , vartires2@gmail.com

Rezumat. Studiul realizat in vederea economisirii de energie pentru racirea cladirilor, a aratat eficienta tehnicii de ventilare nocturna in localitati din sudul Romaniei, zona afectata de temperaturi ridicate, cu grad de repetitivitate inalt, in mod deosebit in ultimii ani.

Introducerea utilizarii temperaturii de echilibru pentru studiul ventilarii nocturne, care permite determinarea numarului de grade zile pentru care nu este necesara climatizarea, a constituit o a doua etapa in stabilirea consumului de energie de racire, ca indicator cu continut multicriterial in functie de care se poate estima economia de energie. Alaturi de informatii utile cu referire la raspunsul cladirii supusa la sarcini externe, temperatura de echilibru este baza determinarii numarului de grade zile de racire. Conceptul de grade zile prezinta doua aspecte: primul se refera la baza de calcul si al doilea, la modul in care acesta este aplicat la analiza si construirea strategiei de economisire a energiei. In ceea ce priveste primul aspect, determinarea temperaturii de echilibru raspunde nivelului de confort propus. In al doilea caz, pe baza liniilor de performanta ale cladirilor studiate, se vor propune temperaturi interioare care sa raspunda cerintelor de confort si de eficienta termica.

Cuvinte cheie: eficienta energetica, ventilare nocturna, temperatură de echilibru, grade zile de racire

Abstract. The study realized to establish the energy savings for cooling has tested the efficiency of nocturnal ventilation in cities in the south of Romania, an area that is affected by high temperatures that repeat often especially in the past years.

By introducing the use of equilibrium temperature for the study of nocturnal ventilation, which allows the determination of the large number of degree days for which we do not require air conditioning, we are able to determine the number of degree days for which we do not require air conditioning; this has constituted the second step in establishing the thermal demand for cooling as an indicator with a multi-criteria inventory based on which we can estimate the saving. Alongside useful information revealed through the answer of the building which has undergone external demand, the equilibrium temperature is based on determining the number of cooling degree days. The concept of degree days is formed of two specific aspects: the first refers to the base of the calculation and the second to the way in which these are applied to the analysis and how

we build the energy consumption strategy. When referring to the first aspect, determining the equilibrium temperature responds to the scope of the proposed comfort. In the second case, based on the lines of performance for the buildings we have studied, we will propose inside temperatures which would respond to the demanded comfort and efficiency.

Key words: energy efficiency, nocturnal ventilation, equilibrium temperature, cooling degree days

1. Introducere

Obiectivul principal al lucrării îl reprezintă o analiză a necesarului și al potențialului energetic al clădirilor, în vederea obținerii unor condiții de activitate adecvate, cu consumuri reduse de energie. Se va studia importanța controlului climatului interior în scopul reducerii consumului de energie pentru răcire în clădiri.

Lucrarea își propune să analizeze metodele de evaluare existente, cu scopul de a aproxima cât mai aproape de realitate, intervalul și valorile de temperatură exterioară, corelate cu capacitatea termică a clădirii, care permit practici disipatoare ale necesarului de energie pentru climatizare, prin ventilare nocturnă.

Specialiștii din domeniul eficienței energetice au căutat mereu tehnici simple de estimare a energiei necesare asigurării confortului în clădiri, una dintre abordări fiind metoda grade zile pentru încălzire (heating degree-days HDD), respectiv răcire (cooling degree-days CDD).

Privind în timp istoria în domeniu, primul care a prezentat metoda grade zile a fost Sir Richard Strachey în anul 1878, pentru durata de germinare a plantelor [1]. Prof. Tony Day evidențiază posibilitatea introducerii unor ipoteze simplificatoare în determinarea CDD [2]: “În cazul în care nu există nicio sarcină specifică, există doar evacuarea căldurii sensibile dată de relația: *Evacuarea căldurii (kW) = debitul masic aer (kg·s⁻¹) x căldura specifică a aerului (kJ·kg⁻¹·K⁻¹) x (temperatura aerului exterior – temperatura de echilibru) (K)*”.

În prezent, există o serie de modalități în care se determină numărul de grade zile de răcire. De exemplu:

I. Pentru a determina CDD care să corespundă tuturor situațiilor reale, Oficiul Meteorologic din Marea Britanie [3] a propus un set de ecuații în funcție de relația dintre temperatura de echilibru și temperaturile exterioare maxime și minime, care să aproximeze suprafața exprimată prin integrala:

$$CDD = \int (\theta_e - \theta_b) dt \quad (1)$$

Unde: CDD = valoarea grade-zile de răcire

θ_e = temperatura exterioară

θ_b = temperatura de echilibru

II. Folosind același principiu, de raportare la o temperatură de bază (de echilibru) au fost utilizate formule empirice bazate pe temperatura medie lunară a

aerului (care este calculată pe baza temperaturii medii zilnice). Relația este cunoscuta sub numele de formula Hitchin:

$$D_m = \frac{N_m (\theta_b - \bar{\theta}_{o,m})}{1 - e^{-k(\theta_b - \bar{\theta}_{o,m})}} \quad (2)$$

Unde: D_m = valoarea lunară grade-zile

N_m = numărul de zile din luna considerată

$\bar{\theta}_{o,m}$ = temperatura medie lunară

θ_b = temperatura de echilibru (de bază)

k = constantă specifică locației geografice a clădirii climatizate, $k = \frac{2,5}{\sigma_x}$.

σ_x = abaterea standard a variației de temperatura de-a lungul unei luni.

Beneficiul aplicării formulei lui Hitchin este numărul redus de informații necesare.

III. Direcția de Climatologie din Franța a prezentat doua metode: o “metoda a profesioniștilor” și o “metoda meteo” [4].

1. metoda Meteo este o metoda simplificată, exprimata astfel:

Pentru a calcula temperatura de răcire în comparație cu un prag selectat, avem:

dacă $S \geq \text{Medie}$: $CDD = 0$ (3)

dacă $S < \text{Medie}$: $CDD = \text{Medie} - S$ (4)

unde: S = temperatura pragului de referință ales.

$\text{Medie} = (T_x + T_n)/2$, temperatura medie a zilei (5)

CDD = numărul de grade zile pentru racire

2. Metoda „Profesioniști in Energie” pastreaza principiul de calcul, dar se modifica relatia pentru determinarea numărului de grade zile.

Și US Energy Information Administration (EIA) utilizează marimea grade-zile pentru a modela consumul de energie. In analiza consumului energetic definesc o noua abordare: ”Consumul de energie este o funcție influentata nu numai de modificări ale temperaturii, dar și de migrarea populației” [5].

In “Final_report_eu_building_heat_demand - august 2014” privind cererea de energie, se precizeaza că nevoia de răcire a spațiilor este o problemă locală”, raportarea tabelara se face in functie de CDD (“grade zile de răcire lunare” pentru capitalele statelor UE). Aceasta se bazează pe o estimare potrivit căreia în 90 zile (2100 ore) in sezonul de racire, degajările interioare vor adăuga 1,5°C și aportul solar va contribui cu aproximativ 3°C la sarcina de răcire a spațiilor. Cu alte cuvinte, în această perioadă, numărul de grade zile de răcire sunt de așteptat să fie reprezentative, în cazul în care temperatura interioară va fi de 25°C sau mai ridicată. In acelasi raport, pentru Bucuresti (2013-2014) se mentioneaza 379 grade zile de răcire, la o densitate a populatiei de 3.4% [6].

În prezent există o piata a soft-urilor specializate in management energetic care cuprind si calculul automat al numărului de grade zile de răcire. BizEE Software Ltd, cu sediul în Marea Britanie, construiește si dezvoltă din 2005 programe de consultanță

în energie și eficiența energetică [7]. Baza de lucru este constituită din înregistrările de consum și numărul de grade zile de răcire.

Aceste studii vorbesc despre interesul pe care state cu economii puternice îl acordă eficienței energetice, pentru cele două valențe - economia în sectorul financiar și diminuarea emisiilor de gaze nocive.

2. Studiul eficienței energetice a răcirii prin ventilare nocturnă în condițiile climatice din sudul României

Întrebarea de la care s-a pornit cercetarea prezentă: “Este ventilarea naturală de noapte eficientă pentru climatul din România?” caută răspunsul în relația dintre mediu și clădire, definită de o diversitate de situații, influențate de o multitudine de factori. Clădirile sunt entități complexe, iar consumul de energie pentru răcire este răspunsul clădirii ocupate la mediul în care aceasta este plasată.

Metoda Grade-zile oferă o variantă simplificată pentru estimarea consumului de energie și poate fi folosită pentru a evalua implicațiile soluțiilor arhitecților, în faza de proiectare, menite să reducă consumul de energie (de exemplu, capacitatea termică, nivelul de protecție termică, deschiderile elementelor vitrate, etc.). Ulterior procesului de proiectare, faza de exploatare solicită monitorizarea clădirilor existente, unde numărul de Grade-zile, raportat la consumuri, va fi un barometru al comportării termice a clădirii.

Gradele zile de răcire (CDD) reprezintă o măsură a cât de mult (în grade) și pentru cât timp (în zile), temperatura aerului exterior este mai mare decât temperatura de echilibru și atunci clădirea are nevoie de răcire. Principiul pe care se bazează Metoda Grade zile de răcire, este similar cu cel utilizat la Metoda Grade zile de încălzire (HDD). Prin definiție “grade zile” este o funcție de timp, care variază cu temperatura.

Pentru a stabili CDD se raportează temperatura exterioară la un prag sub care clădirea poate asigura temperatura de confort propusă în orele de ocupare, independent. Temperatura de echilibru a clădirii este un indicator al relației dintre diferitele forțe termice care acționează asupra unei clădiri:

- radiația solară, prin nivelul ridicat, vara, specific fiecărei zone geografice, este sarcina principală în această relație,
- transferul de energie datorat diferenței de temperatură dintre interiorul construcției și mediu,
- gradul de ocupare al clădirii.

Temperatura de echilibru (t_{eq}) este o măsură a condițiilor necesare pentru a echilibra căldura care intră în clădire cu cea care părăsește clădirea, în absența sistemelor mecanice de răcire. Este de fapt un instrument conceptual, fiind o măsură a interacțiunii dinamice a mai multor variabile. Nu poate fi măsurată direct în câmp solicitând o corectă determinare.

Metodele uzuale de determinare sunt date de relații empirice:

$$teq = tint - \frac{\eta * (\Phi_{int} + \Phi S)}{HT + HV} \quad (6)$$

Unde: t_{int} = temperatura aerului interior (°C);

H_T = coeficientul de transfer de căldură prin transmisie (W/K);

H_V = coeficientul de transfer de căldură prin ventilare (W/K);

η = factorul de utilizare a pierderilor pentru răcire (-).

Perioada de răcire (specifica fiecărei clădiri prin H_T) este definita de temperaturile exterioare care sunt mai mari decât temperatura de echilibru. In aceeași zona geografică, tipologii diferite de clădiri vor avea nevoie de temperaturi de echilibru diferite si lungimi ale intervalului de răcire diferite.

In situatiile de mentenanță, cand se cunosc datele istorice de consum, a fost propusa o solutie numita „amprenta energetica -energy signature” [8]. Este un grafic al consumului zilnic de energie față de temperatura exterioară medie, care stabileste punctul/momentul in care este necesara incalzirea/racirea.

Pentru a investiga impactul sarcinilor climatice asupra necesarului de racire s-a ales pentru simulare soft-ul KoZiBu [9]. Protocolul de validare BESTEST ii asigura concordanta cu datele experimentale. Obiectivul principal al soft-ului KoZiBu este de a estima consumul de energie al unui sistem de incalzire/racire la o temperatura interioara impusa in cladire, sau de a calcula variația intervalului de temperatură interioara in regim liber, fara functionarea sistemelor. In aceasta lucrare am urmarit valorile temperaturilor interioare, in situatia cand nu se folosesc sisteme de climatizare, dar pentru racire ne bazam pe ventilarea nocturna, urmarind influenta variatiei numărului orar de schimburi de aer. Programul permite determinarea temperaturii interioare în regim liber. Programul KoZiBu are la bază modelarea unui sistem termic format dintr-o clădire amplasată în mediul exterior. Acest sistem este compus din module elementare (pereți, ferestre, volume de aer etc) pentru care se realizează o modelare. Conexiunea dintre aceste module reprezintă modelul global al clădirii. Acestui model ii sunt aplicate solicitări externe (climat exterior, sarcini interne etc), care pot fi și ele la rândul lor modelate. Comportamentul dinamic al clădirii rezultă din faptul că programul ține seama de caracterul variabil în timp al acestor solicitări; datele de ieșire sunt calculate în funcție de pasul de timp ales (în acest studiu este de o oră). KoZiBu are la baza modelul analogic termo-electric cu o rezistenta și doua capacitati.

S-a simulat utilizarea ventilarii nocturne pentru diferite tipuri de cladiri, amplasate in conditiile reale de clima pentru anul 2012 (lunile iunie, iulie, august, septembrie). In tabelul 1 sunt indicate localitatile si coordonatele geografice pentru care s-a realizat baza de date meteo.

Tabelul 1

Coordonatele geografice ale localităților considerate în studiu

Craiova	București	Constanța
Latitudine: 44.3N, longitudine: 23.8E, altitudine: 192 m	Latitudine: 44.5N, longitudine: 26.13E, altitudine: 90 m	Latitudine: 44.22N, longitudine: 28.63E, altitudine: 13 m

S-au realizat pe rând simulări pentru o clădire de birouri cu două tipuri de structuri posibile: zidarie GVP cu izolație termică și panouri tristrat. Ultimul nivel al clădirii a fost tip terasă sau tip pod. Simulările s-au făcut pentru parter și ultimul etaj. Tâmplăria este din PVC cu vitraj tip termopan (raportul de vitrare 10%). În birouri lucrează 40 persoane, fără degajări substanțiale de umiditate.

Programul de ocupare a clădirii este 8-18 h (luni, marți, miercuri, joi, vineri), iar la sfârșitul săptămânii este închis. Construcția beneficiază de lumină naturală, datorită ferestrelor dispuse pe orientarea sud. Nu s-au considerat alte surse interioare de căldură. Biroul a beneficiat în intervalul de lucru, 8-18h, de o rată de ventilare de $1,5 \text{ h}^{-1}$ (număr orar de schimburi de aer), pentru a menține calitatea aerului interior.

Scenariul de ventilare nocturnă urmărit pe parcursul simulărilor se bazează pe mărirea ratei de ventilare la 1, 2, 3, 4 h^{-1} , pe timpul nopții [10].

3. Stabilirea temperaturii de echilibru prin metode statistice pentru sezonul de răcire

Pentru situația în care nu se cunosc consumurile de energie pentru răcire s-a inițiat o metodă grafică de determinare a temperaturilor de echilibru în condiții libere de funcționare, fără funcționarea sistemului de climatizare. S-a utilizat regresia matematică ca metodă de modelare a legăturilor dintre variabile: temperatura exterioară este variabila independentă (axa X) și temperatura interioară este variabila dependentă (axa Y). Au fost păstrate toate condițiile prezentate (40 persoane, $1,5 \text{ h}^{-1}$ schimburi orare de aer ziua, iar noaptea $n_o = 2, 3, 4 \text{ h}^{-1}$, aceleași tipuri constructive, aceleași localități).

Cu ajutorul analizei de regresie s-a estimat valoarea medie a temperaturilor de echilibru, cunoscând valorile temperaturilor exterioare. Variabila Y, temperatura interioară, este rezultatul a două categorii de factori: un factor esențial X, temperatura exterioară și mai mulți factori specificați printr-o variabilă aleatoare de perturbație, ε [11] (ε reprezintă acea parte din valoarea variabilei Y care nu poate fi măsurată printr-o relație sistematică cu variabila X). Reprezentarea grafică a datelor de observație a fost făcută pentru fiecare săptămână a lunilor de vară, pentru fiecare caz abordat. Se prezintă pentru exemplificare săptămâna 13-17 august 2012:

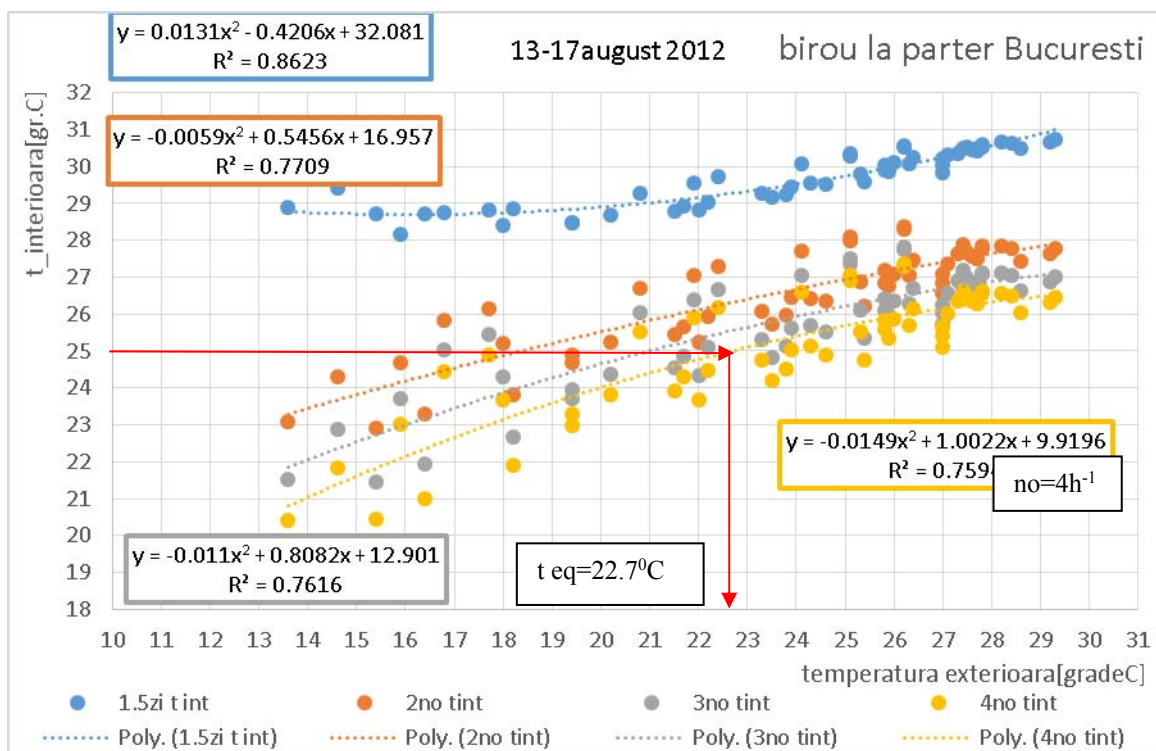


Fig. 1. Determinarea temperaturii de echilibru pentru un birou situat la parter (cladire GVP+izolație) București

Relatia matematica care descrie cel mai bine modelul de regresie este dată de polinomul de grad II. Soluția pe care o propunem pentru a determina cât mai aproape de realitate, temperatura de echilibru, este să folosim graficul pornim de la axa Y. Se impune condiția ca in intervalul 8-18h, temperatura interioara propusa să fie 25°C.

Exemplificam pentru situația prezentata in graficul din fig.1:

$$y = -0.0149x^2 + 1.0022x + 9.9196$$

pentru condiția impusa $y=25$, $\Rightarrow$ ecuația $-0.0149x^2 + 1.0022x - 15.0804 = 0$

cu rădăcina $x=22.7$, ceea ce indica că biroul cu datele enunțate (structură, poziție, locație, sarcini) poate asigura in interior temperatura propusa, în regim liber, dacă temperatura exterioara este 22.7°C (saptamana 13-17 august 2012).

Aceasta metoda grafica este foarte ușor de folosit. Prin coeficientul de regresie se indica corectitudinea corelației, $R^2 > 0.7$ definește o corelație foarte buna. Pentru alte localități (fig. 2, 3), condiția $t_{int} = 25^\circ\text{C}$ va avea ca rezultat alte valori la care aceeasi cladire poate functiona utilizând ventilarea nocturnă pentru racire.

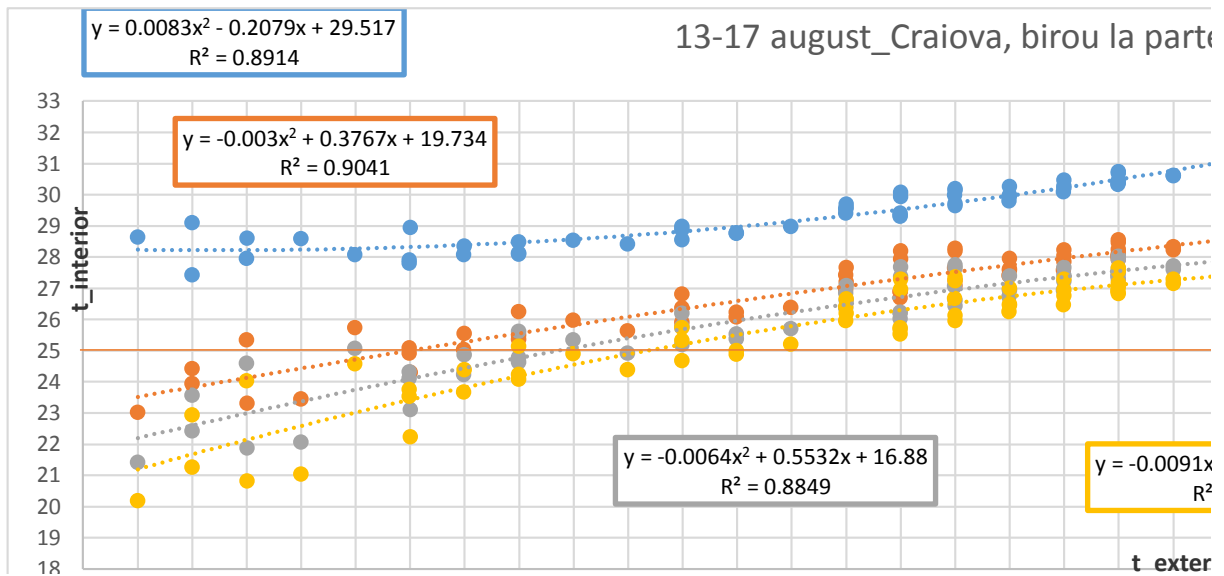


Fig. 2. Determinarea temperaturii de echilibru pentru un birou situat la parter (clădire GVP+izolație), Craiova

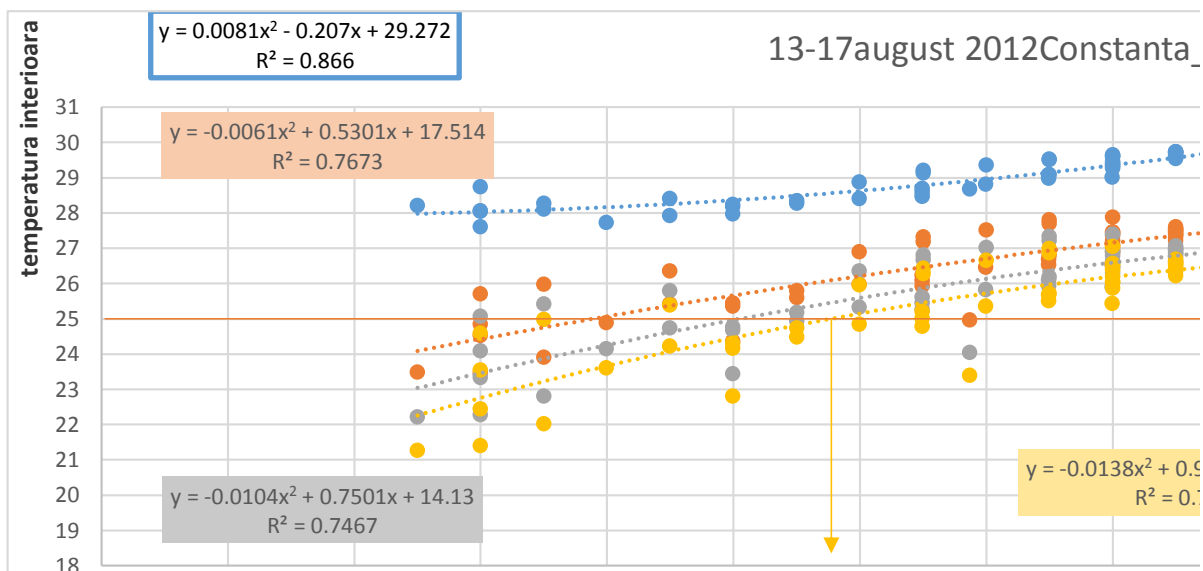


Fig. 3. Determinarea temperaturii de echilibru pentru un birou situat la parter, Constanta

Folosind facilitatile de calcul ale Office, ecuația de corelație este returnată automat. De asemenea este dată “r” valoarea coeficientului de corelație dintre X și Y. Cu cât este mai aproape de 1, corelația stabilită este mai aproape de realitate. Dacă impunem în continuare o temperatură de confort mai ridicată, de exemplu 26°C, obținem valoarea temperaturii exterioare la care clădirea poate asigura confortul în orele de ocupare, $t_{ext,eq} = 25.4^{\circ}\text{C}$.

Graficele din fig. 1, 2, 3 redau exprimarea matematică a relației stabilite între t_{ext} și t_{eq} pentru situația fără ventilare nocturnă (linia albastră) și pentru ipotezele când rata de ventilare nocturnă este 2h^{-1} (linia roșie), 3h^{-1} (gri) și 4h^{-1} (galben). Prezentăm spre exemplificare în Tabelul 2, t_{eq} pentru fiecare rată de ventilare, pentru a observa cu

cât mărirea ratei de ventilare nocturna conduce la o creștere a temperaturii de echilibru t_{eq} („no”=noapte).

Tabelul 2

Valorile temperaturii de echilibru t_{eq} in saptamana 13-17aug. 2012 in functie de rata de ventilare nocturna (cladire GVP+izolatie)

13-17.08.2012	t med ext zi	t med ext no	t eq 2no	t eq 3no	t eq 4no
Localitatea	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Craiova	24.7	19	16.02	18.74	20.41
Bucuresti	23.7	17	22.4	24.94	26.72
Constanta	24	19.5	17.74	20.08	21.5

O determinare pentru fiecare saptamana este conforma cu realitatea, raportat la o determinare lunara, situatie in care t_{eq} trebuie sa ia o valoare care să produca efectul asteptat la oricare variatie a t_{ext} .

4. Aplicarea Metodei grade zile de răcire pentru studiul ventilării nocturne

In prezent sunt state care admit generalizări pe zone geografice ale metodei prezentate, definind valori de referință pentru temperaturi de echilibru prestabilite, ceea ce este o forțare; temperatura de echilibru este rezultatul unic al relației dintre un cumul de factori (anvelopa clădirii, utilizare, sarcini interne si externe specifice fiecărei amplasări geografice).

Pentru determinarea parametrului Grade zile de răcire s-a aplicat inițial metoda enunțată de Direcția de Climatologie din Franța “metoda profesioniștilor”. S-a efectuat un calcul tabelar pe baza relației de condiționare ($=IF(t_{ext}>t_{echil}, (t_{ext}-t_{echil})/10,0)$). Ulterior, volumul de determinări fiind foarte mare, s-a utilizat un soft specializat de determinare a numarului de grade zile de răcire (de exemplu: www.degreedays.net, www.wolframalpha.com). In toate aceste abordări responsabilitatea alegerii temperaturii de echilibru ii revine specialistului pentru determinarea CDD, ca functie de t_{eq} , locatie si t_{ext} . S-a folosit ca bază de determinare a numărului de grade zile formula lui Hitchin [12].

5. Validarea metodei

Un volum mare de valori determinate pentru locații diferite, pe parcursul celor patru luni de vară, arata tendința de descreștere certă a consumurilor de energie pentru răcire, cu fiecare majorare a ratei de ventilare nocturnă. Cu cât temperatura de noapte este mai coborâtă si rata de ventilare mai ridicata, valoarea consumului coboară la 0. Din valorile determinate reținem intervalul de timp si rata de ventilare pentru care consumul atinge valoarea 0/(practic intervalul de consum sub 5 kWh). Metoda propusă pentru determinarea temperaturii de echilibru verifica condiția de a avea un număr de grade zile=0, in momentul de consum 0.

Tabelul 3

Corelarea consumului de energie cu numărul de grade zile de răcire CDD pentru birou situat la parter si la ultimul etaj (sub pod)

București 2012		Birou parter				Birou ultimul etaj, sub pod		
	t m zi t m no	Nr.sch. aer	teq [°C]	CDD	Răcire [kWh]	teq [°C]	CDD	Răcire [kWh]
13-17 aug	23.7	1.5zi	14	39.9	84	—		130
	17	2n	22.4	9.29	11	20.02	15.9	24
		3n	24.94	4	2	23.4	7.03	6
		4n	26.72	0	0	26	2.39	3
10-14 sept	22.01	1.5zi	—		94	2	88.4	132
	16.02	2n	18.75	13.4	19	21.62	6.63	26
		3n	21.5	6.88	7	27.8	0.5	7
		4n	23.35	3.07	2		0	3
17-21 sept	19.23	1.5zi	—		64			92
	15.9	2n	17.67	9.95	4	20.94	4.18	5
		3n	20.57	4.67	0		0	0
		4n	22.85	2.1	0		0	0

Tabelul 4

Corelarea consumului de energie cu numărul de grade zile de răcire CDD pentru birou situat la ultimul etaj (sub terasă)

București 2012			Birou la ultimul etaj Pereti GVP + izolație			Birou la ultimul etaj Pereti tip panou		
17 - 21 08	t zi_no	n.sch	teq [°C]	CDD	Răcire [kWh]	t eq [°C]	CDD	Răcire [kWh]
	19.23	1.5zi	—	-	138	3.4	73.5	103
	15.9	2n	18.56	7.96	35	18.05	9.03	24
		3n	19	7.09	12	20.8	4.36	5
		4n	22.11	2.8	0	24.07	1.18	0

Validarea metodei este pusă în evidență și grafic, urmărind relația clădire-mediu, exprimată prin raportul t_{int}/t_{ext} (fig. 4). Curbele realizate pentru fiecare rată de ventilare nocturnă, schimbă panta, merg aproximativ paralel cu linia temperaturilor exterioare. În acest moment nu se mai adună grade care să solicite consum pentru răcire, la 3 și 4h⁻¹ de noapte. Acest moment de schimbare, corespunde consumului 0kWh pentru răcirea spațiului definit.

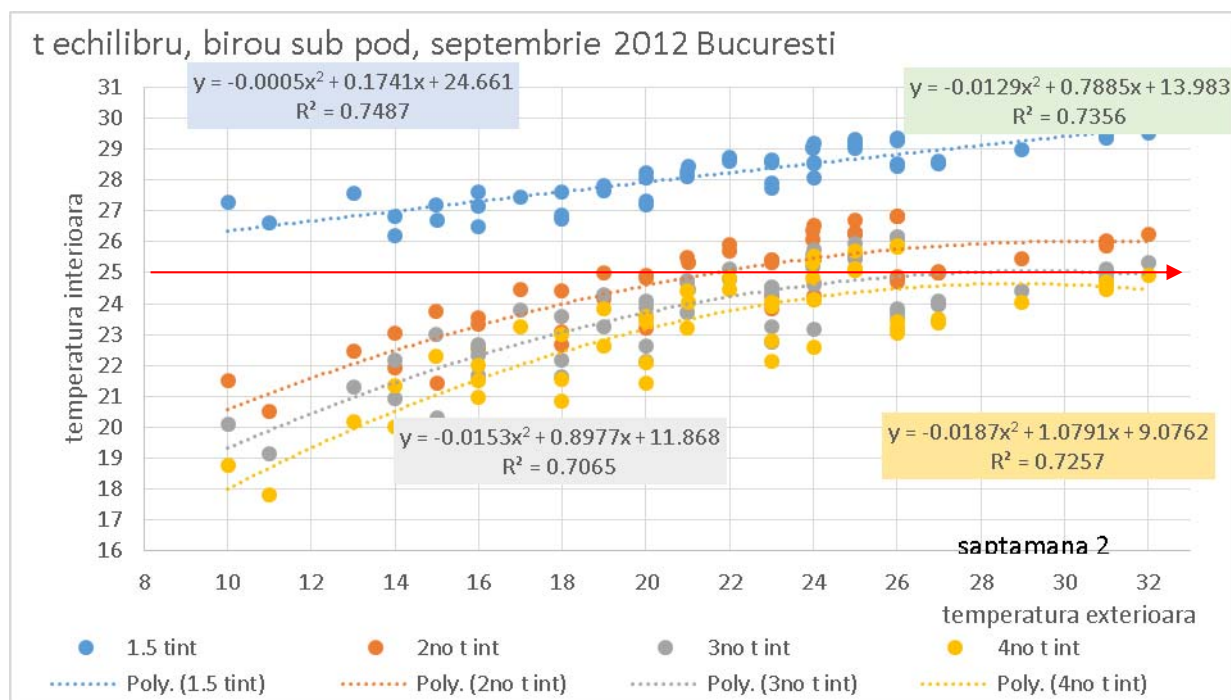


Fig. 4. Temperatura de echilibru pentru care CDD=0

6. Posibilități de extindere a utilizării metodei grade zile

În gestionarea consumurilor de energie pentru răcire/încălzire, pe plan internațional, este amplu uzitată metoda liniilor de performanță, metodă care se bazează pe relația de directă proporționalitate dintre consum și CDD. Metoda de modelare propusă este analiza de corelație pentru a evalua gradul de asociere dintre două variabile: CDD și consumul de energie de răcire, kWh.

Graficul se construiește pornind de la perechile de valori determinate (pe axa OX, variabila independentă $x = \text{CDD}$, iar pe axa OY variabila dependentă $y = \text{kWh}$) care se reprezintă în sistemul de axe rectangulare. Liniile de performanță sunt rezultatele graficelor care stabilesc trendul consumului lunar de energie în raport cu grade-zile specifice ansamblului clădire-mediu.

Pentru datele exprimate în cazul biroului situat la parterul unei clădiri din București în fig. 5, se observă:

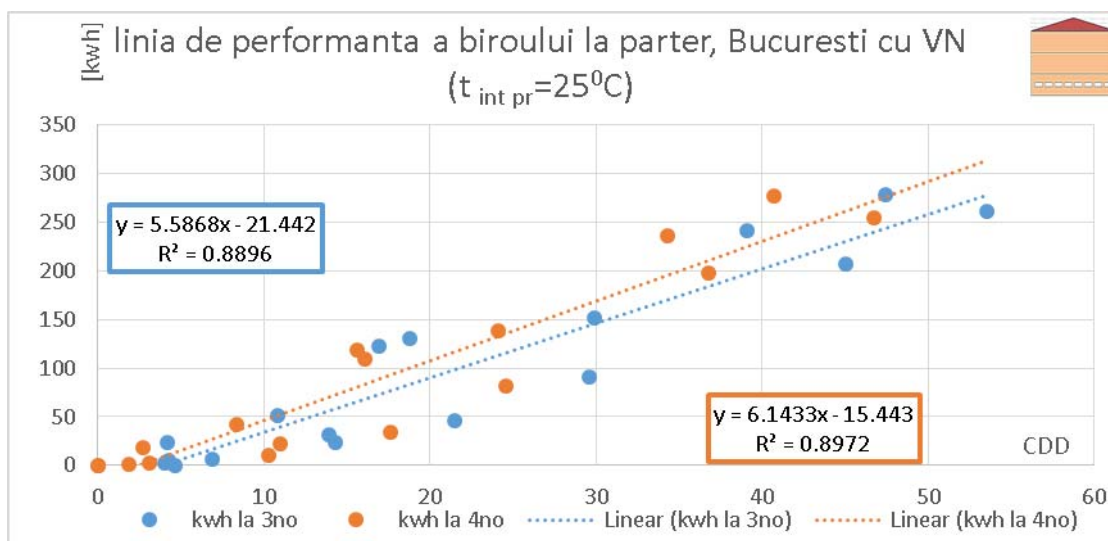


Fig. 5. Linia de performanță obținută pentru birou parter, București

Apelând la statistică, folosim relația de regresie liniară pentru a defini relația de corelație stabilită între CDD și consumul de energie pentru răcire. Perechile de puncte din grafic definesc traiectoria unei drepte, astfel utilizăm analiza fenomenului cercetat cu ajutorul modelului de regresie liniară simplă.

Obținem o relație de forma $Y = aX + b$, unde:

b = interceptul (locul pe ordonată unde dreapta de regresie se intersectează cu OY, valoarea lui Y pentru $X=0$);

a = panta de regresie (ne arată cu cât se modifică Y atunci când X crește/scade cu o unitate);

R^2 = măsura în care corelația este corectă.

S-au realizat liniile de performanță pentru spațiul de la parter, București, iulie, august 2012, în varianta $t_{int\ propus} = 24.5^{\circ}C$. Analizăm în continuare același „sistem” pentru o temperatură interioară propusă $t_{int\ propus} = 25^{\circ}C$, fig.5.

S-a arătat în prima parte a lucrării că avem o scădere a consumului de la 16% la 42% pentru creșteri de $0.5^{\circ}C$ ale temperaturii interioare propuse (parter). Regăsim această situație în fig. 5 versus fig. 6, exprimată de elementele $R^2=0.89$ ($t_{int\ propus}=25^{\circ}C$) și panta relației. Distribuția punctelor față de linia de trend arată că dacă punctul se află sub linia de eficiență a clădirii, aceasta utilizează mai puțină energie decât este de așteptat, iar în cazul în care punctele sunt deasupra liniei, este folosită mai multă energie [8].

Obținerea confortului de vara prin ventilare nocturna fara utilizarea climatizarii

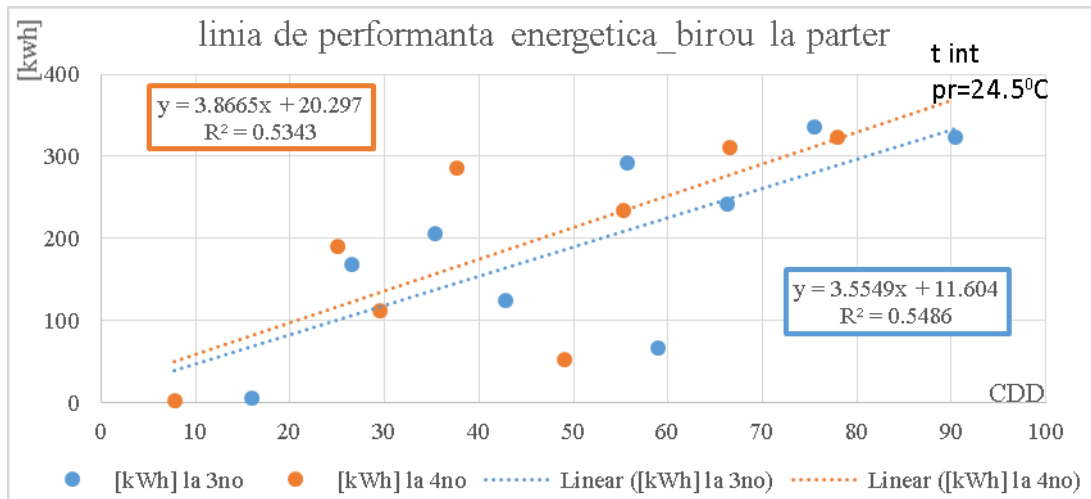


Fig. 6. Corelație între consum și CDD la variația ratei de ventilare nocturnă (no),
tint pr=24.5°C birou la parter, Bucuresti

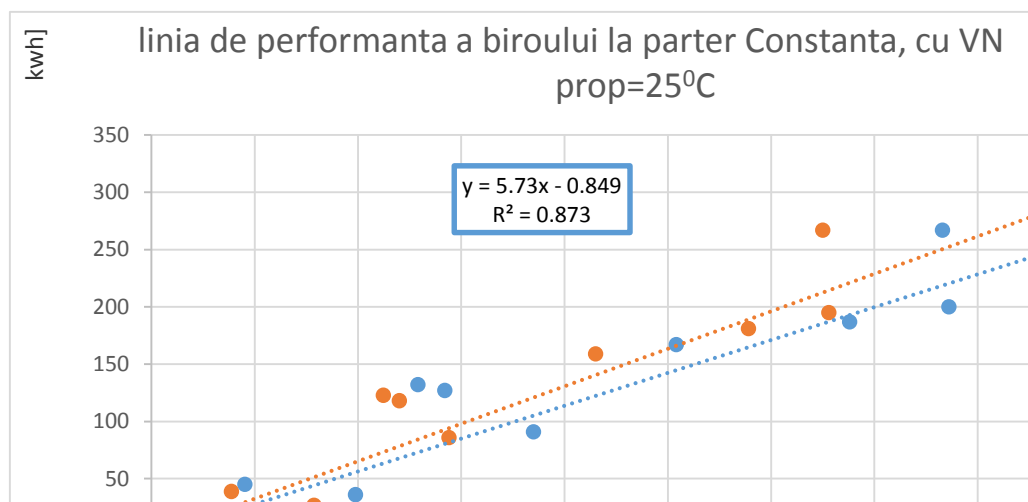


Fig. 7. Linia de performanta birou la parter, Constanta

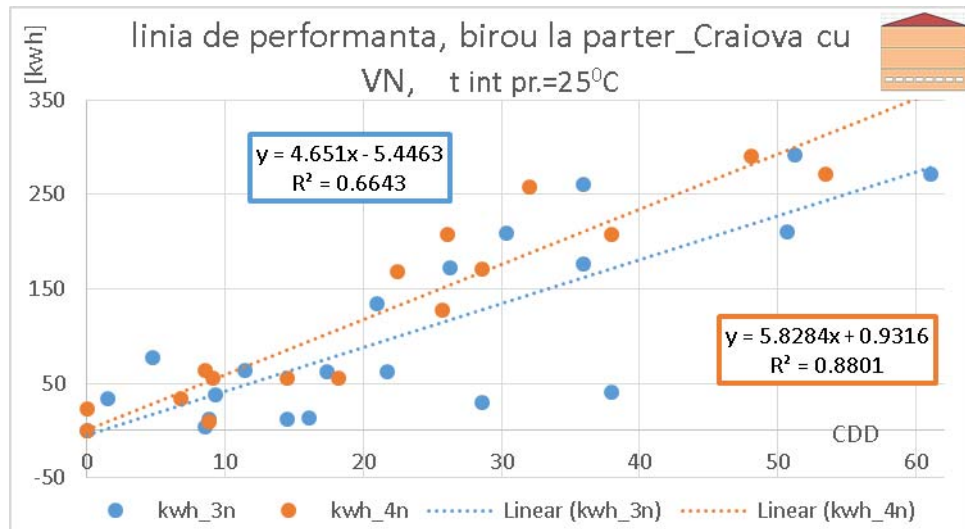


Fig. 8. Linia de performanta birou la parter, Craiova

Comparând cele trei grafice (fig. 5, 7 si 8) se observă că prezintă aceleași linii de performanță enunțate în tabelul 5, adică aceeași variație a consumului de energie de racire în funcție de t_{ext} , pentru aceeași clădire amplasată în București, Constanta sau Craiova. Este diferită mărimea b , interceptul, care exprimă valoarea variabilei dependente când variabila independentă este egală cu zero, deci reprezintă porțiunea fixată a lui Y , care nu poate fi explicată prin variabila independentă. Pentru Constanta și Craiova, la $CDD=0$, consumul = 0 kWh, corect. Din dispunerea norului de puncte, sub linia de trend, concluzia este că ventilarea nocturnă produce o racire mai mare decât are nevoie clădirea.

Între două situații, birou la parter și birou la ultimul etaj, s-a modificat panta liniei de performanță, în concluzie un birou la parter, pentru aceleași condiții meteo, va fi mai eficient utilizând ventilarea nocturnă, având o creștere mai mică a consumului de energie.

Tabelul 5

Ecuațiile liniilor de performanță						
Elementele ec.regresie	Rata ventilare nocturnă $no = 4h^{-1}$, sezon racire 2012, $t_{int} pr=25^{\circ}C$					
	parter			ultimul etaj		
	Bucuresti	Constanta	Craiova	Bucuresti	Constanta	Craiova
R²	0.8972	0.8945	0.8801	0.8954	0.8564	
a	6.1433	6.541	5.8284	7.1797	6.7037	
b	-15.443	-0.0782	0.9316	-11.499	-1.5926	

În monitorizarea clădirii, pe baza datelor culese în timp, se pot construi linii de performanță ale clădirii care prin comparație, vor furniza informații corecte, arătând dacă intervențiile tehnice realizate pentru o funcționare cu costuri reduse, au avut rezultatul scontat.

7. Concluzii

Economia de energie realizată probează eficiența tehnicii de ventilare nocturnă chiar pentru zona de sud a României, afectată de perioade toride. Beneficiile energetice sunt foarte importante în perioadele de tranziție. Dacă efectul ventilării nocturne a fost stabilit pe baza observațiilor realizate pentru un număr foarte mare de simulări, în cea mai fierbinte zonă, se poate conchide că și pentru celelalte zone care au o frecvență mult mai mică a temperaturilor toride, este o metodă care trebuie implementată.

Introducerea utilizării temperaturii de echilibru pentru studiul ventilării nocturne, care permite determinarea numărului de grade zile pentru care nu este necesară climatizarea, va ușura deciziile arhitecților în vederea realizării clădirilor cu consum de energie aproape egal cu 0.

Referințe

- [1] S. Rahman, "Temperature correction of UK energy consumption statistics", from -methodology-symposium--6-july-2011: <https://www.ons.gov.uk/ons/about-ons>, 2011.
- [2] P.T. Day, "TM41: Degree days: theory & application", <http://www.cibse.org: http://www.degree-days-for-free.co.uk/pdf/TM41.pdf>, 2006.
- [3] Energy Efficiency Office, "Degree Days". <http://www.cibse.org: http://www.cibse.org/getmedia/5a988d9d-7dd4-45e7-985c-eebb0564f6cf/FEB07-Degree-Days-1993.pdf.aspx>, 1993.
- [4] Climatologie, "DJC-methode", METEO FRANCE, p. versiunea 1.1., 2005.
- [5] EIA, "Change in Regional and U.S. Degree-Day Calculations", www.eia.gov: https://www.eia.gov/outlooks/steo/special/pdf/2012_sp_04.pdf, 2012.
- [6] R. Kemna, "Average EU building heat load". ec.europa.eu/energy: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_final_report_eu_building_heat_demand.pdf, 2014.
- [7] BizEE Software Limited has UK company. [www.EnergyAuditSoftware.com: http://www.bizeesoftware.com/](http://www.bizeesoftware.com: www.EnergyAuditSoftware.com), 2005.
- [8] Carbon trust, "Degree days for energy management (CTG075)", www.carbontrust.com: https://www.carbontrust.com/resources/guides/energy-efficiency/degree-days/, 2012.
- [9] KoZiBu - Simulation Dynamique d'un Bâtiment, http://www.jnlog.com/kozibu1_fr.htm
- [10] F. Uciu, "Studii privind eficientizarea energetică a clădirilor", 2016.
- [11] A. Damalan, "Modele de regresie clasice. 3.1. Modelul unifactorial de regresie liniară Analiza de Regresie". http://www.academia.edu: http://www.academia.edu/11507942/3._MODELE_DE_REGRESIE_CLASICE_3.1._Modelul_unifactorial_de_regresie_liniar%C4%83_Analiza_de_Regresie, 2016.
- [12] Energy Lens. "Degree Days - Handle with Care!" <http://www.energylens.com: http://www.energylens.com/articles/degree-days#suggestions>, 2012.

Obținerea unei expresii analitice pentru distribuția anuală a concentrațiilor de ozon (O₃)

Obtaining an analytical expression for the annual distribution of ozone concentrations (O₃)

prof. dr. ing. Florin Iordache - UTCB – FII

prof. dr. ing. Vlad Iordache - UTCB – FII

Rezumat

În lucrare se prezintă o procedură bazată pe transformata Fourier, utilizată în stabilirea unei forme analitice pentru o bază de date de tip serie de timp, privind concentrațiile de ozon. Observațiile făcute asupra bazei de date au condus la identificarea unor forme analitice pentru două oscilații suprapuse, oscilația lunară și oscilația diurnă care în final se însumează.

Abstract

The paper presents a procedure based on Fourier transform, analytical forms used in establishing a database for a type of time series on ozone concentrations. The observations made over the database has led to the identification of two forms analytical oscillations superimposed monthly oscillation and diurnal oscillation which finally are summed.

Obiectivul lucrării îl constituie stabilirea unei proceduri bazate pe expresii analitice în vederea evaluării concentrațiilor de ozon într-o localitate din România. În cazul de față localitatea la care se face referire este municipiul București.

În prima etapă s-a stabilit o bază de date cu valori orare ale concentrațiilor de ozon în municipiul București, bază de date continuând 8760 de valori medii pe o perioadă de timp de câțiva ani.

În vederea stabilirii procedurii operative de calcul, metoda de calcul stabilită presupune două etape și anume :

- Determinarea unei expresii analitice pentru stabilirea valorii medii zilnice a concentrației de poluant;
- Determinarea unei expresii medii orare de abatere a concentrației de poluant de la valoarea medie zilnică, funcție de ora din zi la care se dorește evaluarea concentrației poluantului;

Etapizarea mai sus descrisă a rezultat din vizualizarea fluctuației efective a distribuției concentrației de poluant din baza de date neprelucrate. S-a observat aici și

alura oscilației anuale a concentrațiilor de poluant cât și alura oscilației zilnice. A rezultat în consecință ca oportuna stabilirea în prima etapă a unei expresii analitice pentru oscilația anuală, pe baza valorilor medii lunare ale concentrațiilor de poluant. În continuare, pe fiecare lună în parte, pe baza valorilor medii orare s-a stabilit mai întâi ziua medie lunară reprezentativă, pentru care s-au stabilit expresiile analitice aferente celor 12 luni ale anului.

Dat fiind că reprezentarea grafică a datelor din baza de date menționată indică forme periodice s-a optat pentru identificarea unor sume de oscilații armonice adică pentru utilizarea transformatei Fourier în prelucrarea datelor conform metodei descrise.

Teoria utilizată pentru obținerea expresiilor analitice atât în ceea ce privește evoluția anuală a valorilor medii lunare cât și în ceea ce privește evoluțiile zilnice ale valorilor medii lunare a fost :

$$f(\tau) = A_0 + \sum_{q=1}^{\infty} [A_q \cos(2\pi \frac{\tau}{T} q) + B_q \sin(2\pi \frac{\tau}{T} q)] \quad (1)$$

T – intervalul de timp (perioada dacă se consideră o funcție periodică) ;
 $1/T$ – frecvența fundamentală;

Sau discret :

$$f_n = A_0 + \sum_{q=1}^{\infty} \left[A_q \cos\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) + B_q \sin\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) \right] \quad (2)$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$$T = N \cdot \Delta\tau \quad (3)$$

N – se alege par

unde :

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f_n, \quad q = 0; \\ A_q &= \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f_n \cos\left(2\pi \frac{n}{N} q\right), \quad q = 1, 2, \dots, \frac{N}{2}; \\ B_q &= \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f_n \sin\left(2\pi \frac{n}{N} q\right), \quad q = 1, 2, \dots, \frac{N}{2}; \end{aligned} \quad (4)$$

pentru $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$

Obtinerea unei expresii analitice pentru distributia anuala a concentratiilor de ozon (O₃)

$$f_n^* = A_0 + \sum_{q=1}^{N/2} \left[A_q \cos\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) + B_q \sin\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) \right]$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$$f_n^* = F_0 + F_{n,1} + F_{n,2} + \dots + F_{n,q} + \dots + F_{n,\frac{N}{2}} \quad (5)$$

unde :

$$F_{n,q} = A_q \cos\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) + B_q \sin\left(2\pi \frac{n}{N} q\right)$$

In cazul primei etape unde s-a analizat descompunerea in serie fourier a setului de 12 valori numerice aferente mediilor lunare ale concentratiilor de poluant. Din prelucrarea bazei de date continand cele 8760 de valori orare, pentru intreg anul a rezultat:

Tabel 1.

Luna	Concentratie (ppb)	Luna	Concentratie (ppb)
Ianuarie	30.29	Iulie	71.03
Februarie	60.78	August	61.80
Martie	61.51	Septembrie	52.69
Aprilie	71.91	Octombrie	34.43
Mai	71.79	Noiembrie	28.70
Iunie	66.98	Decembrie	19.56

In fig. 1 se prezinta forma grafica a mediilor lunare ale concentratiilor de poluant:

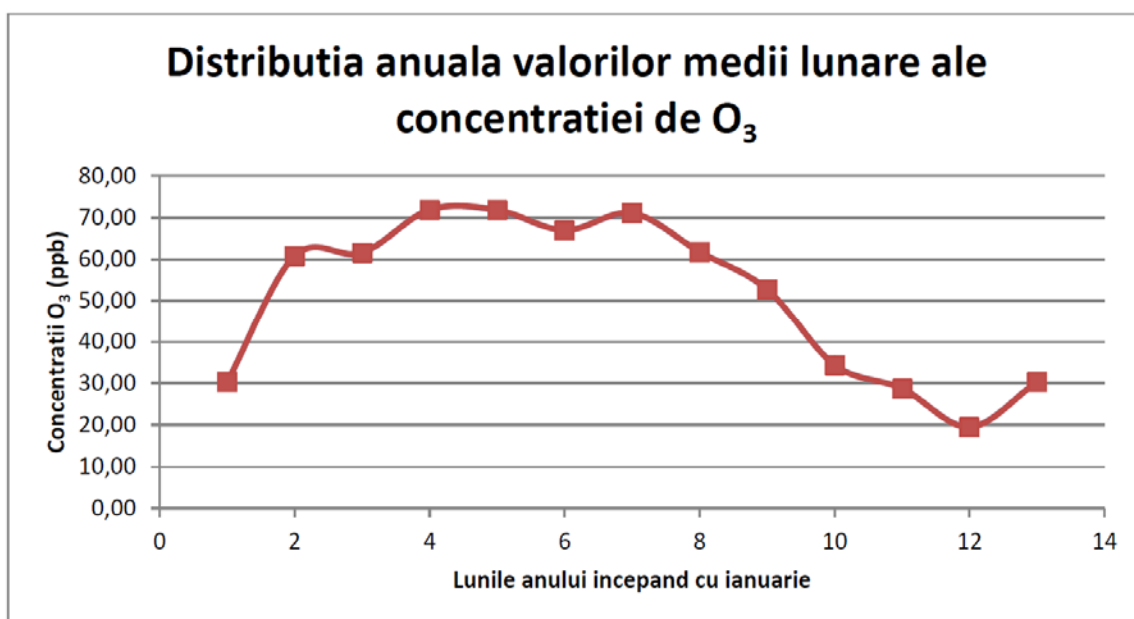


Fig. 1

Expresia analitica a functiei de aproximare este data de relatia (5):

$$f_n^* = A_0 + \sum_{q=1}^{N/2} \left[A_q \cos\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) + B_q \sin\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) \right]$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$$f_n^* = F_0 + F_{n,1} + F_{n,2} + \dots + F_{n,q} + \dots + F_{n,\frac{N}{2}} \quad (5)$$

unde :

$$F_{n,q} = A_q \cos\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) + B_q \sin\left(2\pi \frac{n}{N} q\right)$$

In care :

$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$;

$q = 1, 2, \dots, N/2$;

$N = 12$;

Iar valorile rezultate pentru coeficienti sunt prezentate in tabelul 2:

Tabel 2

A0	52,62		
A1	-16,64	A4	-0,71
B1	17,61	B4	3,22
A2	-1,30	A5	-2,66
B2	7,18	B5	2,62
A3	-1,08	A6	0,09
B3	1,49	B6	0,00

In fig. 2 se prezinta forma grafica a oscilatiei fundamentale si ale armonicelor si valoarea medie.

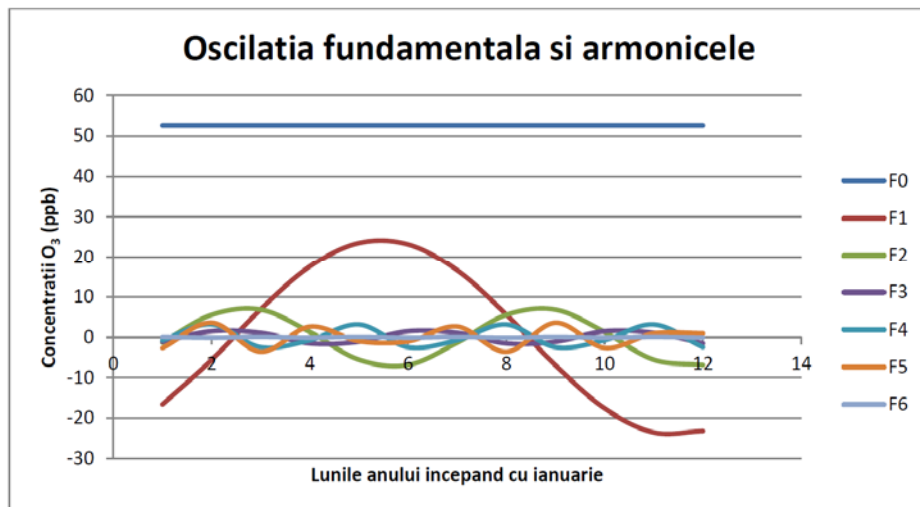


Fig. 2

Obtinerea unei expresii analitice pentru distributia anuala a concentratiilor de ozon (O_3)

Aplicand relatia de insumare (51) rezulta practic o forma identica cu forma functiei numerice prezentate in fig. 1. Daca se utilizeaza numai 4 termeni din suma se obtine deja o aproximare destul de buna, prezentata in fig. 3

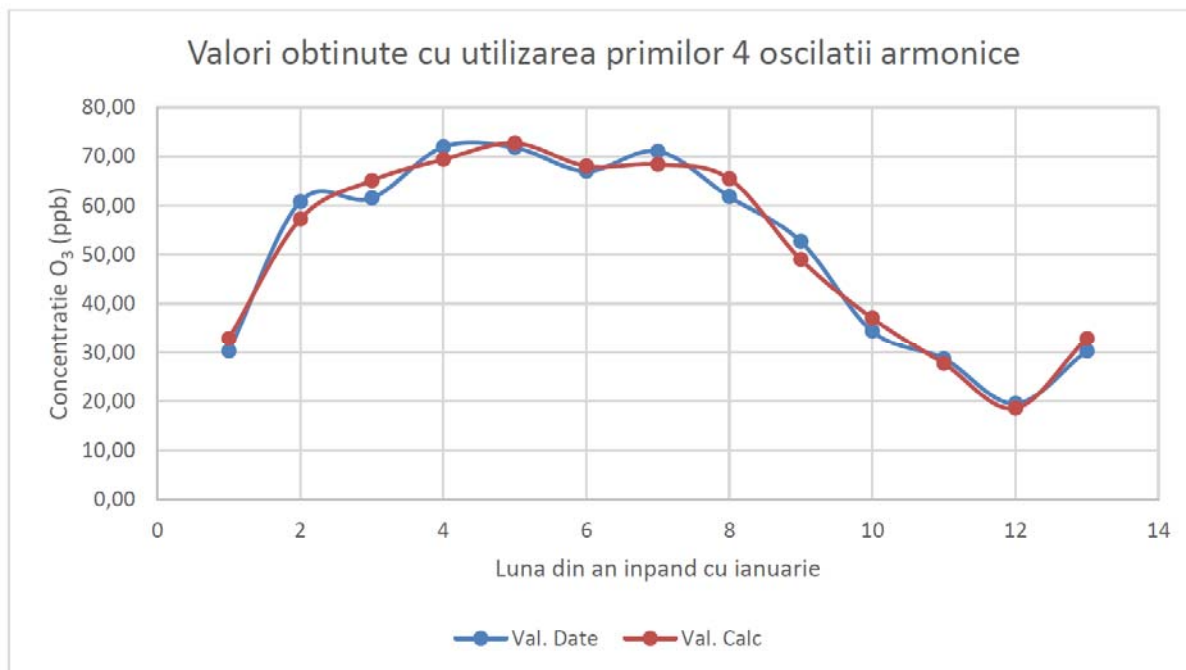


Fig. 3

Acelasi mod de punere a problemei a fost abordat si in cazul stabilirii unor forme analitice pentru variatia diurna a concentratiei de poluant. De fapt de aceasta data s-au stabilit variatia diurna a abaterilor concentratiilor de poluant de la valoarea medie lunara stabilita in etapa anterioara, asa incat in prima faza s-au stabilit abaterile orare fata de valoarea medie a lunii respective. In continuare, s-au stabilit variatiile diurne ale acestor abateri pentru fiecare din lunile anului in parte. Valorile orare care compun variatia diurna s-au obtinut ca medii aritmetice ale celor cca. 30 de valori zilnice de la ora respectiva. Au rezultat in acest fel zilele medii reprezentative pentru fiecare din lunile anului, compuse din abaterile orare fata de media lunara.

Procedura de lucru este asemanatoare cu cea mai inainte prezentata pentru variatia anuala a mediilor lunare ale concentratiilor de poluant. Se va exemplifica pentru cazul lunii ianuarie. Ziua medie, rezultata ca reprezentativa pentru luna ianuarie, in ceea ce priveste abaterile orare fata de media lunara a concentratiei de poluant din aceasta luna, s-a stabilit prin determinarea valorilor orare ale acestor abateri, ca medii aritmetice pe cele 31 de zile ale lunii ianuarie sunt prezentate in tabelul 3 :

Tabel 3

ORA	Abateri Concentratie (ppb)	ORA	Abateri Concentratie (ppb)
1	-5,02	13	3,97
2	-4,32	14	12,10
3	-3,06	15	16,08
4	-2,40	16	18,50
5	-2,74	17	18,36
6	-2,20	18	12,42
7	-2,28	19	3,26
8	-6,06	20	-2,35
9	-10,75	21	-3,86
10	-13,10	22	-4,20
11	-8,25	23	-5,95
12	-2,98	24	-5,35

In fig. 4 se prezinta variatia diurna reprezentativa a abaterilor concentratiei de O₃ fata de media lunii ianuarie

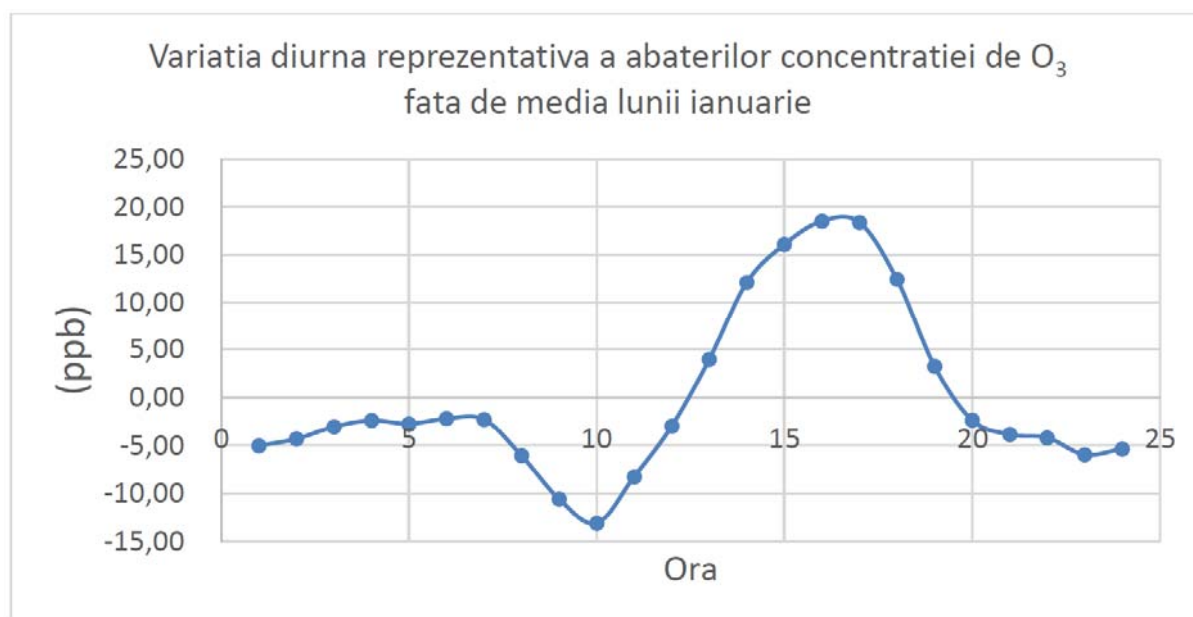


Fig.4

Obtinerea unei expresii analitice pentru distributia anuala a concentratiilor de ozon (O_3)

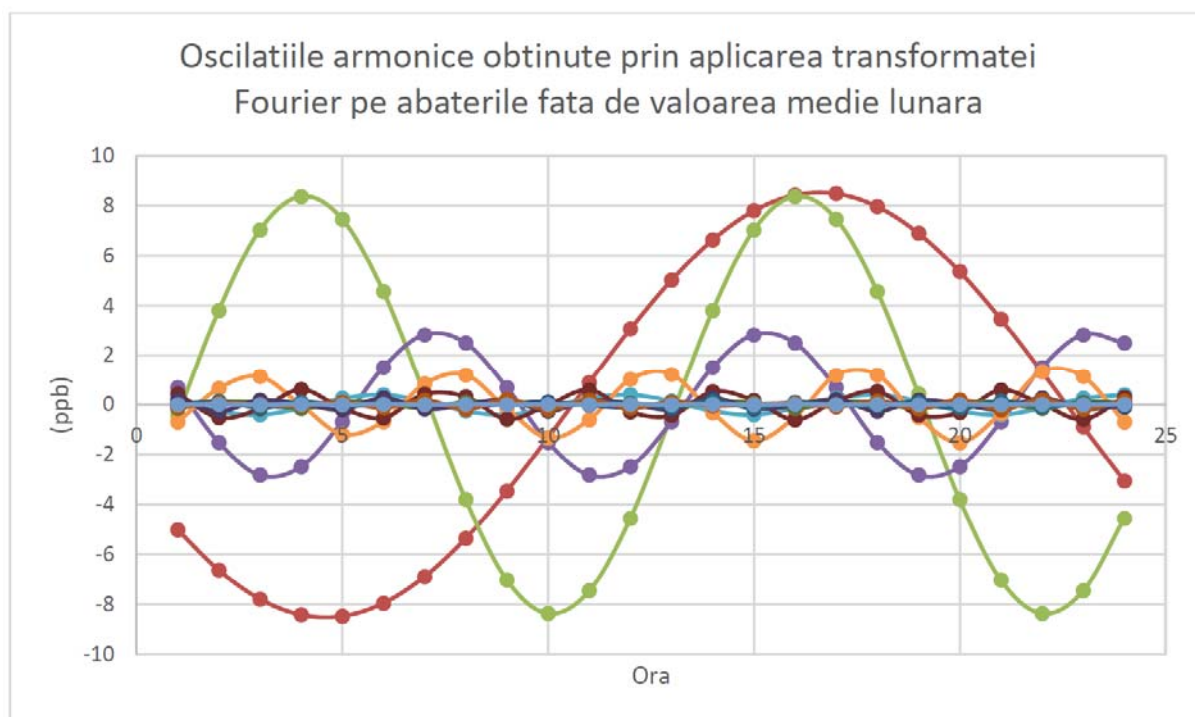


Fig. 5

In fig. 5 se prezinta oscilatiile armonice obtinute prin aplicarea transformatei fourier pe abaterile fata de valoarea medie lunara.

Daca se considera numai primele 6 din oscilatiile obtinute si se insumeaza se obtine o aproximare acceptabila pentru variatia reala cautata a se exprima analitic (Fig. 6).

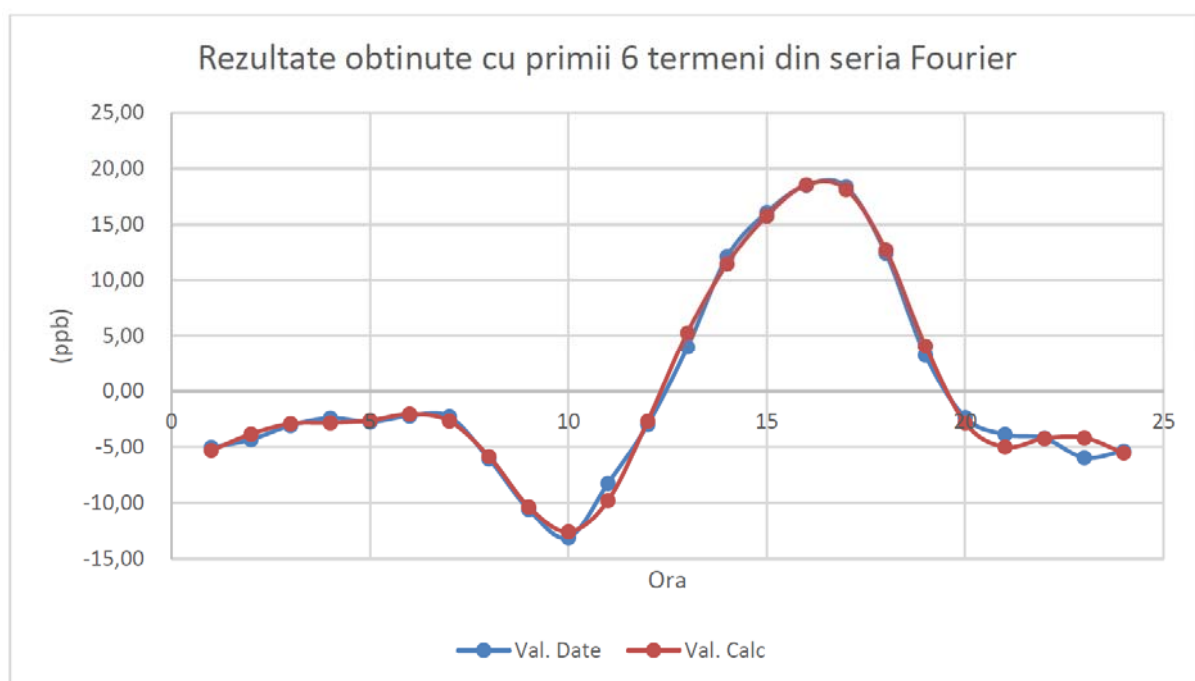


Fig. 6

Expresia analitica a functiei de aproximare este data de relatia (5) :

$$f_n^* = A_0 + \sum_{q=1}^{N/2} \left[A_q \cos\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) + B_q \sin\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) \right]$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$$f_n^* = F_0 + F_{n,1} + F_{n,2} + \dots + F_{n,q} + \dots + F_{n,\frac{N}{2}} \quad (5)$$

unde :

$$F_{n,q} = A_q \cos\left(2\pi \frac{n}{N} q\right) + B_q \sin\left(2\pi \frac{n}{N} q\right)$$

In care :

$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$;

$q = 1, 2, \dots, N/2$;

$N = 24$;

Iar valorile rezultate pentru coeficienti sunt prezentate in tabelul 4:

Tabel 4

A0	0,00		
A1	-5,02	A7	0,44
B1	-6,90	B7	-0,42
A2	-0,44	A8	-0,16
B2	8,36	B8	0,02
A3	0,69	A9	0,21
B3	-2,83	B9	-0,18
A4	0,15	A10	-0,10
B4	-0,39	B10	0,10
A5	-0,71	A11	-0,11
B5	0,88	B11	-0,17
A6	0,03	A12	-0,01
B6	0,11	B12	0,00

Verificarea procedurii prezentate.

Momentul verificarii va fi de exemplu : ora 17 din data de 23 ianuarie. Ca timp inseamna $\tau = 22 \times 24 + 17 = 545$ h si prima expresie analitica aplicata pentru determinarea valorii medii a concentratiei de O₃ va fi :

Obtinerea unei expresii analitice pentru distributia anuala a concentratiilor de ozon (O3)

$$f_{545}^* = F_0 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

unde :

$$F_{545,0} = 52,62 \quad (6)$$

$$F_{545,q \neq 0} = A_q \cos\left(2\pi \frac{545}{8760} \cdot q\right) + B_q \sin\left(2\pi \frac{545}{8760} \cdot q\right)$$

Se obtine valoarea 52,25 ppb, pentru media zilnica din data de 23 ianuarie. In continuare trebuie aflata abaterea corespunzatoare orei 17. Se va utiliza o forma asemenatoare relatiei (6) si anume :

$$f_{17}^* = F_0 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

unde :

$$F_{17,0} = 0,00 \quad (7)$$

$$F_{17,q \neq 0} = A_q \cos\left(2\pi \frac{17}{24} \cdot q\right) + B_q \sin\left(2\pi \frac{17}{24} \cdot q\right)$$

Se obtine pentru abaterea corespunzatoare orei 17 valoarea de 11,99 ppb. In consecinta adunand abaterea la valoarea medie zilnica rezulta: 64,25 ppb. Valoarea corespunzatoare orei 17 din 23 ianuarie din baza de date a fost : 64,60 ppb. Eroarea rezultata este de 0,54%, care poate fi considerata acceptabila.

Lista de Notatii

T – intervalul de timp, perioada, s;

N – numarul total de valori discrete cunoscute, ale functiei cautate, -;

n – indice cuprins in intervalul 0, ..., N-1, -;

q – rangul armonice, parametru in domeniu 1, ..., N/2, -;

A₀, A_q, B_q – coeficienti in cadrul seriei de functii armonice, -;

f_n – valoarea numerica cunoscuta a functiei cautate, la momentul discret n, -;

f_n^{*} - valoarea de aproximatie a functiei cautate la momentul discret n, -;

Bibliografie

Peter Bloomfield – Fourier Analysis of Time Series, an Introduction – John Wiley & Sons, Inc. – 2000;

Noi abordari in standardul prEN 13791 „Evaluarea rezistentei betonului din structuri si elemente prefabricate”

New approaches in prEN 13701 standard „Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components”

Dan Georgescu, Apostu Adelina

Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti
B-dul Lacul Tei nr.124, Sector 2, Bucuresti
danpaulgeorgescu@yahoo.com

Rezumat: *In februarie 2017 a fost publicat proiectul de revizuire a standardului European EN 13791 “Evaluarea in-situ a rezistentei la compresiune a structurilor si elementelor prefabricate din beton” care stabileste noi reguli privind determinarea/verificarea rezistentei caracteristice a betonului. In prezentul articol se prezinta principalele modificari propuse si implicatiile asupra actualului normativ romanesc NP 137 [2]. In articol se face o analiza comparativa intre prevederile actuale si propunerile de modificare a standardului european EN 13791 [1] a carui revizuire a avut drept obiectiv principal o mai buna armonizare cu alte standarde europene si, in special, cu Eurocodul EN 1990 [3].*

Cuvinte cheie: beton, rezistenta, compresiune, evaluare

Abstract: *In february 2017 was published by CEN a proposal to revise the European standard EN 13791 "Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components" which establishes new rules for the determination of the characteristic in-situ strength for structural assessment. This article shows the main changes proposed and its implications on the current Romanian norm NP 137 [2]. The article makes a comparative analysis of the current rules and proposals for revision of the European standard EN 13791 [1] whose revision was aimed in accordance with other European standards, mainly with EN 1990, Annex D [3].*

Key words: concrete, strenght, compression, assesment

1. Introducere

Propunerea de revizuire a standardului european EN 13791 [1] reprezinta, in fond, un nou concept in abordarea evaluarii rezistentei betonului din constructiile existente. Exista deosebiri majore intre cele doua documente care fac ca noua propunere de standard sa reprezinte practic un standard nou [4]. Analiza principalelor diferente intre cele doua documente se va face avand in vedere si prevederile normativului romanesc NP 137 [2] care a fost elaborat, in mare parte, in conformitate cu EN 13791 din 2006.

Propunerea de standard scoate in evidenta cele doua subiecte principale care sunt tratate in document:

- determinarea rezistenței caracteristice a betonului, în cazul construcțiilor existente;
- verificarea conformității rezistenței la compresiune a betonului din construcțiile noi cu cea prescrisă.

Aceste două componente ale standardului sunt tratate separat și conțin principii de abordare diferite: în primul caz nu se mai determină o clasă a betonului, ci o anumită rezistență caracteristică, iar în cel de-al doilea se verifică realizarea unei anumite clase.

În articol se vor prezenta, sintetic, principalele diferențe care apar în propunerea de standard față de ediția anterioară.

2. Determinarea rezistenței caracteristice in-situ a betonului

Determinarea rezistenței caracteristice in-situ a betonului reprezintă o nouă abordare în propunerea de standard. Documentul prezintă modalitatea de determinare a unei rezistențe caracteristice a betonului și nu încadrarea într-o anumită clasă, așa cum era în ediția anterioară. Dispare astfel notiunea de rezistență caracteristică a betonului determinată in-situ asociată unei anumite clase definite în conformitate cu EN 206 (NE012-1). Această abordare este firească și într-un fel, mai practică, avându-se în vedere verificările prin calcul care trebuie să considere o anumită rezistență reală a betonului din construcții existente.

Determinarea rezistenței caracteristice in-situ a betonului implică parcurgerea mai multor etape:

- ✓ Selectarea metodelor de încercare
- ✓ Selectarea pozițiilor și zonelor de încercare
- ✓ Efectuarea încercărilor și colectarea datelor în vederea identificării uneia sau mai multor rezistențe caracteristice a betonului
- ✓ Evaluarea rezultatelor și analiza Grubb pentru identificarea valorilor „în afara” intervalului
- ✓ Determinarea rezistenței caracteristice in-situ.

2.1. Metode de încercare

Metodele de încercare recomandate sunt aceleași cu cele prezente în majoritatea standardelor de profil: distructive (metoda carotelor) și nedistructive (metodele indicilor de recul și vitezei ultrasunetelor).

În standard se fac precizări legate de modalitatea de aplicare a acestor metode și, în special, în ceea ce privește aplicarea metodei extragerii și încercării carotelor care este esențială (și obligatorie), indiferent de metodele de evaluare aplicate.

In standard se fac precizari legate de utilizarea carotelor cu diametre mai mici de 80 mm (dar nu mai mici de 50 mm), pentru care se recomanda, din cauza variabilitatii mai mari a rezultatelor, ca raportul intre inaltime si diametru sa fie 1:1, spre deosebire de carotele cu diametre mai mari de 80 mm, la care se accepta atat rapoarte de 2:1, cat si 1:1.

De asemenea, fiind vorba de determinarea rezistentei caracteristice in-situ, se recomanda ca prelevarea, mentinerea si prelucrarea carotelor sa nu influenteze umiditatea betonului, astfel incat umiditatea carotelor sa fie aceeaasi cu cea a betonului din structura.

2.2. Selectarea pozitiilor si zonelor de incercare

Standardul prezinta recomandari privind selectarea pozitiilor si a zonelor de incercare, inclusiv in functie de metoda de incercare aleasa. De altfel, in Anexa B se face o prezentare detaliata a criteriilor de alegere a pozitiilor si zonelor de incercare corelate cu scopul efectuarii incercarilor si a metodelor utilizate.

2.3. Un aspect important scos in evidenta in standard este legat de existenta pentru o anumita structura a unei singure rezistente caracteristice a betonului sau a mai multor rezistente, implicit modul de identificare a acestora si de abordare. Aceasta problema apare in evaluarea rezistentei caracteristice dintr-o structura existenta din beton armat.

2.4. Un alt aspect de noutate il constituie evaluarea unui rezultat individual al rezistentei la compresiune obtinut prin incercarea carotelor in interiorul unui grup. Pentru aceasta, se propune o abordare statistica Grubb:

$$\frac{f_{c, \text{is, highest}} - f_{c, m(n) \text{ is}}}{s} > G_p \quad (1)$$

$$\frac{f_{c, m(n) \text{ is}} - f_{c, \text{is, lowest}}}{s} > G_p \quad (2)$$

unde G_p = valoarea critica stabilita in functie de numarul de rezultate.

Prin aplicarea acestui calcul, pot fi analizate/eliminate rezultatele care nu respecta inegalitatile (1) sau (2). Cauzele care conduc la obtinerea unor astfel de rezultate trebuie analizate cu atentie, putand conduce chiar la concluzii legate de existenta a doua “betoane”.

2. 5. Determinarea rezistenței in-situ poate fi făcută aplicând mai multe metode de evaluare.

2.5.1. Metode bazate pe rezultatele obținute prin încercarea carotelor

Metoda este prezentă și în actualul standard, dar sub o formă diferită cu două abordări A și B, în funcție de numărul de rezultate (abordare statistică și respectiv deterministă):

Abordarea A [2]

Rezistența caracteristică in-situ estimată a zonei de încercare este cea mai mică dintre valorile (mai mult de 15 rezultate):

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k_2 \times s \quad (3)$$

sau

$$f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 \quad (4)$$

unde:

s este abaterea standard a rezultatelor încercării sau 2,0 N/mm², indiferent care valoare este mai mare;

k₂ se va considera o valoare de 1,48.

Clasa de rezistență se obține în funcție de rezistența caracteristică in-situ estimată.

NOTA 1 – Estimarea rezistenței caracteristice utilizând cel mai mic rezultat al încercării pe carote are în vedere faptul că cel mai mic rezultat al încercării pe carote reprezintă cea mai mică rezistență din structură/element component considerat.

NOTA 2 – Atunci când distribuția rezistenței carotei provine de la două populații de rezultate, zona de încercare poate fi divizată în două zone de încercare.

Abordarea B [2]

Rezistența caracteristică in-situ estimată a zonei de încercare este cea mai mică dintre valorile (între 3 și 14 rezultate):

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \quad (5)$$

sau

$$f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 \quad (6)$$

Valoarea limitei k depinde de numărul n de rezultate ale încercării și este dată în tabelul 1.

Tabelul 1

Limita k asociată unui număr mic de rezultate ale încercării

n	k
10 până la 14	5
7 până la 9	6
3 până la 6	7

Noul document propune o abordare unitara de la un numar de minimum 8 carote. De asemenea, relatia prezentata pentru valoarea minima a rezistentei este aceeași numai pentru rezistente ale betonului corespunzatoare claselor mai mari sau egale cu C20/25, pentru rezistente mai mici „marginea M” se reduce.

Rezistenta caracteristica in-situ a rezistentei la compresiune se considera ca fiind valoarea minima a rezistenta dintre:

$$f_{c, is, ck} = f_{c, m(n)is} - k_n s_s; \quad (s_s \text{ cea mai mare valoare dintre 3 sau abaterea standard calculata}) \quad (7)$$

unde k_n se considera in conformitate cu tabelul 2, sau:

$$f_{c, is, ck} = f_{c, is, lowest} + M \quad (8)$$

unde valorile lui M, in conformitate cu Tabelul 3

Table 2

k_n Valori utilizate in formula (7)

n	8	10	12	16	20	30	∞
k_n	2,00	1,92	1.87	1.81	1,76	1,73	1,64

Table 3

Valoarea marginii M ce va fi considerate in formula (8)

Valoarea $f_{c, is, lowest}$ in N/mm^2	Margine in N/mm^2
≥ 20	4
$\geq 16 < 20$	3
$\geq 12 < 16$	2
< 12	1

2.5.2. Metode bazate pe rezultatele obtinute prin combinarea rezultatelor testelor indirecte cu cele pe carote

Si in acest caz, abordarea prezentata in noul standard este diferita de cea actuala. Sunt prezentate mai multe metode care pot fi aplicate:

- utilizarea testelor indirecte calibrate pe baza rezultatelor obtinute pe carote. Abordarea este probabilistica si necesita un minim de 10 perechi de rezultate (utilizarea unor ecuatii liniare de regresie);

Aceste metoda este „avansata” din punct de vedere al abordarii, dar este oarecum dificil de aplicat in practica.

- utilizarea unor teste indirecte. Aceasta metoda se aplica in cazurile unor volume reduse de beton, sub 30 m^3 . Se determina aplicand metode indirecte, din zonele in care rezistenta betonului este cea mai scazuta, se extrag minimum 3 carote. Rezistenta medie a carotelor extrase in cazul in care rezultatele individuale nu variaza cu mai mult de 15% fata de valoarea medie reprezinta rezistenta caracteristica a betonului elementului structural analizat.

3. Evaluarea in cazurile in care conformitatea betonului bazata pe incercarile standard prezinta dubii

Chiar daca, in linii generale, se pastreaza principiile de evaluare prezente in actualul standard si in acest caz abordarea este diferita. De asemenea, sunt introduse suplimentar doua abordari noi: „screening” test, inclusiv prin utilizarea unor teste indirecte.

- 3.1. Evaluarea rezistentei la compresiune pe baza rezultatelor obtinute pe carote. Aceasta abordare prezinta analiza in functie de volumul de beton care se analizeaza, considerandu-se ca o limita volumul de 30 m^3 . In cazul unui volumul de beton este mai mare de 30 m^3 , acesta se imparte in volume de aproximativ 30 m^3 si se aplica prevederile tabelului 4:

Tabelul 4

Criterii de evaluare a clasei de rezistenta la compresiune

Numar de aproximativ 30 m ³ volum de beton	Numarul minim de carote avand diametrul intre 80 mm si 160 mm pentru fiecare volum	Valori medii ale rezistentelor carotelor pentru totalul volumelor	Valori minime ale rezistentelor carotelor pentru fiecare volum ^{a)}
1	3	—	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} - M)$
2 – 4	2	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} + 1)$	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} - M)$
5 – 6	2	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} + 2)$	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} - M)$

^a M=4, pentru clase de beton C20/25 sau mai mari. Pentru C16/20, C12/15 si C8/10, „marginea M” se va reduce de la 4 la 3, 2, respectiv 1.

3.2. Evaluarea rezistentei pe baza rezultatelor obtinute pe carote si a aplicarii unor incercari nedistructive. Aceasta evaluare implica incercarea betonului utilizand metode nedistructive, identificarea zonelor cu rezultatele cele mai reduse si extragerea carotelor din acele zone. Criteriile care trebuie indeplinite sunt prezentate in Tabelul 5:

Table 5

Localizarea carotelor selectate si criteriile de evaluare

Numar de aproximativ 30 m ³ volum de beton	Minimum de locatii pentru prelevare carotelor	Valori medii ale rezistentelor carotelor	Valori minime ale rezistentelor carotelor
1	O carota la trei din cele mai reduse valori obtinute prin aplicarea metodelor indirecte	—	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} - M)$
2 - 4	O carota din zona cu cea mai scazuta valoare obtinuta prin aplicarea metodelor indirecte si o carota la fiecare 2 zone de incercare avand valori apropiate de media valorilor obtinute prin aplicarea testelor indirecte	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} + 1)$	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} - M)$
5 - 6		$\geq 0,85 (f_{ck, spec} + 2)$	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} - M)$

Si in acest caz „marginea M” se reduce in functie de clasa betonului.

Metodele prezentate la punctele 3.1 si 3.2 nu se aplica decat in cazul in care controlul productiei este certificat.

- 3.3. Screeningul cu ajutorul metodei indicilor de recul. Aceasta metoda este acceptata in cazul utilizarii unui anumit echipament si are la baza corelarea intre duritatea superficiala a betonului si rezistenta acestuia.
- 3.4. Stabilirea corelatiei intre indicii de recul sau viteza ultrasunetelor si rezistenta la compresiune a betonului utilizand probe confectionate de beton. Aceasta metoda care se bazeaza pe prepararea unor probe de beton avand aceeaasi compozitie cu cea a betonului din lucrare si stabilirea unor relatii intre valorile obtinute prin aplicarea metodei indirecte si rezistenta la compresiune a betonului. Aplicarea ulterioara pe structura a metodelor indirecte in conditii reglementate ofera posibilitatea transformarii rezultatelor testelor indirecte in rezistente si apoi aplicarea unor criterii de conformitate similare cu cele prezentate in Tabelul 5

4. Concluzii

- 4.1. Continutul proiectului de revizuire a standardului pr.EN 13791 [1] este complet schimbat fata de varianta actuala, putand fi practic considerat un standard nou.
- 4.2. Noul standard propune abordari modificate fata de editia anterioara sau prezinta chiar reguli noi pentru:
 - utilizarea unor diametre mai mici de carote;
 - verificarea betonului in scopul identificarii provenientei din populatii diferite;
 - aplicarea unor teste de identificare a unor rezultate in afara intervalului;
 - determinarea rezistentei caracteristice a betonului din constructiile existente prin utilizarea datelor provenite din incercarea carotelor sau prin utilizarea si a rezultatelor obtinute prin aplicarea unor metode indirecte (nedistructive);
 - evaluarea rezistentei la compresiune a betonului in cazul in care exista dubii legate de atingerea rezistentei la compresiune in cazul unor constructii noi executate;
 - utilizarea „screeningului” aplicand metoda indicelui de recul sau pe baza rezultatelor obtinute pe corpuri de proba.
- 4.3. Varianta propusa reprezinta, in mod evident, un progres in evaluarea rezistentei betonului din constructii existente fiind mai bine armonizata, in special cu Eurocodul EN 1990 [3], standardul fiind elaborat pe baze statistice si probabilistice. Aplicarea practica a standardului este, in unele parti accesibila,

Noi abordari in standardul prEN 13791 „Evaluarea rezistentei betonului din structuri si elemente preabricate”

dar sunt si metode care necesita, in mod evident, utilizarea unor ghiduri de aplicare.

- 4.4. Aparitia in viitorul apropiat a variantei finale a acestui standard va face necesara, in mod evident, revizuirea normativului romanesc NP137 [2].

Bibliografie:

1. prEN 13791:2016 Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components
2. NP 137 – 2014: Normativ privind evaluarea in-situ a rezistenței betonului din construcțiile existente
3. Eurocodul EN 1990: Bazele proiectării structurilor
4. T.A. Harrison, Chairman of the ERMCO Environmental and Technical Committee - Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures.

Semaforizarea inteligentă a unei intersecții

Intelligent traffic lights used at crossroads

Cristina Gabriela Sărăcin¹, Marin Sărăcin², Adrian Alin Toader³

¹Universitatea Politehnica din București
Splaiul Independenței Nr.313
E-mail: cristina.saracin@upb.ro

²Universitatea Politehnica din București
Splaiul Independenței Nr.313
E-mail: marin.saracin@upb.ro

³Universitatea Politehnica din București
Splaiul Independenței Nr.313
E-mail: ady_toader92@yahoo.com

Rezumat.– *Lucrarea de față prezintă modul de realizare al unei platforme pentru semaforizarea inteligentă a unei intersecții. Noțiunea de semaforizare inteligentă apare tot mai des întrucât, în ziua de astăzi, nevoia de mobilitate este tot mai acută și se caută continuu soluții pentru a rezolva problema congestiilor din trafic. O astfel de implementare a unui sistem inteligent de trafic, ca cel din lucrarea de față este absolut vitală pentru dezvoltarea și progresul mijloacelor de semaforizare. Această lucrare răspunde următoarelor cerințe: cum se realizează dimensionarea unei intersecții, modul de realizare al senzorilor de detecție ai autovehiculelor, modul de amplasare al senzorilor, schema electrică a ansamblului, funcționarea platformei și a programului implementat în programmable logic controller (PLC).*

Automatizările realizate pe platformă au fost pentru semafoare și senzorii de detecție infraroșu.

Pentru realizarea practică a acestei platforme am ales automatul programabil Easy 719 DC-RC.

Cuvinte cheie: semaforizare, dimensionare intersecție, automat programabil, senzori IR

Abstract.– *This paper presents the embodiment of a platform for intelligent traffic lights used at crossroads. The concept of intelligent traffic lights occurs more often because, today, the need for mobility is increasingly acute and is continuously looking for solutions to solve the traffic congestion problem. Such implementation of an intelligent traffic system, as in the present work is absolutely vital to development and progress means traffic lights. This work meets the following requirements: how to size the intersection dimension, how to realize a detection sensor for cars, location sensors way, electrical diagram of the assembly, operation platform and program which is implemented in the programmable logic controller (PLC).*

The automation performed on the platform is made for traffic lights and infrared sensors. For the physical implementation of this platform, there were chosen Programmable Logic Controller such as Easy 719 DC-RC.

Cuvinte cheie: traffic light, intersection sizing, programmable logic controller, IR sensors.

1. Introducere

În ziua de astăzi, mijloacele de transport devin din ce în ce mai rapide și mai inteligente. În ciuda acestui fapt infrastructura nu se dezvoltă în aceeași manieră, iar ambuteiajele și accidentele rutiere sunt din ce în ce mai frecvente.

În condițiile dezvoltării orașului circulația rutieră se schimbă, viteza de circulație crește, impunându-se modificarea actualului sistem al rețelei de circulație cu altul eficient care să se preteze la condițiile actuale de trafic.

Sistemele tradiționale de semaforizare constau în fixarea timpilor de verde pentru fiecare sens de mers în funcție de măsurările din trafic. Acești timpi de verde rămân constanți pe o perioadă foarte lungă de timp.

Această soluție are dezavantajul major că nu ține cont de condițiile de trafic cotidiene, respectiv anumite vârfuri de trafic pe anumite perioade orare.

Traficul rutier din orașe este afectat de actualul sistem de semaforizare. Când se așteaptă la un semafor, șoferul pierde timp și mașina consumă combustibil.

Prin urmare reducerea timpului de așteptare la semafor ar reduce semnificativ cantitatea de carburant consumat și totodată cantitatea inutilă de dioxid de carbon emisă în atmosferă și nu în ultimul rând ar ajuta societatea să economisească milioane de euro anual. Acest lucru este posibil doar prin introducerea unui nou sistem de semaforizare și a unui nou concept și anume acela de “*Semaforizare inteligentă*”.

Pentru a se realiza o eficientizare a controlului traficului prin semafoare trebuie să se pună accent pe dinamism și pe algoritmi inteligenți de analiză a traficului. Astfel se pot realiza semaforizări care să poată analiza în timp real numărul de mașini ce așteaptă la semafor și să ia decizii care ar favoriza fluidizarea traficului.

Amplasarea de senzori pentru detecția autovehiculelor pentru optimizarea semaforizării în timp real poate aduce o îmbunătățire a parametrilor de trafic, dar numai un program de coordonare a acestora ar conduce la folosirea optimă a intersecției foarte aproape de gradul de saturație.

2. Dimensionarea intersecției

În prezenta lucrare am ales implementarea unui sistem inteligent de semaforizare asupra unei intersecții simple în cruce. Acest sistem conține pe fiecare bandă de circulație câte un senzor de detecție al autovehiculelor. Modelul acesteia este prezentat în figura 1.

Sistemul inteligent de semaforizare constă în:

- patru semafoare pentru autovehicule, codificate: S1, S2, S3, S4.
- patru semafoare pentru pietoni, codificate: P1, P2, P3, P4.
- cei patru senzori de detecție a prezenței autovehiculelor, notați: Senzor 1, Senzor 2, Senzor 3, Senzor 4.

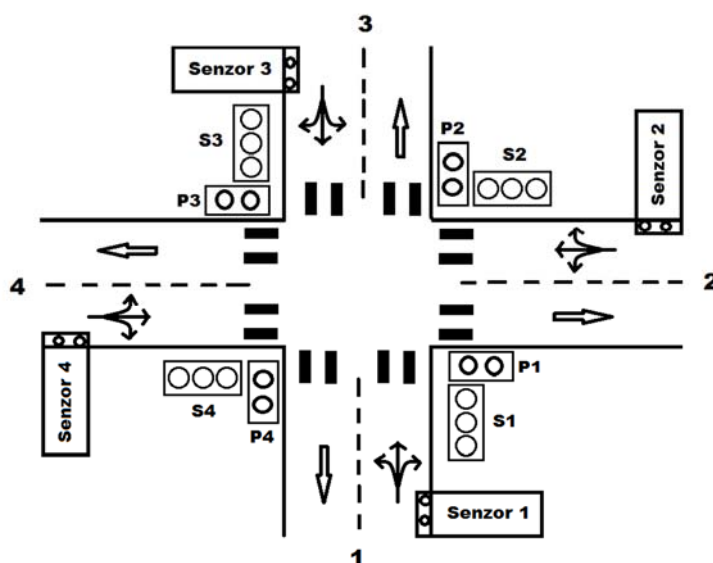


Fig. 1. Modelul intersecției semaforizate

Semafoarele S1 și S3 sunt sincronizate între ele, în sensul că cele două indică întotdeauna aceeași culoare. Sunt prevăzute cu trei culori (roșu, galben și verde).

Același lucru putem afirma și despre semafoarele S2 și S4 care sunt și ele sincronizate între ele.

Când semafoarele S1 și S3 sunt pe verde, celelalte semafoare (S2 și S4) sunt pe culoarea roșie sau culoarea galbenă. Trecerea de la culoarea roșie la culoarea verde se realizează direct (fără a se trece prin galben), în timp ce trecerea de pe culoarea verde pe culoarea roșie se face prin galben.

Codificarea stărilor pentru fiecare semafor este prezentată în tabelul 1:

Tabelul 1. Codificarea stărilor

Starea	S1=S3	S2=S4	P1=P3	P2=P4
1	Verde	Roșu	Roșu	Verde
2	Roșu	Verde	Verde	Roșu
3	Galben	Roșu	Roșu	Verde
4	Roșu	Galben	Verde	Roșu

3. Senzorii de detecție pentru autovehicule

Senzorii pentru detecția automobilelor prezente în intersecție sunt formați din două elemente importante și anume: un emițător infraroșu și un receptor infraroșu. Schema electrică a unui senzor a fost desenată în Eagle 7.5 și este prezentată în fig. 2.

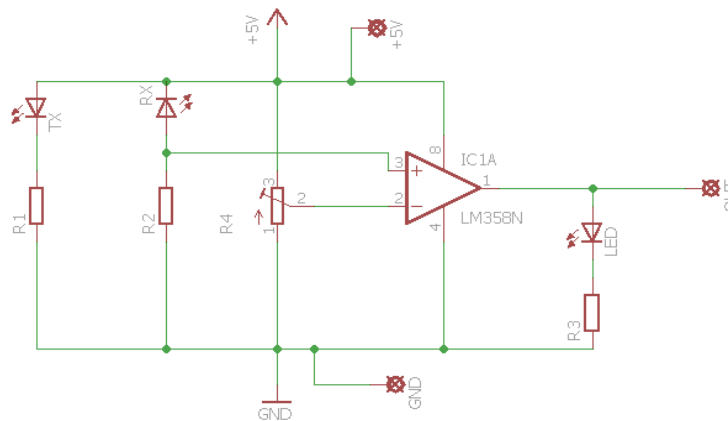


Fig. 2. Schema electrică a senzorului IR realizată în Eagle 7.5

Următoarea etapă după desenarea schemei în programul CAD o reprezintă realizarea cablajului imprimat (PCB) prezentată în fig. 3.

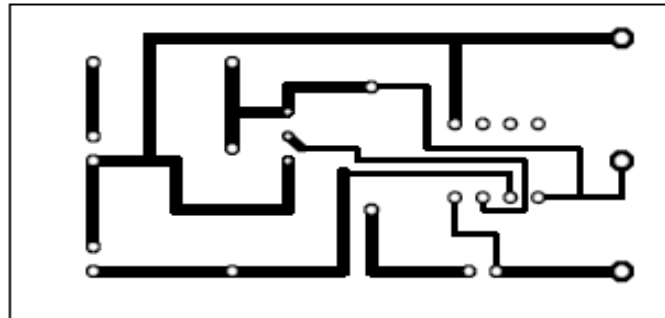


Fig. 3. Cablajul imprimat al senzorului IR

Versiunea finală a senzorului proiectat este prezentată în fig. 4.

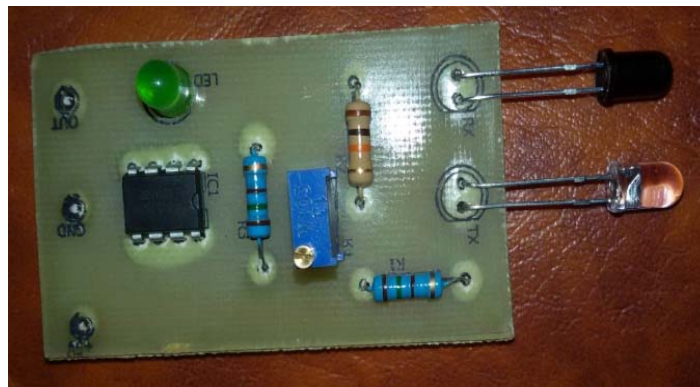


Fig. 4. Senzorul de detecție al autovehiculelor

Caracteristicile tehnice ale senzorului realizat sunt:

- tensiune de alimentare: 3V - 9V;
- distanță sesizare obstacol: 2cm - 20cm;
- unghi observare obstacol: 35°;
- ieșire digitală (0 logic-0V, 1 logic-5V);

- comparator: LM358N;
- tensiune de referință reglabilă;
- dimensiune: 3.5 x 5.5cm.

4. Schema electrică a sistemului

Fig. 5 prezintă totalitatea conexiunilor electrice ce au fost efectuate în vederea realizării platformei. Este descris modul de interconectare al senzorilor de detecție al autovehiculelor la automatul programabil cât și a led-urilor pentru semafoare conectate printr-un bloc de rezistențe la acesta.

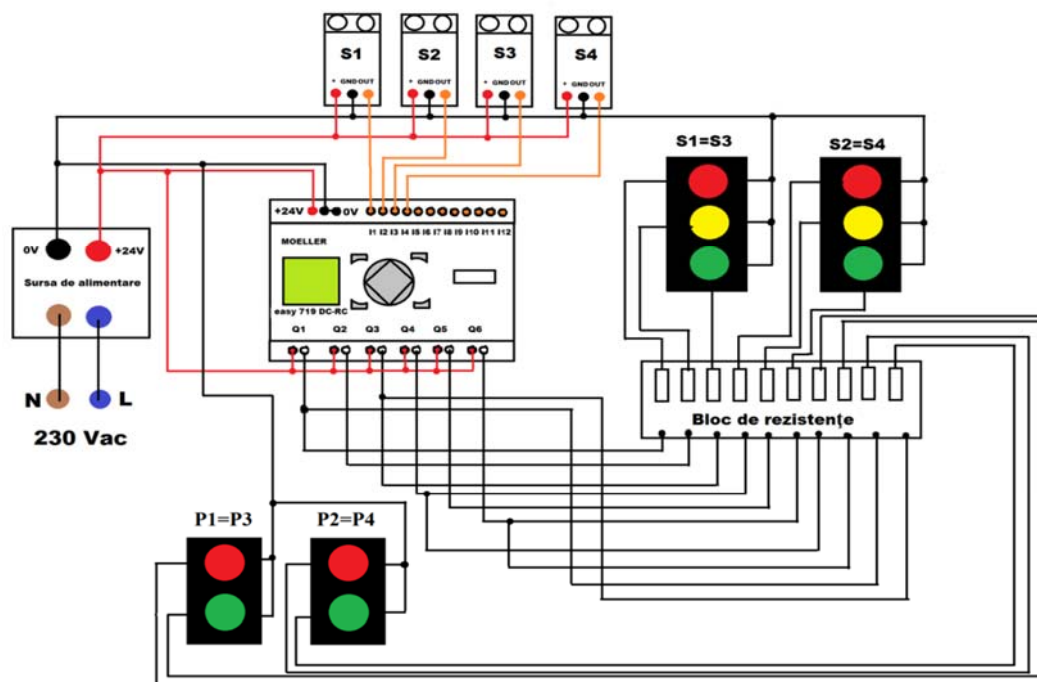


Fig. 5. Schema electrică a sistemului

5. Programarea sistemului

În fig.6 este prezentat programul scris pentru automatul Easy 719 DC-RC. Stările semafoarelor dependente de prezența automobilelor în intersecție sunt descrise prin intermediul intercondiționărilor din schemă.

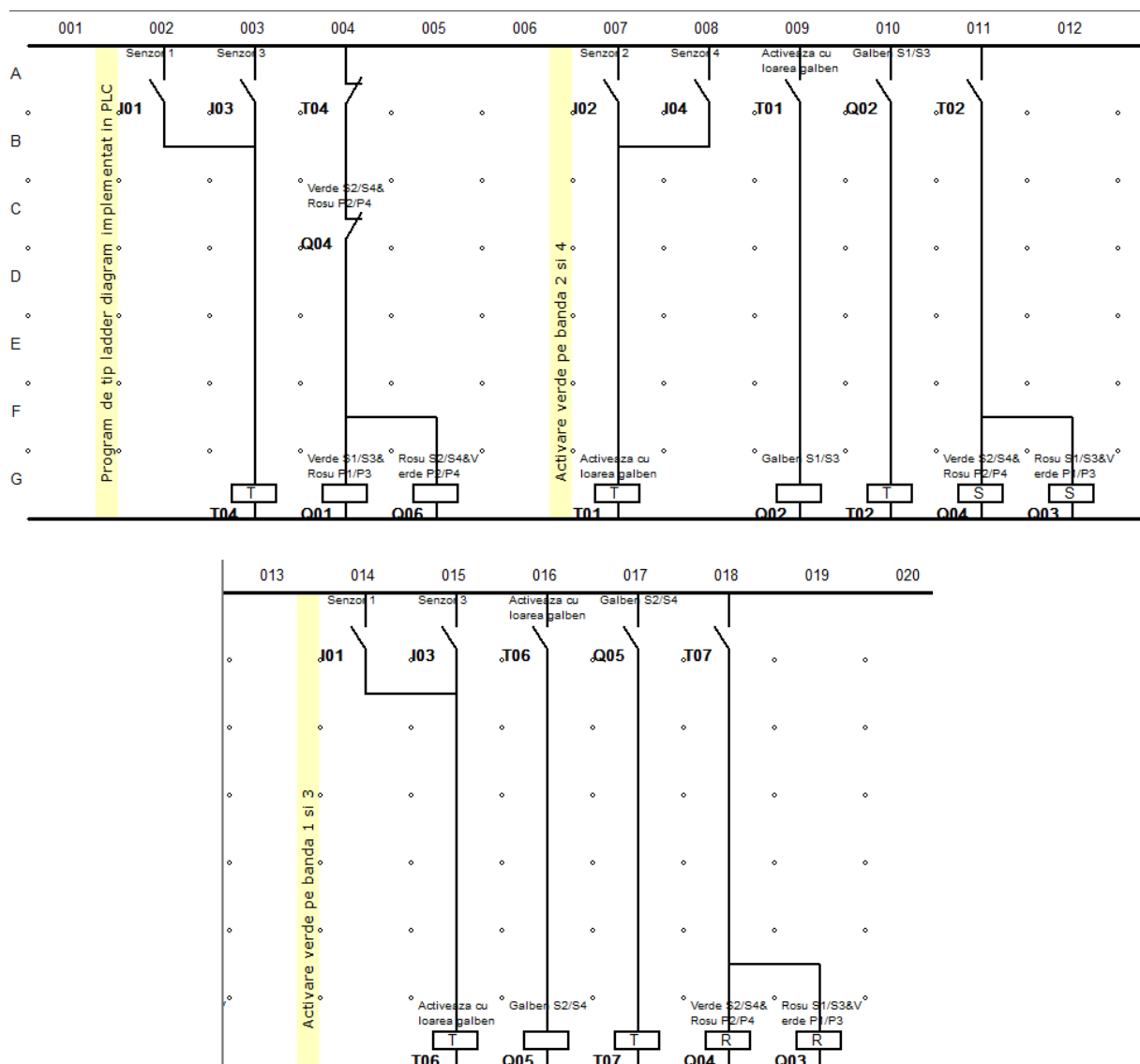


Fig.6. Diagrama Ladder necesară programării automatului Easy 719 DC-RC

6. Testarea platformei

După punerea sub tensiune a platformei a urmat testarea acesteia. S-au efectuat următorii pași:

- aglomerarea unei benzi de circulație pe care inițial este culoarea roșie la semafor;
- activarea senzorului de detecție al autovehiculelor și urmărirea funcționării corespunzătoare a aplicației;
- parcurgerea aceleiași etape pentru celelalte benzi de circulație și verificarea funcționării corecte a aplicației.



Fig.7. Testarea platformei

7. Concluzii

Soluția prezentată în cadrul acestei lucrări oferă un model de optimizare a traficului urban, model care este capabil de a se adapta la condițiile reale de trafic. În acest mod semafoarele nu vor mai avea un ciclu de funcționare prestabilit, ci acestea vor fi coordonate în funcție de trafic, evitându-se aglomerațiile și realizându-se eficient fluidizarea circulației.

Un rol deosebit de important îl au senzorii de detecție al prezenței autovehiculelor care transmit informații în timp real către automatul programabil,

acesta acționând în consecință, modificând starea semafoarelor în funcție de condițiile de trafic.

Acești senzori, pe lângă utilitatea lor, au și posibilitatea de a fi reglați (cu ajutorul potențiometrului) astfel încât să se poată controla distanța la care aceștia să sesizeze obstacolurile (în cazul nostru autovehiculele).

Implementarea acestui tip de semaforizare inteligentă are atât avantaje cât și dezavantaje.

Printre principalele avantaje se numără:

- eliminarea blocajelor în orele de vârf;
- o mai bună supraveghere a traficului prin intermediul unui centru de control;
- îmbunătățirea gradului de confort al conducătorilor auto cât și a pietonilor;
- reducerea consumului de carburant și totodată a poluării;
- limitarea numărului de accidente rutiere.

Dezavantajele semaforizării inteligente sunt mai puține însă există și ele:

- costul unui astfel de proiect;
- necesitatea unei administrări/verificări periodice a unui astfel de sistem.

Concepul de sistem de semaforizare trebuie îmbunătățit datorită numărului mare de autovehicule din trafic.

Un pas spre viitor este făcut și de către companiile de autovehicule care echipează noile autoturisme cu sisteme inteligente. Un exemplu de astfel de sistem inteligent poate fi “frânarea activă inteligentă” (un sistem care utilizează un radar pentru a determina distanța până la autovehiculul din față și activarea sistemului de frânare dacă este cazul). Un alt exemplu ar fi “recunoașterea automată a semnelor de circulație” (sistemul inteligent cu care este echipat autovehiculul recunoaște semnele de circulație și se adaptează la acestea).

Implementarea unui sistem de trafic inteligent, ca cel din lucrarea de față, este absolut vitală pentru dezvoltarea și progresul mijloacelor de semaforizare, în special în zilele noastre întrucât fluidizarea traficului a devenit o necesitate.

Referințe

- [1] C. G. Sărăcin, M. Sărăcin, V.V. Golea, „Sisteme de telemăsurare”, Editura Matrix ROM, 2004.
- [2] M. Mustață, R. C. Moraru, „Trafic inteligent”, Studiu de caz-Sistemul de management al traficului din municipiul București
- [3] C.G. Sărăcin, M. Bizineche, „The monitoring status of an underground parking and the transition to the stage of smart parking, Revista Română de Inginerie Civilă, Volumul 7 (2016), Numărul 3, Matrix Rom, ISSN: 2068-3987.
- [4] V. Năvrănescu, A.I. Chirilă, A.S. Deaconu, I.D. Deaconu, „Educational platform for working with programmable logic controllers, The 9TH International Symposium OnAdvanced Topics in Electrical Engineering (ATEE 2015), București, România.
- [5] C. G. Sărăcin, „Instalații electrice”, Editura Matrix ROM, 2009.
- [6] Raicu , Șerban, *Sisteme de transport* , Ed AGIR, 2007
- [7] AP Easy 719 DC-RC <ftp://ftp.moeller.net/>.
- [8] I. Mărgineanu „Automate Programabile” Editura Albastră. Cluj-Napoca 2005.
- [9] Agendă electrică Moeller. <http://www.agenda-electrica.ro/docs/sb1101ro.pdf>.

Evoluția sistemelor de climatizare de tip VRF – Partea a II-a

VRF HVAC system evolution

Drd. Ing. Cătălin NEGRUȚIU, Prof. Dr. Ing. Dragoș HERA

2.3. CONTROLUL FUNCȚIONĂRII SISTEMELOR VRF

Așa cum a fost prezentat în prima parte a articolului au existat și există mai multe tehnologii utilizate pentru controlul capacității sistemelor VRF, iar în cele ce urmează vom prezenta varianta INVERTER și varianta DIGITAL SCROLL.

2.3.1. VARIANTA INVERTER

Utilizare sistemului inverter permite ajustarea capacității de răcire/încălzire în conformitate cu cerințele spațiilor climatizate, prin controlul vitezei de rotație a compresorului. Acest lucru nu este posibil în cazul sistemelor non-inverter deoarece viteza de rotație a compresorului este fixată de frecvența tensiunii de alimentare.

Vom prezenta în cele ce urmează câteva diferențe între sistemele inverter și non-inverter:

Tabel 1.

Comparație sistem invert/sistem fara-inverter

		Sistem fara INVERTER	Sistem cu INVERTER
1.	Timp necesar pentru atingerea temperaturii pre-setate din camera	Relativ lung datorită capacității fixe de încălzire și răcire	Scurt datorită capacității de răcire/încălzire crescute
2.	Fluctuații după atingerea set-point-ului	Fluctuații mari datorate operațiilor de pornit/oprit	Fluctuații mici datorate funcției de adaptare la sarcina cerută
3.	Curentul de pornire	De 5-6 ori mai mare față de valoarea normală	De 1.5 ori mai mare față de valoarea normală datorită creșterii graduale a frecvenței la pornire
4.	Domeniu de temperatura exterioară extins pentru regimul de încălzire	Scăderea capacității	Scăderea capacității este compensată de creșterea vitezei de rotație a compresorului
5.	Timp de dezghet (defrost)	Relativ lung datorită capacității fixe de încălzire/răcire	Scurt datorită funcționării la capacitate maximă

		Sistem fara INVERTER	Sistem cu INVERTER
6.	Structura sistemului	Relativ simplă	Sunt necesare componente suplimentare
7.	Diagnosticarea erorilor	Relativ simpla	Complicat

1. Funcționarea sistemului inverter

În electronică elementul inverter are funcția de a transforma curentul continuu în curent alternativ. În domeniul aerului condiționat, inverterul reprezintă un dispozitiv care transformă curentul alternativ de la rețeaua publică într-un curent alternativ cu frecvență și voltaj ajustabil. Din același sistem face parte și convertorul care transformă curentul alternativ în curent continuu. Viteza de rotație a compresorului poate fi modificată în mod liber prin inverter.

În figura 13 este prezentat principiul de comanda și forță al compresorului inverter din cadrul unei unități exterioare VRV® DAIKIN:

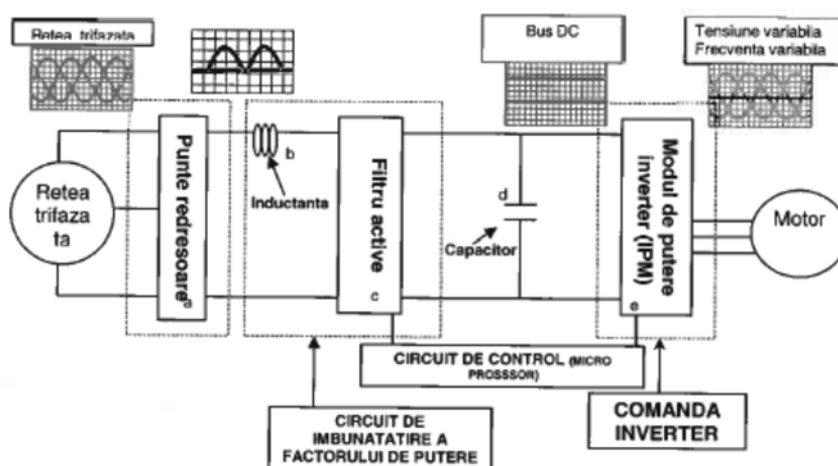


Figura 13. Schema bloc a modului inverter din sistemul VRV® Daikin

Puntea redresoare trifazată generează un bus de curent continuu care este folosit de modulul de putere al inverterului în vederea generării rețelei trifazate cu tensiune și frecvență variabilă, către motorul trifazat al compresorului inverter. De asemenea, circuitul de comandă al inverterului lucrează după o logică de comandă care va păstra raportul $U/f = \text{constant}$, în vederea păstrării unei eficiențe de lucru constante în toată plaja de turații a motorului compresorului.

Placa electronică a inverterului din sistemele VRV® Daikin integrează toate modulele specificate în diagrama de mai sus.

În figura 18 este prezentată diagrama de comandă a tranzistoarelor de putere din modulul de putere al inverterului într-o manieră simplificată cu o frecvență de comandă de 15 KHz, în vederea implementării unei logici de comandă PWM (Pulse Width Modulation). Modificând frecvența de comandă a tranzistoarelor din modulul de putere, cât și factorul de umplere al acestor impulsuri de comandă, se obține o amplitudine și o frecvență variabilă a tensiunii rețelei trifazate care va alimenta motorul trifazat al compresorului inverter.

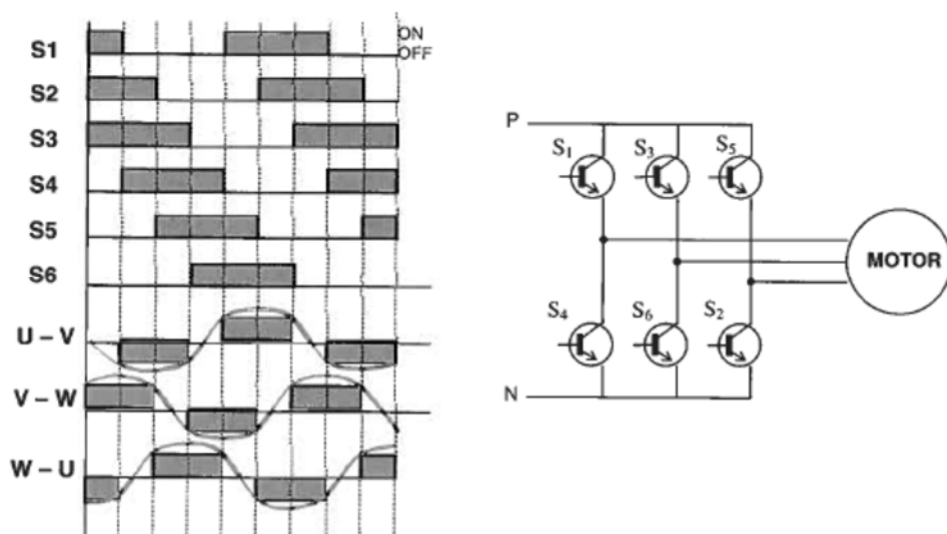


Figura 2. Diagrama de comandă a tranzistoarelor de putere și alimentarea motorului inverter din modulul de putere al inverterului

2.3.2. TEHNOLOGIA INVERTER – MODULAREA CAPACITĂȚII SISTEMELOR VRF

În funcție de tipul unității exterioare, referindu-ne în acest caz la capacitatea de răcire sau încălzire, și în funcție de numărul de compresoare instalate în unitatea exterioară pașii de control de capacitate diferă. Vom analiza modularea de capacitate pentru un sistem VRV® de 14 HP/40 kW (capacitate de răcire)

RXYQ14PY1, 16PY1

STEP No.	INV	STD1	STD2
1	52 Hz	OFF	OFF
2	56 Hz	OFF	OFF
3	62 Hz	OFF	OFF
4	68 Hz	OFF	OFF
5	74 Hz	OFF	OFF
6	80 Hz	OFF	OFF
7	88 Hz	OFF	OFF
8	96 Hz	OFF	OFF
9	104 Hz	OFF	OFF
10	110 Hz	OFF	OFF
11	116 Hz	OFF	OFF
12	124 Hz	OFF	OFF
13	132 Hz	OFF	OFF
14	144 Hz	OFF	OFF
15	158 Hz	OFF	OFF
16	166 Hz	OFF	OFF
17	176 Hz	OFF	OFF
18	188 Hz	OFF	OFF
19	202 Hz	OFF	OFF
20	210 Hz	OFF	OFF
21	52 Hz	ON	OFF
22	62 Hz	ON	OFF
23	68 Hz	ON	OFF
24	74 Hz	ON	OFF
25	80 Hz	ON	OFF
26	88 Hz	ON	OFF
27	96 Hz	ON	OFF
28	104 Hz	ON	OFF
29	116 Hz	ON	OFF
30	124 Hz	ON	OFF
31	132 Hz	ON	OFF
32	144 Hz	ON	OFF
33	158 Hz	ON	OFF
34	176 Hz	ON	OFF
35	188 Hz	ON	OFF
36	202 Hz	ON	OFF
37	210 Hz	ON	OFF
38	52 Hz	ON	ON
39	62 Hz	ON	ON
40	74 Hz	ON	ON
41	88 Hz	ON	ON
42	96 Hz	ON	ON
43	104 Hz	ON	ON
44	124 Hz	ON	ON
45	144 Hz	ON	ON
46	158 Hz	ON	ON
47	166 Hz	ON	ON
48	176 Hz	ON	ON
49	188 Hz	ON	ON
50	202 Hz	ON	ON
51	210 Hz	ON	ON

Figura 15. Pași de frecvență compresor inverter pentru o unitate Daikin VRV® III de 14 hp/40 kw (capacitate de racire)

În figura 15 este prezentată funcționare unității VRV® III (DAIKIN) de 14 HP (40 kW capacitate de răcire). Astfel, se observă că unitatea are în componență 3 compresoare, dintre care unul inverter și două compresoare ON/OFF. Prin modularea capacității compresorului inverter combinat cu pornirea compresoarelor ON/OFF în funcție de cerința de capacitate rezultă 51 de pași de funcționare.

Dacă pentru cea mai mică unitate exterioară (5 HP – 14,4 kW) sunt 18 pași de modulare a capacității pentru un sistem de 150 kW capacitate de răcire producătorul prezintă 127 de pași de capacitate. Un sistem de 150 kW are în componența sa trei module de 18 HP (50 kW capacitate de răcire), fiecare având în componență câte un compresor inverter și câte două compresoare ON/OFF. Astfel, împreună vorbim de 3 compresoare inverter și 6 compresoare ON/OFF. Această modulare a capacității duce la un consum de energie redus și la posibilitatea furnizării într-un mod eficient a capacității de răcire/incălzire pentru un număr redus de unități interioare aflate în funcționare.

2.3.3 TEHNOLOGIA DIGITAL SCROLL

Vom descrie în cele ce urmează o altă tehnologie, Copeland Digital Scroll, fundamental diferită față de tehnologia inverter. Modularea capacității utilizând această tehnologie este atinsă printr-o mediere a starilor de încărcare/descărcare ale compresorului. Această tehnologie a fost dezvoltată și cercetată de Copeland Corporation.

Compresorul scroll Copeland are o caracteristică unică numită conformitate axială. Acest lucru permite părți fixe să se deplaseze (în pași foarte mici) pentru a da posibilitatea celor două părți să fie angrenate cu forța optimă.

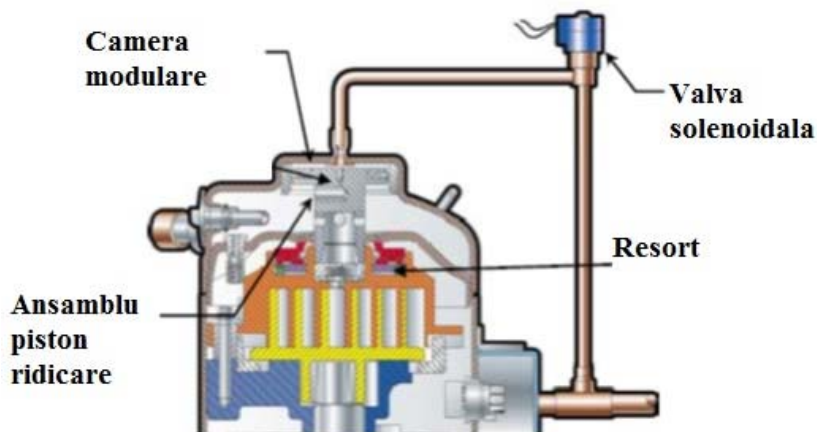


Figura 16. Compresorul digital scroll

Pe baza figurii de mai sus vom explica funcționarea sistemului. Astfel, în partea de sus este fixat un piston pentru a fi siguri că în cazul în care pistonul se deplasează în sus și partea de sus va avea aceeași mișcare ascendentă. În partea de sus a pistonului este o cameră de modulare conectată la presiunea de refulare, comunicând printr-un orificiu de 0,6 mm. În exterior se află o vană solenoidală ce conectează camera de modulare cu presiunea de pe partea de aspirație. Când vana este în poziția normal

închisă, presiunea pe partea pistonului este presiunea de refulare și prin forța unui resort se asigură mișcarea comună a celor două părți (partea fixă și partea mobilă). Când vana este acționată (alimentată) în camera de modulare vom ajunge la presiune joasă. Astfel, pistonul se va deplasa în sus împreună cu partea superioară a compresorului. Această acțiune separă cele două părți ducând la lipsa debitului și astfel la descărcarea compresorului. Întrerupând alimentarea vanei solenoidale încărcăm din nou compresorul la maxim și astfel compresia este reluată. Deplasarea părții superioare este mică, de numai 1.0 mm și în consecință cantitatea de gaz de înaltă presiune ce este preluată către partea inferioară este foarte mică.

Sistemul Digital Scroll operează în doi pași – “starea de încărcare”, când vana solenoidală este normal închisă și “starea de descărcare”, când vana este deschisă. În timpul perioadei de încărcare compresorul lucrează la fel ca un compresor scroll standard și furnizează capacitate și debit maxim, iar în timpul celeilalte perioade compresorul nu va furniza nici capacitate și nici debit. Cele două perioade sunt prezentate în figura de mai jos.

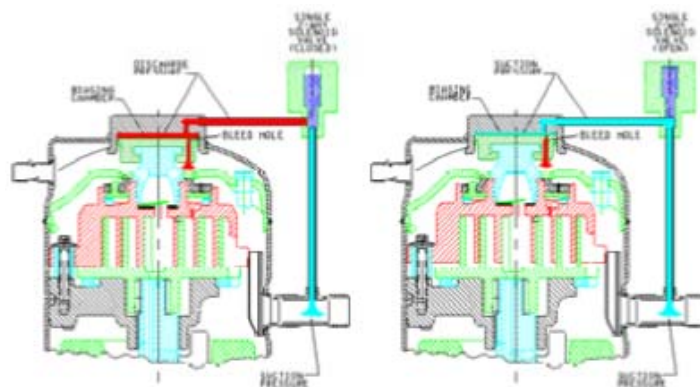


Figura 17. Funcționare compresor digital scroll

Vom defini în cele ce urmează conceptul de ”timp al unui ciclu” reprezentând suma duratelor de timp ale perioadelor de încărcare și descărcare. Durata acestor două perioade determină modularea capacității compresorului. Astfel, în 20 de secunde, dacă durata perioadei de încărcare este de 10 secunde și durata perioadei de descărcare tot de 10 secunde, modularea capacității compresorului este $(10 \text{ secunde} \times 100\% + 10 \text{ secunde} \times 0\%) / 20 = 50\%$. Dacă, pentru același ”timp al unui ciclu” durata perioadei de încărcare este de 15 secunde și durata perioadei de descărcare este de 5 secunde, modularea capacității compresorului este de 75%. Modularea capacității reprezintă medierea duratelor perioadelor de încărcare și descărcare. Ca urmare a variației duratei de timp a stării de încărcare și a stării de descărcare orice capacitate (10%-100%) poate fi furnizată de compresor.

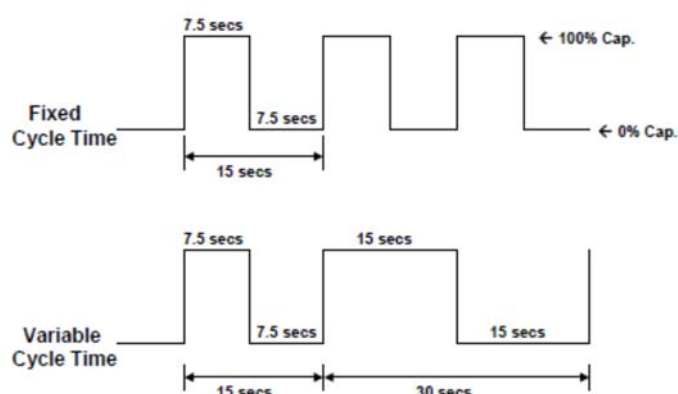


Figura 18 Cicluri de incarcare/descarcare compresor digital scroll

Consumul de energie

În timpul perioadei de încărcare consumul de energie al compresorului este maxim. Dar, în timpul perioadei de descărcare, motorul funcționează liber fără nici o încărcare. Astfel, consumul de energie este mic, aproximativ 10% din consumul maxim.

Domeniu larg de capacitate

Compresorul Digital Scroll acoperă continuu și fără întrerupere o plajă de capacitate între 10% -100%. Astfel, se poate realiza un control foarte exact al temperaturii în încăperile climatizate.

2.4. EFICIENȚA ÎN FUNCȚIONARE – CERINȚE SPECIALE DE MONTAJ

Pentru a garanta o eficiență deosebită a sistemelor VRF vor trebui respectate și garantate materialele și condițiile de montaj impuse prin prescripțiile tehnice ale furnizorului. Astfel, ne vom referi în cele ce urmează la tipurile de conducte, modul de imbinare, testele ce trebuiesc efectuate la finalul montajului.

Conductele de agent frigorific trebuiesc alese astfel încât să corespundă cerințelor de presiune în funcție de agentul frigorific utilizat. Astfel, pentru R410A, va trebui să utilizăm conducte din cupru frigorific ce va rezista la o presiune de 4.0 Mpa (40 bar). În tabelul nr. 1 sunt prezentate grosimile peretelui conductelor de agent frigorific în funcție de diametru așa cum sunt recomandate de producătorul DAIKIN.

Tabel 2.

Grosimea recomandată a conductei de cupru pentru utilizarea agentului frigorific R-410A

Diametrul conductei	Grosimea recomandată a conductei pentru utilizarea agentului R-410A (mm)
φ6,4	0,8
φ9,5	0,8
φ12,7	0,8
φ15,9	0,99

Diametrul conductei	Grosimea recomandată a conductei pentru utilizarea agentului R-410A (mm)
$\phi 19,1$	0,8
$\phi 22,2$	0,8
$\phi 25,4$	0,88
$\phi 28,6$	0,99
$\phi 31,8$	1,1
$\phi 34,9$	1,21
$\phi 38,1$	1,32
$\phi 41,3$	1,43

Un aspect important îl reprezintă izolarea conductelor de agent frigorific. Astfel, producătorii recomandă izolarea atât a conductelor de agent frigorific lichid, cât și a conductelor de agent frigorific gazos. Se va utiliza o izolație din fibră de sticlă sau spumă de polietilenă rezistentă la căldură (minimum 120°C pentru conducta de agent frigorific gazos și minimum 70°C pentru conducta de agent frigorific lichid) cu o grosime de minimum 10 mm. În condițiile în care avem o umiditate crescută, mai mare de 30°C și $\phi = 80\%$, grosimea izolației va fi mai mare (cel puțin o grosime de 20 mm) astfel încât să fie evitată formarea condensului pe suprafața izolației.

Pentru o etanșeitate perfectă a sistemului de conducte va trebui utilizată o sudură "tare", utilizând electrozi de argint. Operațiunea de sudură se va realiza într-un mediu de azot. Astfel în timpul operațiunii, la interiorul conductelor va fi introdus azot, iar la locul imbinării va fi realizată sudura. Dacă nu se respectă această procedură, la interiorul conductelor vor apărea cruste de oxidare. În timpul funcționării, aceste cruste vor fi antrenate de agentul frigorific și transportate în compresoare, ventile de laminare și în alte componente ale sistemului, rezultând o funcționare necorespunzătoare și chiar distrugerea unor componente vitale ale echipamentelor.

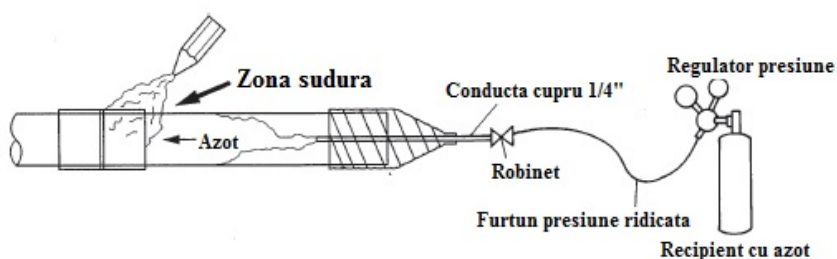


Figura 3. Sudarea conductelor de agent frigorific în mediu de azot

2.5. DIMENSIONAREA SISTEMULUI VRF

Pentru dimensionarea unui sistem VRF există două modalități distincte:

- Dimensionarea pe baza indicilor de capacitate;
- Dimensionarea utilizând programe de calcul furnizate de firmele producătoare

Înainte de realizarea selecției unui sistem VRF, indiferent de metodă, va trebui să parcurgem următorii pași:

- realizarea unui plan al incintelor (clădirii) ce se dorește a fi climatizată;
- calculul aporturilor și pierderilor de căldură pentru fiecare spațiu în parte;
- stabilirea tipului de unitate interioară pentru fiecare incintă (unitate interioară montată pe pardoseală, unitate interioară de tubulatură, unitate interioară de tip casetă, etc);
- amplasarea în plan a unităților interioare și a unităților exterioare;
- realizarea unei scheme de conexiuni pentru unitățile interioare și exterioare;
- utilizarea uneia dintre metode pentru alegerea sistemului.

3. EVOLUȚIA SISTEMELOR VRF

Majoritatea producătorilor din industria de profil s-au concentrat pe dezvoltarea echipamentelor de tip VRF având în vedere mai multe criterii, după cum urmează:

- creșterea performanței sistemelor;
- lungimi de traseu și diferențe de nivel cât mai mari;
- posibilitatea de a conecta cât mai multe unități interioare, deserving astfel mai mulți consumatori rezultând o putere frigorifică mai mare;
- mărirea domeniului de funcționare atât în regim de răcire, cât și în regim de încălzire;
- utilizarea agenților frigorifici de ultimă generație;
- reducerea cantității de fluid frigorific cu impact pozitiv asupra mediului ambiant.

Așa cum a fost menționat anterior primul sistem VRF a fost inventat de către firma DAIKIN în Japonia în anul 1982. Sistemul a fost denumit și patentat cu denumirea de VRV®. Acest sistem utilizează R22 ca fluid frigorific și reprezintă o dezvoltare a sistemului multi split la care puteau fi conectate 5 unități interioare. Primul sistem VRF permitea conectarea a 8 unități interioare la o singură unitate exterioară printr-un singur traseu frigorific.

Pe baza documentației puse la dispoziție de firma DAIKIN s-a realizat o documentare mai amănunțită a evoluției sistemelor VRF, după cum urmează:

• 1982

În acest an apare primul sistem VRV® în Japonia, DAIKIN fiind primul producător al acestui tip de echipamente

• 1987

Este anul în care sistemul VRV® apare în Europa. Astfel se lansează seria D a sistemului VRV® fiind echipată cu compresoare non-inverter. În acel moment erau

disponibile unități exterioare formate din doua sau trei module de 5 HP (approx. 14 kW capacitate de răcire) instalate pe același cadru de susținere. Sistemul permitea conectarea a trei tipuri de unități interioare permițând un control individual pe fiecare unitate în parte. Astfel, erau furnizate unități interioare conectabile la tubulatură, unități de tip casetă cu refulare pe două direcții și unități interioare carcasate montate sub plafon.



Figura 4. Modele unități exterioare VRV® Daikin seria D

- 1990

Anul 1990 este anul apariției seriei G ce utilizează compresoare cu piston controlate prin tehnologia inverter. Seria G aduce cu sine posibilitatea conectării unui număr de 8 unități interioare. Astfel, erau disponibile unități interioare conectabile la tubulatură, unități de tip casetă cu refulare pe două direcții, unități pentru montaj pe pardoseală. Referindu-ne la unitățile exterioare constatăm disponibilitate modulelor de 5, 8 și 10 HP, o capacitate de răcire de 14 la 28 kW. Totodată, cercetările efectuate în acea perioadă au dus la furnizarea armăturilor, pe partea de conductă de cupru, de tip refnet.

Seria G a adus un plus și în ceea ce privește lungimea traseului frigorific permițând 100 m lungime totală și 50 m diferență de nivel.

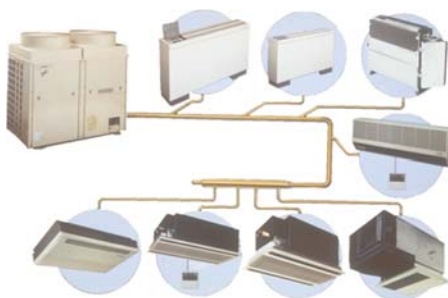


Figura 5. Modele unități exterioare și interioare Daikin seria G

- 1991

În anul 1991 apare primul sistem VRV® seria G cu recuperare de căldură permițând funcționarea simultană în regim de răcire și regim de încălzire a unităților interioare conectate la sistemul VRV®.

- 1994

Apariția seriei H, cu o capacitate maximă de răcire de 10 HP (30 kW), oferă posibilitatea de a conecta până la 16 unități interioare. Gama unităților interioare s-a

mărit prin apariția unității interioare de colț (cu refulare pe o direcție) și prin apariția unității interioare de tip casetă cu refulare pe 4 direcții.

- **1998**

Anul 1998 reprezintă momentul introducerii agentului frigorific R407C în familia sistemelor VRV® prin apariția seriei K. Agentul frigorific R22 fiind în continuare utilizat pentru sistemele VRV® disponibile. În continuare modulul maxim este cel de 10 HP cu posibilitatea de a conecta până la 16 unități interioare.

- **1999**

- Seria K-plus
- Capacitate maximă 30 HP, având posibilitatea de a conecta până la 30 de unități interioare
- Seria VRV Plus utilizand agentul frigorific R407C aduce o reducere a spatiului ocupat cu 13.7% pentru unitatile de 20 HP si cu 11.6% pentru unitatile de 30HP.

- **2000**

- Seria KA
- Posibilitatea de a conecta până la 32 de unități interioare

- **2002**

Anul 2002 dezvoltarea tehnologică permite folosirea sistemelor VRV® de până la 30 HP (84.5 kW) cu un COP mai mare de 3, toate aceste caracteristici fiind disponibile prin seria L.

- **2004**

Anul 2004 a reprezentat anul de intrare pe piața sistemelor VRV® a agentului frigorific R410A odată cu apariția sistemului VRV® II generația M. Noul sistem poate furniza o capacitate frigorifică maximă de 48HP (137 kW) cu un traseu frigorific maxim de 300 m și o diferență de nivel între unitatea exterioară și unitățile interioare de 50 m (40 m dacă unitatea exterioară este montată mai jos față de unitățile interioare).



Figura 62. Modele unități exterioare VRV® II Daikin seria M

Un aspect deosebit îl reprezintă posibilitatea conectării a 48 de unități interioare, fiind disponibile 12 tipuri de echipamente, în total 72 de modele diferite din punct de vedere constructiv sau din punctul de vedere al capacității frigorifice.

Din punctul de vedere al instalării sistemul VRV® II folosește cu până la 50% mai puțin spațiu pentru montaj. Domeniul de operare a fost extins pentru funcționarea în regim de răcire până la o temperatură exterioară de -20°C.

Pentru aplicații de capacități reduse (spații rezidențiale sau comerciale de dimensiuni mici și medii) a fost promovat sistemul Mini VRV, sistem ce permitea conectarea a 9 unități interioare pentru o capacitate de răcire maximă de 16 kW. Sistemul MiniVRV păstra lungimile de traseu permise în cazul sistemului VRV® II nou lansat.

- **2005**

Pentru a oferi o soluție de climatizare cât mai eficientă pentru clădirile înalte, în anul 2005 firma DAIKIN a lansat Sistemul VRV® răcit cu apă (VRV – WII). Astfel, unitățile de condensare (echivalent al unităților exterioare VRV) vor fi montate la interior și vor avea în construcție un schimbător de căldură agent frigorific/apă, în locul unui schimbător agent frigorific/aer. Având în vedere schimbul de căldură foarte bun între refrigerent și apă sistemul prezintă eficiențe deosebite ajungând la valori ale COP de până la 8 pentru încălzire parțială.

- **2006**

Anul 2006 este un an revoluționar pentru istoria sistemelor VRV®. Astfel, DAIKIN a lansat generația a treia pentru sistemele VRV®, fiind astfel disponibilă seria VRV® III-P. Dezvoltarea a fost atât la nivelul unităților exterioare cât și la nivelul gamei de unități interioare.

Referindu-ne la unitatea exterioară putem discuta de module independente cu o capacitate de 18HP (50 kW) și combinații de mai multe module ajungând la o capacitate de 54 HP (150 kW). Analizând modificările unităților exterioare ne oprim pentru început la compresor.

Astfel, sunt folosite compresoare scroll de tip G, din generația a doua. Într-un modul independent vom avea până la trei compresoare din care unul este controlat prin inverter, iar celelalte două sunt compresoare standard ON/OFF. În acest mod pentru un sistem de 54 HP (format din 3 module de 18HP) vom avea 9 compresoare, din care trei sunt controlate prin inverter. În acest mod vom avea pentru o unitate de 18 HP 55 de pași de control al capacității.



Figura 7. Modele unități exterioare și compresor sistem VRV® III Daikin seria P

Dacă ne referim la unitățile interioare vom putea conecta la sistemul VRV III, 13 tipuri de unități interioare cu capacități de la 2 la 25 kW, realizând astfel un total de 72 de modele de unități interioare.

Un alt pas deosebit în dezvoltarea sistemului îl reprezintă lungimile de traseu frigorific, astfel lungimea traseului de la unitatea exterioară până la cea mai îndepărtată unitate interioară este de 165 m. Totodată, diferența de nivel admisă între unitatea exterioară și unitățile interioare este de 90 m, indiferent dacă unitatea exterioară este poziționată mai sus sau mai jos față de unitățile interioare. Astfel, pentru sistemul VRV® III este disponibil un traseu total de conducte de 1000 m.

O altă caracteristică a sistemului o reprezintă posibilitatea încărcării automate cu agent frigorific, printr-un calcul al cantității necesare de agent.

• 2012

DAIKIN lansează sistemul VRV® generația a IV-a cu caracteristici ce au revoluționat piața sistemelor VRV®. Din punctul de vedere al lungimilor de traseu frigorific și al diferențelor de nivel echipamentele au păstrat caracteristicile sistemului VRV® III.

Printre inovațiile aduse enumerăm următoarele:

- controlul automat al temperaturii de vaporizare a agentului frigorific în funcție de temperatura exterioară;
- funcționarea în regim de încălzire (pompă de căldură) fără întreruperi datorate procesului de deghețare a unității exterioare;
- schimbătorul de căldură din unitatea exterioară are o construcție specială cu 4 fețe de transfer de căldură;
- răcirea plăcii electronice de comandă utilizând agent frigorific, ce duce la o fiabilitate crescută a echipamentelor.
- modificări constructive asupra compresoarelor și asupra ventilatoarelor unității exterioare.

Schimbătorul de căldură montat în unitatea exterioară are o construcție specială cu fețe prin care se realizează schimbul de căldură. Pentru a intensifica transferul termic, producătorul a micșorat diametrul conductelor de la 8 mm la 7 mm, a micșorat totodată și pasul aripioarelor realizându-se un schimbător de căldură cu 3 rânduri de țevi montat în unitatea exterioară astfel încât să existe 4 fețe de schimb de căldură.



Figura 24. Unitate exterioară sistem VRV® seria IV

Controlul automat al temperaturii de vaporizare a agentului frigorigic în funcție de temperatura exterioară duce la o creștere a eficienței echipamentului, datorate reducerii consumului în momentul în care echipamentul funcționează la temperaturi de vaporizare mai ridicate. În mod uzual sistemele VRV® III funcționează la o temperatură de vaporizare de 6°C indiferent de cerința de funcționare a sistemului și de temperatura exterioară. În momentul în care temperatura exterioară scade (pe timp de vară) și cerința de răcire a spațiilor scade atunci sistemul își modulează capacitatea reducând turația compresoarelor inverter. La cerințe foarte reduse compresoarele inverter nu mai au eficiență bună, având o funcționare similară compresoarelor on/off. Pentru a mari eficiența sistemelor DAIKIN a propus modificarea temperaturii de vaporizare a agentului frigorigic în funcție de temperatura exterioară și de cerința de răcire din spațiile climatizate. Din datele puse la dispoziție de producător creșterea eficienței este de 28%.

3.1. COMPARAȚIE ȘI EVOLUȚIE SISTEME VRV®

Utilizând datele tehnice ale diverselor generații de sisteme VRV DAIKIN vom analiza în cel ce urmează caracteristicile tehnice pentru echipamente ce utilizează agent frigorigic R22, R407C, R410A.

Tabel 3

Analiză comparativă sisteme unități exterioare VRV® – 28 kw capacitate de răcire

		RSXY10KA	RSXP10K	RSXP10L	RXYQ10M	RXYQ10P	RYQ10T
Agent frigorigic		R22	R407C	R407C	R410A	R410A	R410A
Capacitate de racire	kW	28,00	28	28	28	28	28
Capacitate de incalzire	kW	31,50	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
Putere absorbita (racire)	kW	11,80	11,8	9,03	9	7,42	7,29
Putere absorbita (incalzire)	kW	10,50	11	10,16	9,31	7,7	7,38
COP-IF		2,37	2,37	3,10	3,11	3,77	3,84
COP-PC		3,00	2,86	3,10	3,38	4,09	4,27
Greutate		250	248	257	230	240	268
Dimensiuni	H (mm)	1440	1440	1440	1600	1855	1685
	L (mm)	1280	1280	1280	930	930	930
	I (mm)	690	690	690	765	765	765
Compresor		Scroll inverter	Scroll inverter	Scroll inverter	Scroll inverter	Scroll inverter	Scroll inverter
Cantitate agent frigorigic	kg	13,50	11,2	9,6	9,6	8,4	6
Lungime traseu UE-UI	m	100,00			150	165	
Diferenta de nivel	m	50,00			50	90	

Din tabelul nr. 3 se observă evoluția echipamentelor atât prin îmbunătățirea tehnologiei cât și prin schimbarea tipului de agent frigorigic. În graficele de mai jos vom prezenta scăderea consumului de energie electrică și implicit creșterea eficienței echipamentului. Totodată, observăm o creștere a lungimii traseului frigorigic pentru unitățile ce utilizează agent frigorigic R410A și o reducere a amprentei la sol a echipamentelor.

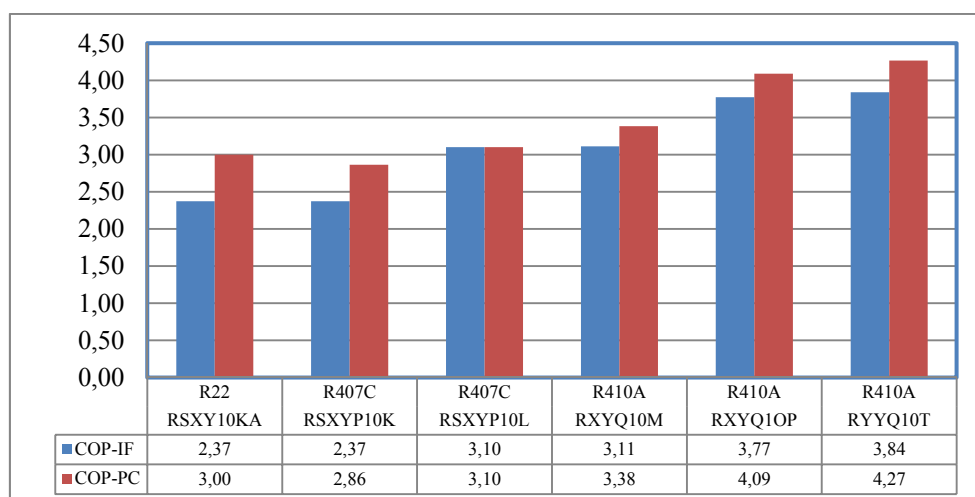


Figura 8-Comparație EER/COP pentru unități exterioare de 28 kw (capacitate de răcire)

În figura 25 este prezentată o comparație între mai multe sisteme VRV® utilizând agent frigorific R22, R407C, R410A. S-au considerat pentru aceasta comparație sisteme de 10 HP, adică 28 kW capacitate de răcire. Pe partea de sisteme utilizând agentul R410A au fost comparate sistemele VRVII (seria M), VRV III (seria P) și VRV IV (seria T). Din grafic se observă o creștere a valorii coeficientului de performanță pentru funcționarea în regim de răcire, COP-IF, cu 62% în cazul sistemului VRV®IV comparativ cu sistemul utilizând agent frigorific R22. Totodată, pentru același tip de echipament, pentru funcționarea în regim de încălzire se observă ca COP-PC a crescut cu 42%. În figura 33 este prezentată comparativ cantitatea de agent frigorific cu care sunt încărcate unitățile exterioare de tip VRV® analizate. Astfel, se poate observa o scădere continuă a cantității necesare de agent frigorific, observându-se preocuparea producătorilor față de mediul înconjurător.

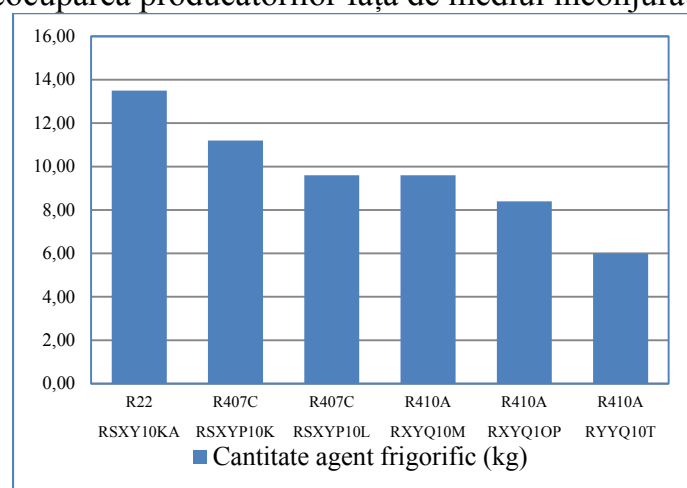


Figura 26. Comparație cantitate agent frigorific unitate exterioara 28 kw (capacitate de răcire)

Tabel 4

Analiză comparativă sisteme unități exterioare VRV® – 45 kw capacitate de răcire

		RXY16K	RSXYP16KJY	RXYQ16M	RXYQ16P	RYYQ16T
Agent frigorific		R22	R407C	R410A	R410A	R410A
Capacitate de racire	kW	43,80	43,8	44,5	45	45
Capacitate de incalzire	kW	43,80	43,8	50	50	50
Putere absorbita (racire)	kW	16,50	15,7	15,6	14,2	13
Putere absorbita (incalzire)	kW	13,50	14,2	14	12,9	12,8
COP-IF		2,65	2,79	2,85	3,17	3,46
COP-PC		3,24	3,08	3,57	3,88	3,91
Greutate		440	455	325	316	364
Dimensiuni	H (mm)	1220	1440	1600	1855	1685
	L (mm)	2600	2600	1240	1365	1240
	I (mm)	690	690	765	860	765
Cantitate agent frigorific	kg	18,10	15,5	14,4	11,5	10,4
Nr. Module		2	2	1	1	1
Denumire module		RXY8K7+RNY8K7				
Compressoare inverter		1	1	1	1	2
Compressoare ON/OFF		1	1	2	2	

Ca și în comparația anterioară din tabelul nr. 4 se observă evoluția echipamentelor odată cu avansul tehnologic și cu utilizarea noilor fluide frigorifice. În graficele de mai jos vom analiza creșterea eficienței sistemelor prin scăderea consumului de energie electrică.

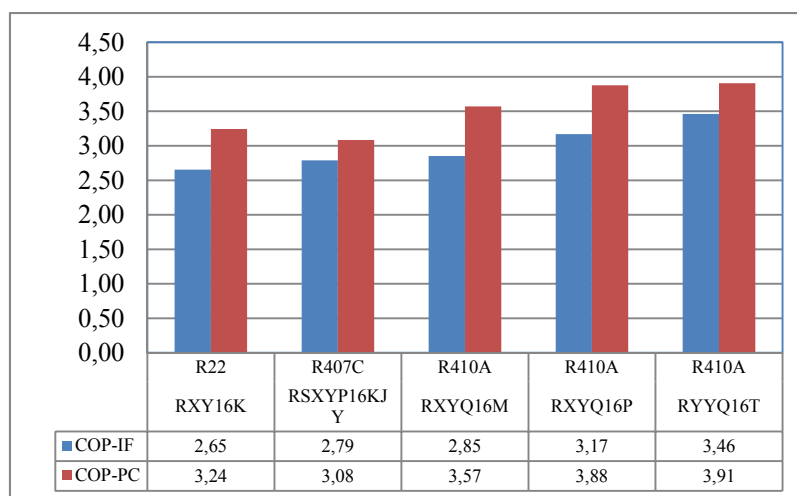


Figura 27- Comparație coeficienti pentru unități exterioare de 45 kw (capacitate de răcire)

În figura 27 este prezentată o comparație între mai multe sisteme VRV® utilizând agent frigorific R22, R407C, R410A. cu o capacitate de răcire de 16 HP, adică 45 kW. Pe partea de sisteme utilizând agentul R410A au fost comparate sistemele VRV (seria M), VRV III (seria P) și VRV IV (seria T). Din grafic se observă o creștere a COP-IF cu 30% în cazul sistemului VRV IV comparativ cu sistemul utilizând agent frigorific R22. Totodată, COP-PC a crescut cu 20%, pentru funcționarea în regim de încălzire. Și în figura 28 se observă aceeași tendință de diminuare a cantității de agent frigorific din unităților exterioare VRV®, și pentru capacități mai mari, odată cu evoluția tehnologică a echipamentelor și schimbarea tipului de fluid frigorific.

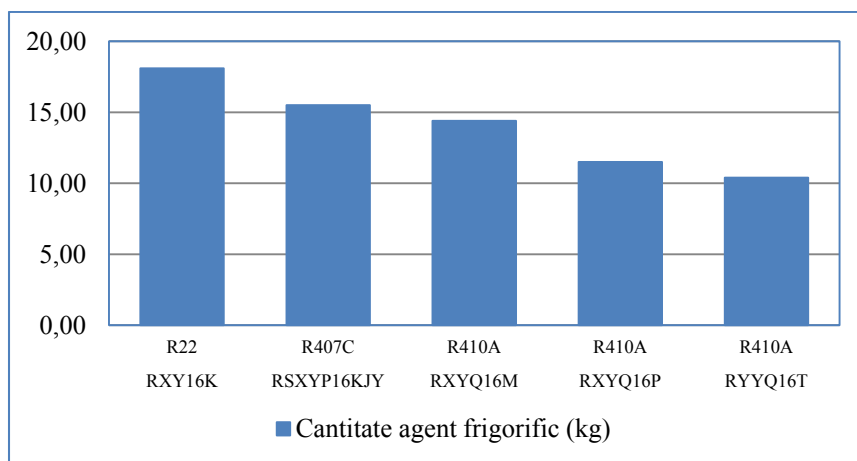


Figura 28 - Comparație cantitate agent frigorific unitate exterioara 45 kw (capacitate de răcire)

4. CONCLUZII

Având în vedere cele de mai sus, se observă concentrarea sistematică a producătorilor sistemelor VRF asupra dezvoltării de echipamente cât mai performante, utilizând tehnologii avansate (compresoare inverter, schimbătoare de căldură optimizate, soluții inovatoare pentru procesele de subrăcire) ce duc la scăderea consumului energetic.

Totodată, analizând evoluția echipamentelor se observă permanenta preocupare a producătorilor asupra protecției mediului, atât prin reducerea consumului energetic cât și prin utilizarea agenților frigorifici ecologici de ultimă generație.

5. BIBLIOGRAFIE

- [1] G. Duta, Manualul de Instalații - Instalații de ventilare și climatizare, București: Editura ARTECNO, 2002.
- [2] D. Hera, Instalații Frigorifice, volumul I, Agenți Frigorifici, București: Editura Matrix Rom, 2004.
- [3] D. Hera și A. Girip, Instalații frigorifice, volumul II, Scheme și Cicluri Frigorifice, București: Editura Matrix Rom, 2007.
- [4] DAIKIN, Service Manual; Air Conditioning and Refrigeration Equipment - SIE-14C.
- [5] D. Hera, Instalații frigorifice - volumul III - Echipamente Frigorifice, București: Editura Matrix Rom, 2009.
- [6] DAIKIN, HFC Refrigerants - EGHB-3b, 2004.
- [7] DAIKIN, Service Manual; VRV III-S; RXYSQ4.5.6P7Y1B; R410A; Heat Pump 50 Hz - SiBE34-703.
- [8] DAIKIN, Service Manual; VRV II- Basic Training Manual; SiE30-408, 2004.
- [9] DAIKIN, Technical Data - VRV Systems- RSEY, VRV Heat recovery series using R-22, 2001.
- [10] DAIKIN, Technical Data - VRV Systems- RSY(Y), VRV Inverter series using R-22, 2001.
- [11] DAIKIN, Technical Data - VRV Systems- RSXYP, VRV Plus series using R-407C, 2001.
- [12] DAIKIN, Technical Data - VRV Systems- RXY/REY, VRV Plus series using R-22, 2001.
- [13] DAIKIN, Air Conditioning Technical Data 5MXM-M; EEDEN-XXX-04/16, 2016.

- [14] DAIKIN, Technical Data - Concealed ceiling unit FXSQ-M8V3B; EEDE06-2; 06/2006, 2006.
- [15] S. W. Ph.D și A. Majundar, Digital Scroll Technology; Copeland Corporation, 2011.
- [16] S. A. Conditioning, Sinclair Commercial Air Conditioners - Digital Scroll Systems, www.sinclair-eu.com, 2010.
- [17] DAIKIN, Technical Data - 600x600 4-Way Blow Ceiling Mounted Cassette FXZQ-M8V1B; EEDE06-2; 03/2006, 2006.
- [18] DAIKIN, Air Conditioning Technical Data; VRV IV Heat Pump; EEDEN13-200_1, 2013.
- [19] DAIKIN, Service Manual - VRV III-S- RXYSQ4.5.6P7Y1B; R410A- Heat Pump 50 Hz; SiBE34-703; 06/2007, 2007.

Curgerea neizoterma in regim nestationar a unui lichid printr-o conducta aflata in mediul exterior

Non-isothermal non-isothermal flow of a liquid through a conduit in the external environment

prof. dr. ing. Florin Iordache – UTCB-FII

Rezumat

In lucrare se prezinta relatiile concrete utile la evaluarea pierderilor de caldura ale agentilor termici care circula prin conductele de transport sau de distributie ai agentilor termici din retelele urbane de alimentare cu caldura. Relatiile prezentate se refera la tratarea regimului termic nestationar de curgere, important in special in cazul retelelor de transport. Datorita volumului relativ mare al acestor retele in raport cu debitele de agent termic, apar defazari si amortizari importante ale undelor termice intre capetele aval si amonte ale acestora. Importanta se refera la ceea ce priveste reglajul termic centralizat si desigur si la economia de energie.

Abstract

The paper presents specific relationships useful in assessing heat loss of the water that circulates through the pipes of transport or distribution of heat in urban heat supply networks. Relations presented, refers to the unsteady regime of heatflow, particularly important in the case of transport networks. Due to relatively large volume of these networks in relation to the flow of heat and amortization and phase differences appear significant heat wave between upstream and downstream ends of networks. Important concerns regarding control and centralized heat and energy saving of course.

1. Introducere

Problema tratarii in regim nestationar a curgerii neizoterme a unui fluid printr-o conducta este o problema intalnita in general in multe din cartile de transfer de caldura sau de inginerie termica, referitoare la transportul agentului termic in cadrul sistemelor de alimentare centralizata cu caldura a cladirilor din mediul urban.

In lucrarea de fata nu dorin sa reluam descrierea teoretica a acestei probleme, ci doar sa trecem in revista in mod practic relatiile de baza care permit studiul comportamentului dinamic al campului de temperaturi aferent agentului termic transportat printr-o conducta izolata aflata in mediul exterior.

2. Descrierea cadrului general al acestei probleme si a modului de rezolvare

Agentul termic vizat in mod practic in lucrarea de fata este agentul termic care circula in retelele primare (de transport) ale sistemului de termoficare, retele care se

caracterizeaza prin volume de lichid in general mari si debite transportate mai scazute in general, decat pe reseaua secundata (de distributie). In astfel de situatii este de inteles ca se manifesta efectul de inertie termica a retelei, efect caracterizat de defazarea si amortizarea undelor termice care apar in aceste retele in situatiile reglajului termic calitativ centralizat.

Ipoteza principala de lucru in acest caz este aceea ca temperatura agentului termic care circula prin conducta se considera uniforma pe sectiune, variatia fiind doar in lungul conductei si bineinteles in timp. Altfel spus temperatura agentului termic este o functie de 2 variabile $\theta(x, \tau)$.

Caracteristicile constructiv-functionale ale acestei probleme sunt :

- Raza interioara a conductei, r_i (m);
 - Grosimea peretelui conductei, g_t (m);
 - Grosimea stratului de izolatie, g_{iz} (m);
 - Lungimea conductei, l (m);
 - Viteza agentului termic, w (m/s);
 - Temperatura exterioara, t_e (°C);
 - Temperatura agentului termic vehiculat prin conducta, t (°C);
 - Conductivitatea termica a peretelui conductei, λ_t (W/m.K);
 - Conductivitatea termica a cochiliei de izolatie, λ_{iz} (W/m.K);
 - Coeficientul de transfer termic convectiv de la fluid la suprafata interioara a conductei, α_i (W/m².K);
 - Coeficientul de transfer termic superficial la suprafata izolatiei, α_e (W/m².K);
- Astfel relatiile practice de lucru sunt :
- a. Rezistenta termica liniara a peretelui conductei se stabileste cu :

$$R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_i \cdot \alpha_i} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_t} \cdot \ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right) + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{r_{iz}}{r_e}\right) + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{iz} \cdot \alpha_e} \quad (1)$$

- b. Temperatura agentului termic in lungul conductei se stabileste cu :

$$t(x, \tau) = t_e + \left[t\left(0, \tau - \frac{x}{w}\right) - t_e \right] \cdot \exp\left(-\frac{x/w}{C_T}\right) \quad (2)$$

- c. Temperatura agentului termic la capatul conductei ($x = l$) :

$$t(l, \tau) = t_e + \left[t\left(0, \tau - \frac{l}{w}\right) - t_e \right] \cdot \exp\left(-\frac{l/w}{C_T}\right) \quad (3)$$

sau :

Curgerea neizoterma in regim nestationar a unui lichid printr-o conducta aflata in mediul exterior

$$t_l(\tau) = t_e + \left[t_0 \left(\tau - \frac{l}{w} \right) - t_e \right] \cdot E$$

sau

$$t_l(\tau) = t_e + \left[t_0 (\tau - \tau_D) - t_e \right] \cdot E$$

unde E este modulul termic al conductei si se stabileste cu :

$$E = \exp\left(-\frac{\tau_D}{C_T}\right) = \exp\left(-\frac{l}{C_S}\right) = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{l}{R \cdot G}\right) \quad (5)$$

$$G = w \cdot \pi \cdot r_i^2 \text{ – debitul de agent termic, m}^3/\text{s}$$

d. Constanta de timp CT are expresia :

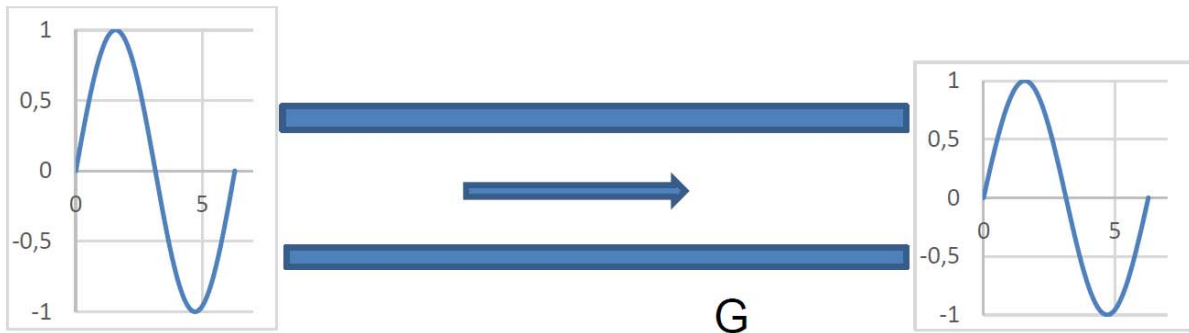
$$C_T = \frac{V \cdot \rho \cdot c}{l/R} = s_i \cdot R \cdot \rho \cdot c = s_i \cdot R \cdot \rho \cdot c = \pi \cdot r_i^2 \cdot R \cdot \rho \cdot c \quad (6)$$

e. Constanta de spatiu CS are expresia :

$$C_S = w \cdot C_T = w \cdot \pi \cdot r_i^2 \cdot R \cdot \rho \cdot c \quad (7)$$

f. Temperatura agentului termic la intrarea in conducta se va considera ca fiind o oscilatie armonica sinusoidala :

$$t_0 = t_{0m} + A_0 \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{\tau}{T}\right) \quad (8)$$



g. Expresia temperaturii agentului termic la iesirea din tronsonul de conducta:

$$t_l = t_{lm} + A_l \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{\tau - \tau_D}{T}\right) \quad (9)$$

unde :

h. Defazarea unei de temperatura are expresia :

$$\tau_D = l/w \quad (10)$$

i. Valoarea medie a temperaturii agentului termic la iesire :

$$\begin{aligned} t_{lm} &= E \cdot t_{0m} + (1 - E) \cdot t_e \\ \frac{t_{lm} - t_e}{t_{0m} - t_e} &= E \end{aligned} \quad (11)$$

j. Amplitudinea temperaturii agentului termic la iesirea din tronsonul de conducta are expresia :

$$A_l = E \cdot A_0 \quad (12)$$

In continuare ne vom referi la o retea arborescenta bifilara si vom considera din ea arborele corespunzator traseelor de ducere a agentului termic catre punctele termice. Acest arbore este compus din mai multe trasee care leaga plecarea de la sursa a agentului termic catre fiecare din punctele termice alimentate. Se va considera in continuare unul oarecare dintre aceste trasee. El este format din tronsoane de conducte legate in serie de la sursa catre consumatorul respectiv. Se doreste a se stabili care sunt expresiile ultimilor 3 parametrii mentionati mai sus pentru un tronson de conducta prin relatiile (10), (11) si (12). Dat fiind inserierea tronsoanelor de conducta din cadxrul traseului rezulta destul de usor ca :

k. Defazarea unei de temperatura are expresia :

$$\tau_D = \tau_{D1} + \tau_{D1} + \dots + \tau_{Dn} = \frac{l_1}{w_1} + \frac{l_2}{w_2} + \dots + \frac{l_n}{w_n} \quad (13)$$

l. Valoarea medie a oscilatiei temperaturii agentului termic la consumator :

$$\frac{t_{1m} - t_e}{t_{0m} - t_e} \cdot \frac{t_{2m} - t_e}{t_{1m} - t_e} \cdot \dots \cdot \frac{t_{n,m} - t_e}{t_{n-1,m} - t_e} = \frac{t_{n,m} - t_e}{t_{0m} - t_e} = E_1 \cdot E_2 \cdot \dots \cdot E_n = E_T \quad (14)$$

m. Amplitudinea temperaturii agentului termic la iesirea din tronsonul de conducta are expresia :

$$\frac{A_l}{A_0} \cdot \frac{A_2}{A_1} \cdot \dots \cdot \frac{A_n}{A_{n-1}} = \frac{A_n}{A_0} = E_1 \cdot E_2 \cdot \dots \cdot E_n = E_T \quad (15)$$

Curgerea neizoterma in regim nestationar a unui lichid printr-o conducta aflata in mediul exterior

In acest fel se poate stabili pentru fiecare traseu in parte momentul in care ajunge unda termica la consumatorul respectiv (defazarea), valoarea medie a oscilatiei temperaturii agentului termic si gradul de amortizare al undei termice.

3. Cateva rezultate practice

Cazul practic tratat s-a referit la situatia concreta caracterizata de urmatoarele valori ale parametrilor :

- $r_i = 0,15$ (m);
- $g_t = 0,005$ (m);
- $g_{iz} = 0,01; 0,05; 0,09$ (m);
- $\lambda_t = 50$ (W/m.K);
- $\lambda_{iz} = 0,04$ (W/m.K);
- $\alpha_i = 500$ (W/m².K);
- $\alpha_e = 20$ (W/m².K);
- $t_e = -10$ (°C);
- $w = 0.1$ (m/s);
- $l = 1200$ (m);
- $A\theta = 30$ (°C);
- $T = 4*60$ (min);
- $t_{0m} = 60$ (°C);

Consideram ca prezinta interes analiza a 2 parametrii mai importanti si anume:

- constanta de timp caracteristica, CT, (sau constanta de spatiu, CS);
- gradul de izolare termica al tronsonului de conducta, R;

Primul parametru vizeaza practic viteza de circulatie a agentului termic, iar al doilea, grosimea izolatiei termice a conductei. In cele ce urmeaza se vor prezenta doar cateva rezultate in ceea ce priveste consecintele modificarii grosimii izolatiei termice a conductei.

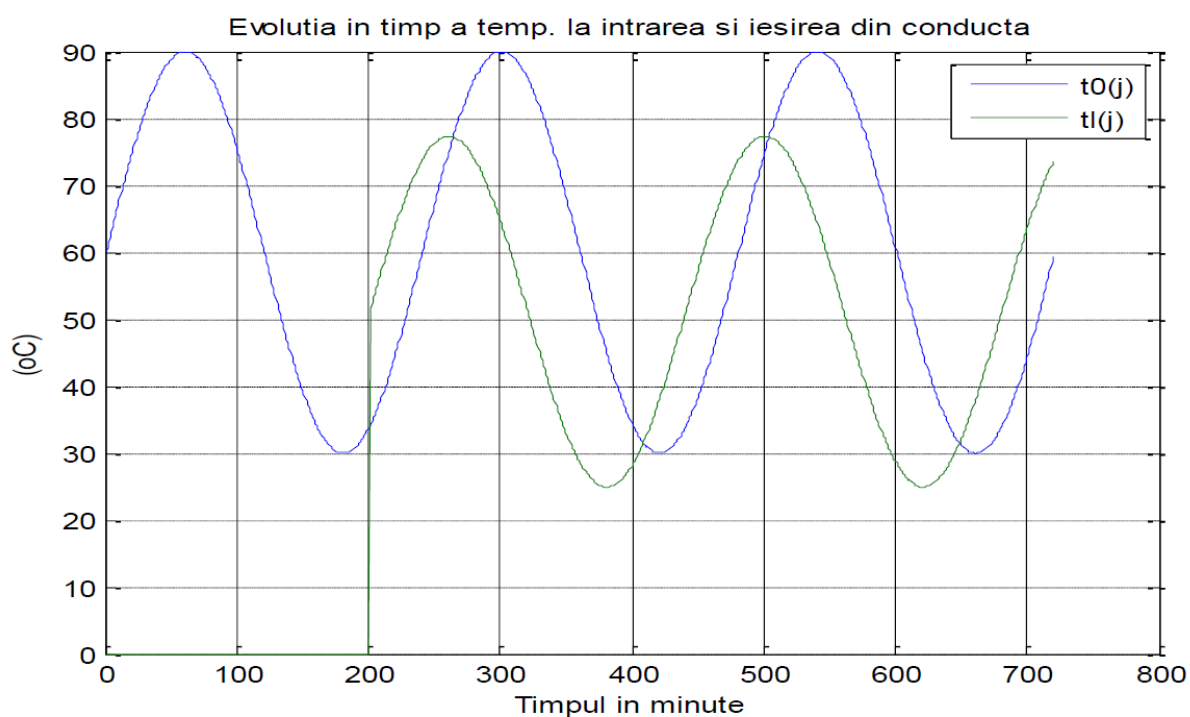


Fig. 1

$$w = 0.1 * 60 \text{ m/min}, g_{iz} = 0.01 \text{ m}, l = 1200 \text{ m}$$

$$\tau_D = 200 \text{ min}, A_l = 26,20 \text{ }^{\circ}\text{C}, t_{lm} = 51,13 \text{ }^{\circ}\text{C}, E = 0,873$$

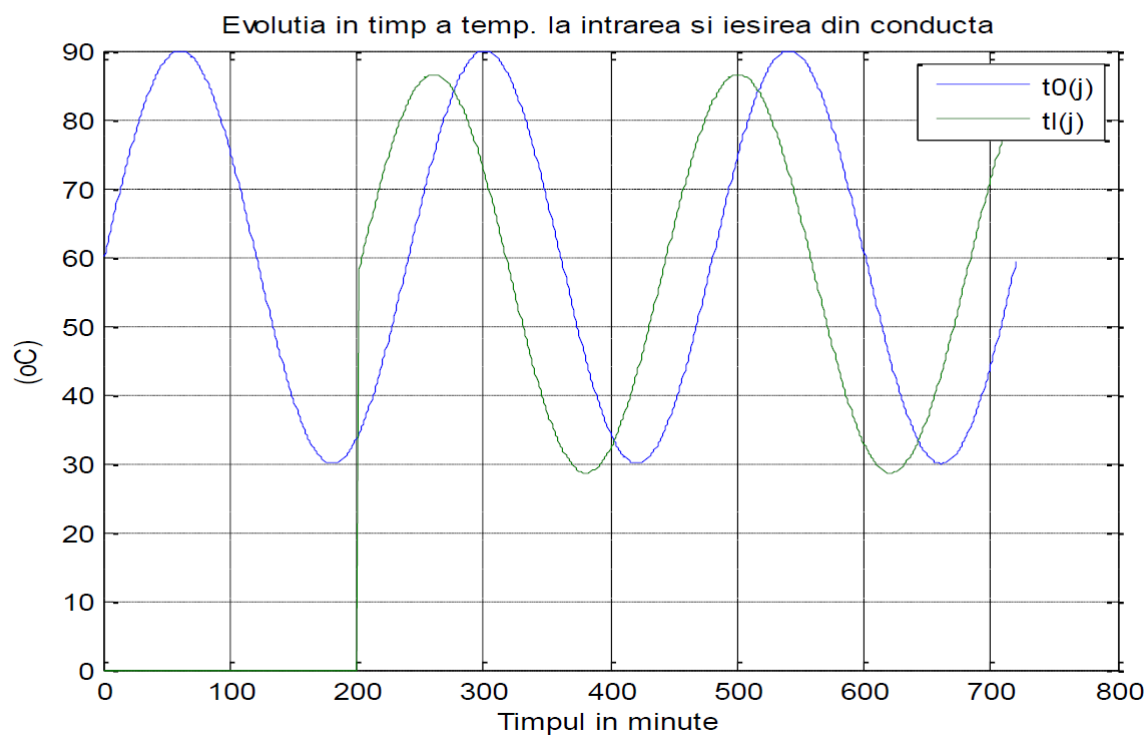


Fig. 2

Curgerea neizoterma in regim nestationar a unui lichid printr-o conducta aflata in mediul exterior

$$w = 0.1 * 60 \text{ m/min}, g_{iz} = 0.05 \text{ m}, l = 1200 \text{ m}$$

$$\tau_D = 200 \text{ min}, A_l = 28,96 \text{ }^{\circ}\text{C}, t_{lm} = 57,58 \text{ }^{\circ}\text{C}, E = 0,966$$

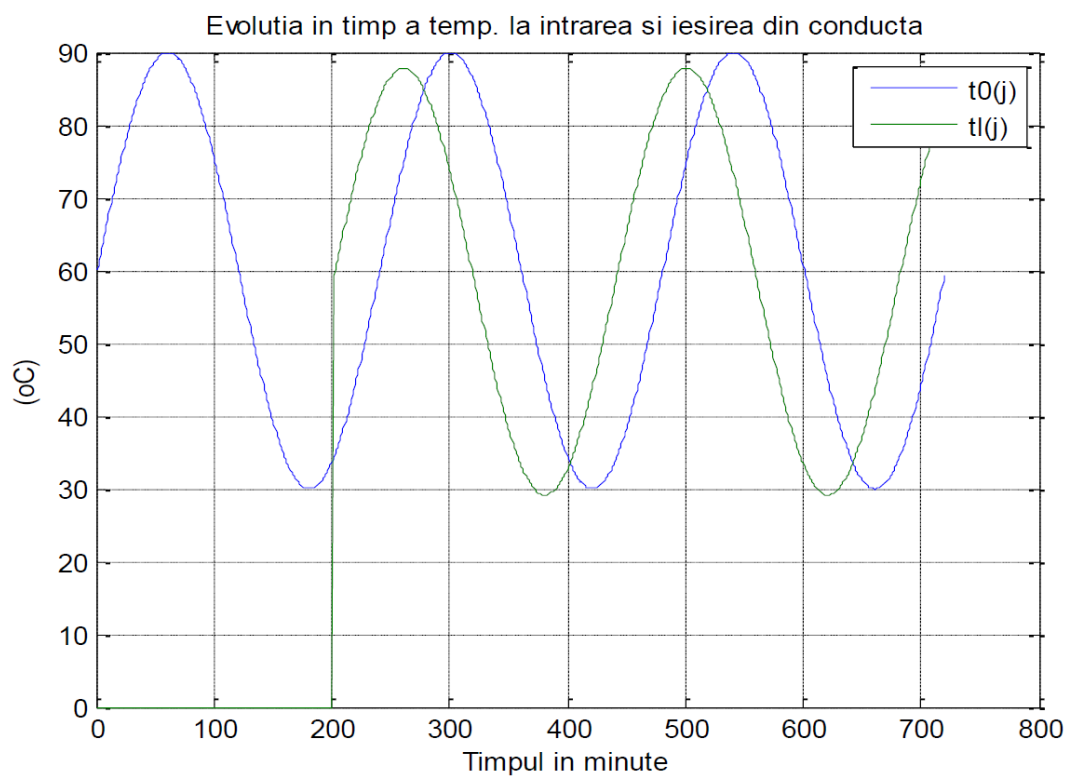


Fig. 3

$$w = 0.1 * 60 \text{ m/min}, g_{iz} = 0.09 \text{ m}, l = 1200 \text{ m}$$

$$\tau_D = 200 \text{ min}, A_l = 29,35 \text{ }^{\circ}\text{C}, t_{lm} = 58,49 \text{ }^{\circ}\text{C}, E = 0,978$$

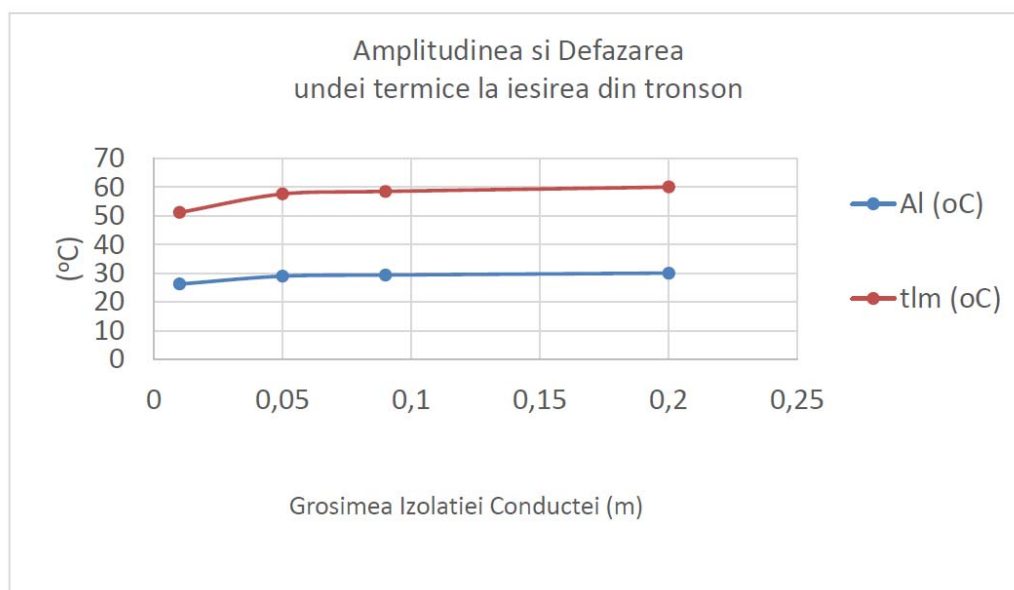


Fig. 4

Se remarca faptul ca sunt 3 parametrii importanti care definesc functia de temperatura a agentului termic la iesirea din tronsonul de conducta :

- defazarea fata de unda de temperatura la intrarea in tronsonul de conducta
 - τ_D – care este dependent direct de viteza de curgere a agentului termic prin conducta;
 - valoarea medie a oscilatiei temperaturii agentului termic la iesirea din tronsonul de conducta – ***tlm*** – care depinde de modulul termic al conductei - ***E*** si de temperatura exterioara ***te***;
 - amplitudinea oscilatiei de temperatura la iesirea din tronsonul de conducta – ***Al*** – care depinde modulul termic al conductei ***E*** conform relatiei (12).
- Modulul termic al conductei, ***E***, reprezinta in cazul de fata si factorul de amortizare al unei termice.

4. Concluzii

Asa cum s-a mentionat parametrii importanti care au consecinte asupra comportamentului dinamic al conductelor de transport pentru agentii termici sunt constanta de timp caracteristica (sau constanta de spatiu) si gradul de izolare termica.

Constanta de timp CT (s) reprezinta raportul dintre capacitatea termica a volumului de lichid din conducta si capacitate de transport a conductei. Cu cat acest raport este mai mare cu atat amplitudinea si valoarea medie a oscilatiei temperaturii agentului termic la iesirea din tronsonul de conducta sunt diferite fata de amplitudinea si valoarea medie a oscilatiei temperaturii agentului termic la intrarea in tronsonul de conducta.

Gradul de izolare termica al conductei este reprezentat de valoarea rezistentei termice liniare R (m.K/W). Cu cat gradul de izolare termica al conductei este mai mic cu atat amplitudinea si valoarea medie a oscilatiei temperaturii agentului termic la iesirea din tronsonul de conducta sunt diferite fata de amplitudinea si valoarea medie a oscilatiei temperaturii agentului termic la intrarea in tronsonul de conducta.

Viteza de circulatie a agentului termic prin conducta, ***w***, si modulul termic ***E*** al conductei sunt 2 parametrii care definesc practic comportamentul termic dinamic al transportului agentului termic prin conducta.

Relatiile prezentate pot fi usor implementate in cadrul unor instrumente automate de calcul pentru obtinerea de rezultate concrete utile in diverse tipuri de aplicatii.

Lista de Notatii

- r_i – raza interioara a tronsonului de conducta, m;
 s_i – suprafata sectiunii interioare a conductei, m^2 ;
 g_t – grosimea peretelui conductei, m;
 r_e – raza exterioara a tronsonului de conducta, m;
 r_{iz} – raza suprafetei exterioare a stratului de izolatatie termica, m;
 g_{iz} – grosimea izolatiei, m;
 x – spatiul curent in lungul conductei, m;
 l – lungimea tronsonului de conducta, m;
 w – viteza agentului termic in conducta, m/s;
 τ – timpul curent, s;
 T – perioada oscilatiei armonice a temperaturii agentului termic, s;
 CT – constanta de timp a tronsonului de conducta, s;
 CS – constanta de spatiu a tronsonului de conducta, m;
 V – volumul interior al tronsonului sde conducta, m^3 ;
 R – rezistenta termica liniara a tronsonului de conducta, m.K/W;
 ρ – densitatea agentului termic, kg/m^3 ;
 c – caldura specifica masica a agentului termic, J/kg.K;
 t_0 – temperatura agentului termic la intrarea in tronsonul de conducta, $^{\circ}C$;
 t_{0m} – media oscilatiei temperaturii agentului termic la intrarea in tronsonul de conducta, $^{\circ}C$;
 τ_D – defazarea undei termice la iesirea din tronson fata de unda termica la intrarea in tronson, s;
 A_0 – amplitudinea oscilatiei temperaturii agentului termic la intrarea in tronsonul de conducta, $^{\circ}C$;
 t_{lm} – media oscilatiei temperaturii agentului termic la iesirea din tronsonul de conducta, $^{\circ}C$;
 A_l – amplitudinea oscilatiei temperaturii agentului termic la iesirea din tronsonul de conducta, $^{\circ}C$;

Bibliografie

1. Florin Iordache, Florin Baltaretu - *Modelarea si simularea proceselor dinamice de transfer termic* – ed. Matrix Rom, Bucuresti, 2002;
2. Florin Iordache – *Energetica echipamentelor si sistemelor termice din instalatii* – ed. Conspress, Bucuresti, 2010;
3. CHIRIAC, F., LECA, A., POP, M., BADEA, A., LUCA, L., ANTONESCU, N., PERETZ, D., *Procese de transfer de căldură și de masă în instalațiile industriale*, Editura Tehnică, 1982.
4. INCROPERA, F.P., WITT, F.P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley&Sons, 1985.
5. Yunus A. Cengel, AfshinJ. Ghajar – *Heat and Mass Transfer (Fundamentals and Applications)* – Mc Graw Hill, New York, 2015;

Sisteme de încălzire prin pardoseală radiantă

Radiant floor heating systems

Gheorghe-Constantin Ionescu¹

¹Universitatea din Oradea

Str. Universității nr. 1 – Oradea

E-mail: gheionescu@gmail.com

Rezumat

Sistemul de încălzire cu ajutorul pardoselilor radiante de căldură este un factor de utilizare tot mai mare pentru încălzirea unor spații mari, cum ar fi săli de expoziție, săli de așteptare și săli de sport, săli de producție mari din fabrici și, nu în ultimul rând, locuințe.

Abstract

The heating system by means of heat radiant flooring bolsters an ever increasing usage factor for heating large areas such as exhibition halls, waiting halls and rooms, sport halls, the large production halls within factories and last, but not least, living quarters.

Sisteme de încălzire prin pardoseală, utilizând ca agent termic apa

Avantajele principale ale sistemului constau în [2]:

- sistemele de încălzire prin pardoseală lucrează la temperaturi mult mai scăzute ca cele cu radiatoare. Agentul termic care circulă prin conducte, armături și echipamente are o temperatură de până la 35-40°C, ceea ce duce la creșterea fiabilității sistemului și a siguranței funcționării acestuia;
- confort termic mult îmbunătățit;
- reducerea curenților convectivi în interiorul spațiului de locuit;
- datorită inerției termice mari, există variații nesemnificative ale temperaturilor din spațiul de locuit, aprox. 1°C.

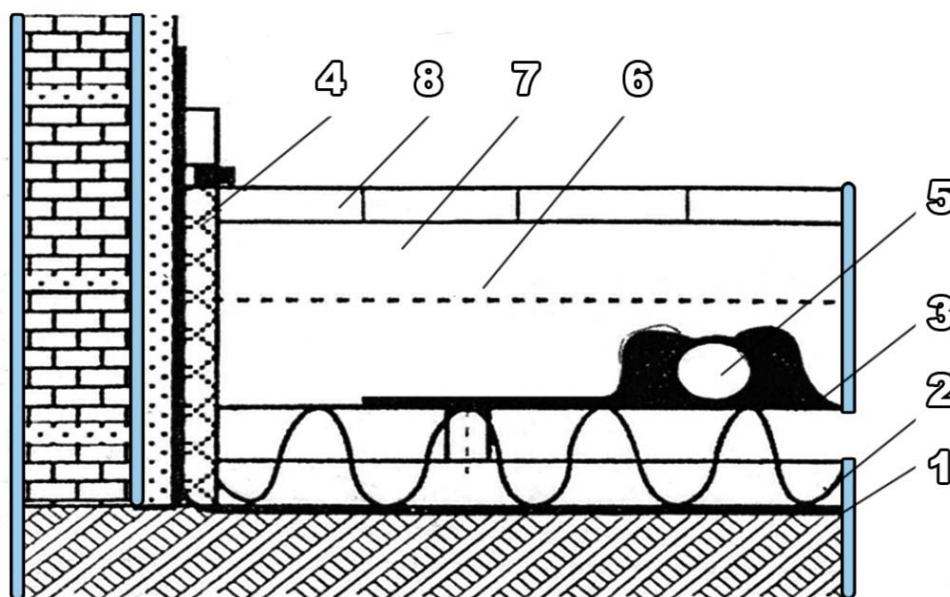


Figura 1. Structura pardoselii radiante - elementele componente în ordinea montării

- 1 – folie de polietilenă; 2 – termoizolație, 3 – placă profilată (suport pentru tubulatură);
4 – bandă din polietilenă pentru preluarea dilatării; 5 – tubulatură TC;
6 – plasă de armare $\varnothing 2\text{ mm}$; 7 - șapă de egalizare;
8 – pardoseală finită: marmură, gresie, mochetă, linoleum.



Figura 2. Tehnologia de montare a tubulaturii pe placa profilată

Sursa:

<https://www.google.ro/search?q=incalzire+prin+pardoseala&biw=1920&bih=911&site=webhp&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=5j38VKKKC4qpOvPPgaAC&ved=0CDsQsAQ&dpr=1>

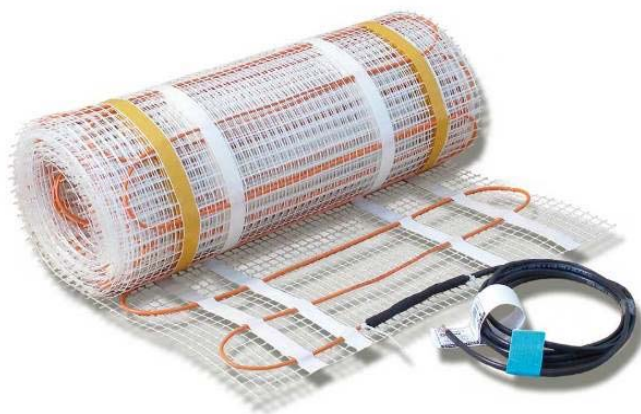
Încălzire electrică prin pardoseală

Criterii privind utilizarea energiei electrice

Utilizarea energiei electrice pentru producerea de căldură se bazează pe efectul Joule al curentului electric, potrivit căruia, energia electrică potențială pe care o pierde electronul prin ciocnirile cu rețeaua unei rezistențe, este transferată acesteia sub formă de căldură.

Din punct de vedere tehnic, utilizarea energiei electrice pentru încălzirea clădirilor prezintă multiple avantaje în raport cu celelalte sisteme de încălzire bazate pe folosirea combustibililor clasici. Aceasta face ca energia electrică să fie privită ca un viitor potențial energetic pentru nevoile gospodărești.

Cablurile electrice încălzitoare și covorașele încălzitoare, au capacitatea de a fi cele mai durabile sisteme de încălzire cunoscute până în prezent (apreciate la >80 de ani).



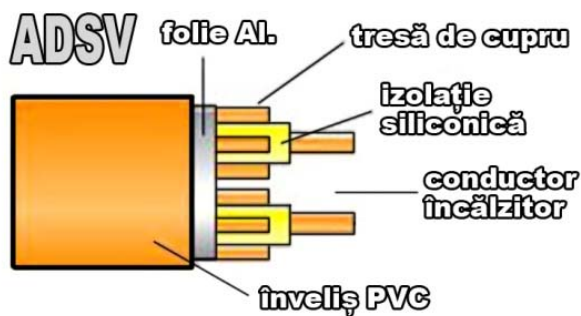
a)



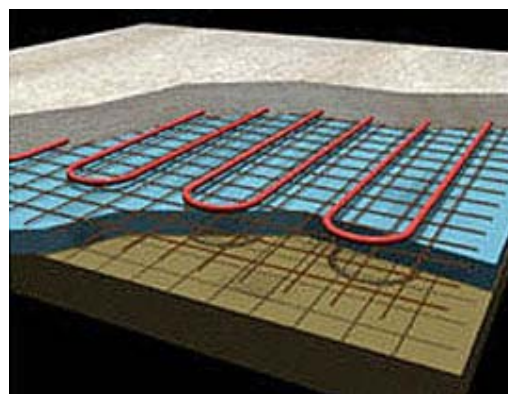
b)

Figura 3. a) Covoraș încălzitor; b) Covoraș de încălzire în șapă.

Sursa: http://www.incalzire-flomar.ro/produse_int.php#thumb



a)



b)

Figura 4. a) Cablu de încălzire; b) Cablu de încălzire în șapă.

Sursa: http://www.incalzire-flomar.ro/produse_int.php#thumb

Frecvent, **încălzirea electrică prin pardoseală**, este asociată cu rezistența gen nichelină a reșourilor de mai demult, care se putea întrerupe oricând. Realitatea este însă cu totul alta. Cablurile electrice încălzitoare se bazează pe principiul degajării controlate de căldură, la trecerea curentului electric prin acesta.

De asemenea, trebuie menționat faptul că, se poate realiza o **încălzire electrică prin pardoseală** cu un răspuns rapid (direct sub pardoseală), metodă care va duce la obținerea unei temperaturi de confort, într-un timp scurt.

Utilizarea eficientă a energiei electrice impune asigurarea unui grad ridicat de izolare termică a clădirilor.

Sistemul de încălzire prin pardoseală se impune din ce în ce mai mult în practica sistemelor de creare a microclimatului în clădiri de toate categoriile, de la clădiri de locuit, la incinte cu suprafețe și volume mari, cum ar fi sălile de sport sau bisericile [2], [5].

Pe plan european se observă tendința folosirii în cazul clădirilor nou construite a sistemului de încălzire prin pardoseală în dauna sistemelor clasice; în Țările Scandinave și Elveția, noul sistem fiind utilizat preponderent.

Sistemul electric de încălzire prin pardoseală realizează temperaturi de până la 30°C în încăpere, cablul electric încălzindu-se până la maximum 65°C.

Folosit în Danemarca încă din anul 1942, sistemul electric de încălzire prin pardoseală este utilizat de zeci de ani mai ales în țările nordice: 70% din construcțiile anului 1995 au fost încălzite cu acest sistem.

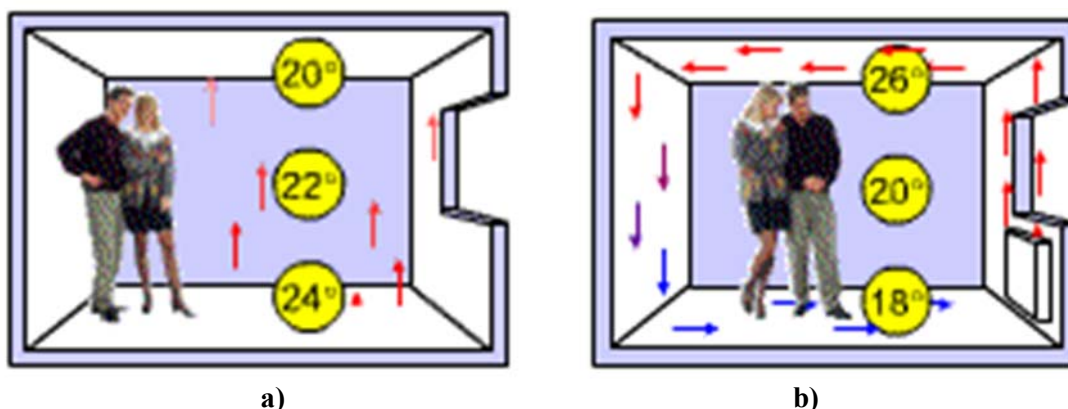
Sistemul este alcătuit din:

- cablu electric încălzitor;
- termostat electronic;
- bandă metalică de fixare.

Instalarea este rapidă și poate fi executată de specialiști sau chiar de beneficiar, urmând instrucțiunile firmei.

Principiul de funcționare:

Dupa cum vedeți, caloriferul, prin însăși dimensiunile lui, trebuie să fie încălzit la o temperatură ridicată, pentru a putea face față încăperii, de unde rezultă o circulație rapidă a aerului, creând-se curenți circulari ascendenți. În schimb, la încălzirea electrică în pardoseală, datorită suprafeței mari, de peste 90% din suprafața pardoselii care se încălzește, circulația aerului este ușoară. Datorită temperaturii scăzute a pardoselii (~24°C), mișcarea particulelor de praf este redusă considerabil, fiind astfel recomandată persoanelor care suferă de astm sau alergii.



a) b)
Figura 5. Distribuția temperaturilor într-o încăpere:
 a) Încălzirea electrică în pardoseală;
 b) Încălzirea cu corpuri de încălzire.

Sursa: http://www.incalzire-flomar.ro/produse_int.php#thumb

Domeniul de folosință:

- Încălzirea locuințelor, birourilor, grădinițelor, magazinelor, bisericilor și încăperilor foarte înalte, camerelor de hotel, băncilor, restaurantelor, fermelor de animale;
- Protecția împotriva înghețului și menținerea temperaturii constante a solului serelor, pepinierelor, gazonului stadioanelor, terenurilor de golf;
- Protecția țevelor împotriva înghețului;
- Dezghețul zăpezii și a gheții pentru șosele, poduri, parări, aeroporturi, pantă garaje, trepte, trotuare, burlane, jgheaburi și acoperișuri.

Cablurile încălzitoare pot fi folosite pentru evitarea înghețului conductelor din metal și plastic și ca un mijloc eficient împotriva separării parafinei din conductele de petrol. Nu se recomandă folosirea cablurilor încălzitoare cu un efect mai mare de 8 W/metru liniar.



a) b)
Figura 6. a) Încălzire electrică în pardoseală din lemn; b) termostat digital.

Sursa: http://www.incalzire-flomar.ro/produse_int.php#thumb

Sistemul electric de încălzire prin pardoseală poate fi folosit ca unică sursă de încălzire sau ca încălzire suplimentară. În primul caz, puterea instalată este de aproximativ 120 w/mp, iar în cel de-al doilea caz este de aprox. 80 w/mp.

Instalarea este rapidă și poate fi executată atât de specialiștii firmei furnizoare cât și de către beneficiar, urmând instrucțiunile firmei.

Cablurile se montează sub pardoseală, singura parte vizibilă fiind termostatul electronic, care se fixează într-o doză normală pe perete, în cazul controlului individual pentru fiecare încăpere, sau direct în tabloul electric de comandă, în cazul controlului centralizat.

Cablurile se montează în șapă de beton, deasupra putându-se pune gresie, marmură sau mochetă, iar în cazul dușumelelor de lemn se folosesc niște cabluri speciale care se montează printre traversele de lemn. Instalarea se poate face numai în cazul renovării construcției sau la execuția ei.

Avantajele încălzirii prin pardoseală cu sistemul electric:

- preț de achiziționare a sistemului redus;
- instalare rapidă și ușoară; nu ocupă spațiu, singura parte vizibilă e termostatul electronic;
- confort prin podea mereu caldă, repartizare uniformă a căldurii pe întreaga suprafață;
- lipsa cheltuielilor de întreținere și siguranță în exploatare;
- eliminarea surselor termice și odată cu ele și a produselor secundare ale combustiei (gaze nocive, poluanți etc.);
- simplificarea operațiilor de exploatare;
- creșterea gradului de automatizare, mergând până la programarea strictă a orelor de funcționare;
- contorizarea riguroasă a consumurilor individuali.

Avantajele folosirii sistemului de încălzire prin pardoseală sunt și mai evidente la spațiile cu înălțime mare, atât din punct de vedere al confortului cât și al economiilor realizabile.

Pompele Laing – Factor de asigurare a fiabilității instalațiilor de încălzire prin pardoseală

Fiabilitatea unui sistem este definită ca o capacitate a sistemului de a funcționa conform cărții tehnice și fără defecțiuni, un anumit interval de timp.

Pompele de circulație Laing au la bază principiul de funcționare al motorului sferic, care constă în faptul că rotorul pompei se sprijină pe o sferă ceramică extrem de dură [1]. Rotorul este compus dintr-o turbină radială din bronz, fixată pe un magnet permanent semisferic, centrarea fiind asigurată de un lagăr de carbon care se rotește pe bila ceramică fixată rigid pe stator.

Peretele despărțitor, din material anticorosiv, pe care se sprijină bila ceramică, are rolul de a separa partea hidraulică a pompei de cea electrică.

În funcționare, „întrefierul” dintre magnetul semisferic și peretele separator, se umple cu lichidul transportat care, de altfel, asigură și ungerea lagărului. Bobinajul rotorului nu se prevede cu izolație electrică ci se înglobează într-o rășină sintetică pentru a preveni astfel un eventual contact între fluidul transportat și conductorul electric [2].

În funcție de domeniul de utilizare, forma constructivă poate fi diferită, ceea ce nu are nicio influență asupra principiului de funcționare.

Alegerea materialelor componente în funcție de condițiile de lucru determină o durată lungă de viață.

Pompele Laing sunt folosite pentru:

- Circulația agentului termic în instalațiile de încălzire;
- Circulația apei calde de consum;
- Circulația unor substanțe chimice lichide (acide, alcaline, sărate etc.).

Principalul avantaj din care decurg și alte caracteristici pozitive în exploatare, este acela că, datorită soluției constructive, pompa funcționează fără zgomot și fără vibrații, fapt care determină folosirea ei și în spații care necesită un grad sporit de confort acustic.

De asemenea, rotorul pompei nu se poate bloca, deoarece, în cazul pătrunderii unei impurități solide, rotorul „pendulează”, lăsând să treacă impuritatea, pentru ca apoi să revină la poziția inițială, ceea ce conferă o siguranță deosebită în exploatare [2].

Datorită acestui mod de funcționare, practic, pompa nu necesită întreținere și doar în cazul lichidelor murdare se impune o curățire periodică ce se poate efectua cu ușurință.

Pompele Laing folosite în instalații de încălzire fiind fabricate cu dimensiuni de montare standardizate, se pot utiliza nu doar în instalații noi ci și în cele existente, în locul unei pompe de alt tip, defecte.



Figura 6. Pompa Laing – piese componente

Sursa: <file:///G:/POMPE%20CIRCULATIE%20APA.pdf>

Bibliografie

1. COLDEA SPERANȚA, IONESCU, GH. C. – *Elemente de fizica fluidelor și hidraulică*. Editura Matrix Rom București, 2005.
2. GLIGOR E., IONESCU G.L., GAVRIȘ DANIELA – MARIANA, *Instalații pentru construcții – Suport laborator*, Editura Aureo – Oradea, 139 pg., ISBN 978-606-8382-36-4, 2013.
3. SR 1907-1:2014, *Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Metodă de calcul*
4. I 13- 2015 *Normativ privind proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de încălzire centrală*
5. *Manualul de instalații – Instalații de încălzire* – Editura ARTECNO, București, 2010

Solutii moderne de Instalatii la HOTEL HILTON in orasul Augusta – Statul Maine – SUA

Modern Installations Solutions at HOTEL HILTON in Augusta - State of Maine – USA

Ing. Ilina Matei Traian – ABM Mechanical – Statul Maine –SUA
Dr- ing. Ilina Mihai – Prof. Universitar, UTCB, Bucureşti, România

Rezumat

Sunt prezentate succint solutiile de instalatii de incalzire, climatizare si apa calda de consum la un Hotel Hilton cu patru niveluri si 135 de camere. Instalatiile de incalzire/climatizare pentru camere s-au prevezut cu agregate utilizand pompe de caldura cu tehnologie inverter. Procesul de incalzire/racire din interiorul incaperilor este monitorizat astfel incat microclimatul din interior sa fie asigurat numai in prezenta locatarului (lor), in rest instalatia asigura numai conditiile de conservare. Prepararea apei calde de consum s-a facut cu schimbatoare de caldura prevazute cu arzatoare cu gaz natural si acumulate de caldura, asigurand la punctele de consum apa calda intr-un timp foarte scurt (sub 5 secunde). Incalzirea anexelor s-a realizat cu aer cald preparat in centrale de tratare si distribuit prin canale la punctele terminale. De subliniat ca intregul proces de incalzire/racire/apa calda de consum se desfasoara cu consumuri reduse de energie termica, urmarindu-se asigurarea conditiilor de confort numai in perioada de utilizare efectiv a spatiilor din Hotel. Hotelul a fost dat in exploatare in luna iulie 2016.

Abstract

In this article are presented the HVAC systems and domestic hot water preparation, designed and installed for a four levels Hilton Hotel with 135 guest rooms located in Augusta, Maine USA.

Wall type package heat pumps and controlled room temperature with unoccupied set-back were installed for the guest rooms.

For offices and different other rooms in the hotel air handling units with hot water and DX cooling coils with outdoor condensers were used.

The fresh air for corridors and air handling units is supplied by three make-up air units with enthalpy wheel, Dx cooling coils and natural gas furnace. Air from the build is exhausted through these units as well.

All units are controlled by a Building Management Controls System that monitor all ventilation zones with set-back for un-occupied mode.

The domestic hot water is prepared with ten natural gas heat exchangers controlled and modulate in cascade. The domestic hot water has a recirculation piping that can bring the hot water at every faucet within seconds.

The hotel has also a swimming pool with a separate de-humification system.

The hotel is functional since June 2016.

Urmare a articolului “ Aspecte privind modul de realizare cladirilor si a instalatiilor aferente in SUA”, publicat in Revista Romana de Inginerie Civila nr.2 din 2015 Editura Matrix Rom, am considerat ca este util si interesant de a veni cu alte elemente suplimentare legate de modul in care sunt implementate in alte tipuri de cladiri din SUA.

In articolul de fata ne referim la instalatiile de incalzire/climatizare si apa calda de consum la un Hotel Hilton din orasul Augusta (capitala Statului Maine).

Cladirea are 4 niveluri cu 135 de camere, piscina interioara si multiple anexe. In incinta hotelului la nivelul unu si doi sunt amplasate si camerele tehnice cu toata aparatura necesara in functie de necesitati (preparare si distributie agenti termici/ frigorifici, apa calda de consum etc).



Fig.1- Hotel Hilton

Cladirea are structura de rezistenta (stalpi, plansee, etc) din lemn montata pe placa de beton armat. Peretii exteriori sunt de tip sandwich, avand pe fata interioara placi de rigips iar pe fata exterioara placi de vinil. Straturile componente sunt prezentate in fig.2. Planseul spre pod este executat din grinzi din lemn de 25 -30 cm, pe care sunt asezate si prinse placi din lemn conglomerat. La partea inferioara pe grinzi sunt prevazute profile din lemn pe care sunt aplicate placi de rigips realizandu-se un spatiu de aer de minimum 5 cm. Pe pardoseala podului s-a instalat o patura termoizolanta de cca 100 cm din vata de sticla asezata pe o membrana de plastic. Rezistenta termica a peretilor exteriori si a planseului spre pod este cuprinsa intre 4 si 5 m²K/W.

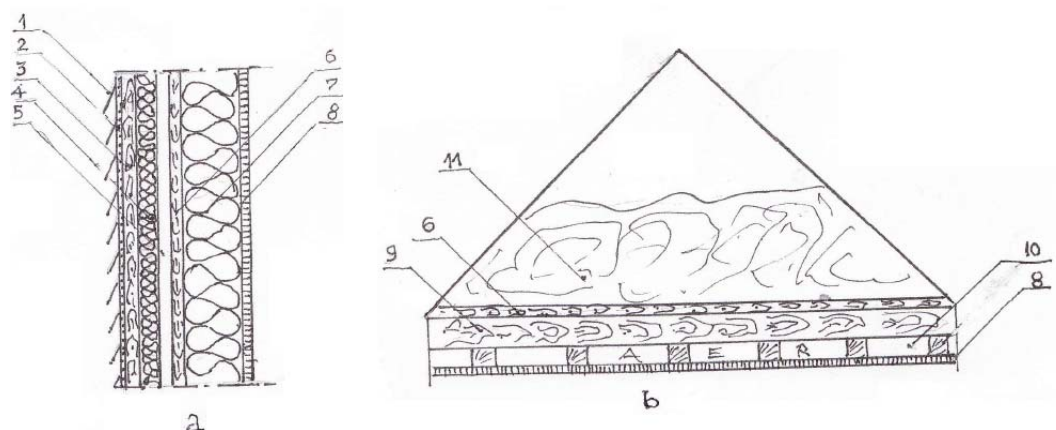


Fig. 2. Elemente de constructie

a- perete exterior, b- planseu spre pod

1-placi de vinil, 2- membrana din plastic poros de 2 mm, 3-placa din lemn de 2 cm, 4-termoizolatie din polistiren cu fibre din sticla de 5 cm, 5- strat de aer de 5 cm, 6- placa din lemn de 2 cm, 7- fibra din sticla in grosime de 15 cm, 8- placi din rigips de 2 cm, 9- grinzi din lemn, 10- spatiu de aer de 5 cm, 11- patura termoizolanta

Instalatii de incalzire si climatizare. Incalzirea spatiilor din hotel s-a facut diferentiat in functie de destinatie si cerinte.

- *camerele pentru turisti* sunt incalzite/climatizate cu aparate tip Amana (model PTC- climatizare/incalzire), cu tehnologie inverter (regleaza energia utilizata in raport cu necesitatile, iar consumul de energie este redus cu circa 30% fata de sistemele traditionale). Puterea termica/frigorifica variaza in functie de necesarul solicitat de incapere, cu valori cuprinse intre 2,9 kW si 4,1kW, se asigura un debit de aer introdus de cca 100 mc/h din care 60 mc/h aer proaspat si 40 mc/h recirculat. In perioada rece cu temperaturi sub -15° C aerul rece este incalzit cu o baterie electrica pana la 4.3 kW. Evacuarea aerului viciat din camere (echivalentul debitului de aer proaspat) se face prin orificiile prevazute pe plafonul grupului sanitar cu un ventilator montat pe canalul de evacuare vertical.

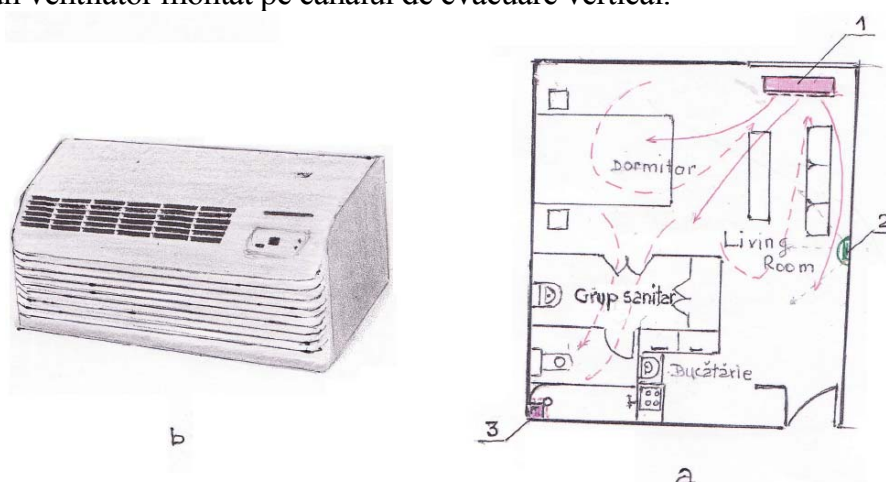


Fig.3. Camera de locuit

a-schita camerei cu amplasamentul mobilierului, b- aparatul de incalzire si climatizare

1- aparatul de incalzire/climatizare, 2 – apartul de monitorizare a functionarii instalatiei, 3- orificiul si canalul vertical de evacuare aer

Este de subliniat modul in care functioneaza instalatia de incalzire/racire si cum se asigura parametrii aerului in camere in perioada rece. Aceste camere sunt prevazute cu aparatura de control si monitorizare (termostat cu senzor de miscare) care mentin confortul termic din interior (temperatura, umiditatea relativa, noxe) atat in perioada ocupata cat si in perioada neocupata cand se asigura parametrii de conservare (temperatura de 10 -15 ° C). Intrarea in regim normal de functionare si asigurarea parametrilor de confort se face odata cu prezenta viitorului locatar. In momentul in care cardul de intrare in camera este activat la receptie, termostatul din camera care urmeaza a fi ocupata, primeste semnalul de activare care pune in functiune aparatul de climatizare/incalzire al camerei care aduce temperatura camerei din regim neocupat (temperatura de garda) la cea de ocupat. In timp de 10 -15 minute, timp considerat necesar ca locatarul sa ajunga in camera, in interior se obtin conditiile normale solicitate de confortul termic, conditii care se pastreaza cat timp incaperea este ocupata. In cazul in care viitorul locatar nu intra in camera in cele 10 – 15 minute instalatia de incalzire intra in regim de asigurare a conditiilor de conservare. Acelasi fenomen se intampla si in cazul in care locatarul paraseste camera si nu revine in scurt timp, aparatul de climatizare trece in regim de conservare. Termostatul cu senzor de miscare controleaza si monitorizeaza procesul de incalzire/climatizare din incapare, urmareste daca aceasta este ocupata sau nu, pornind/oprind instalatia in functie de conditiile din interior.

- *camerele anexe* ale hotelului sunt incalzite cu aer cald centralizat preparat in camere de tratare distribuit prin canale de ventilatie si introdus in interior prin guri de introducere si anemostate. Pentru realizarea unei bune gestionari a caldurii necesare incalzirii spatiilor anexe la alegerea solutiei de preparare si distributie a aerului cald s-a tinut seama de pozitia consumatorilor, consumul de energie termica, gruparea consumatorilor care necesita aceleasi conditii de confort, rezultand urmatoarele

- s-a impartit spatiul din hotel in trei zone (stabilite in functie de orientare (sud, nord, mijloc) fiecare zona fiind prevazuta cu statie de tratare centrala a aerului proaspat introdus CT1 si statii de tratare CT2 pe grupe de consumatori cu aceleasi cerinte de confort.

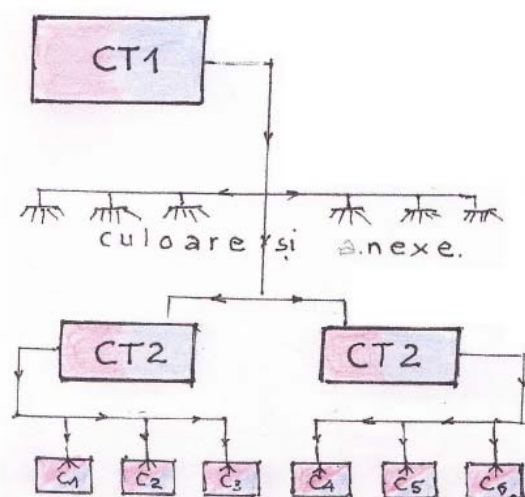
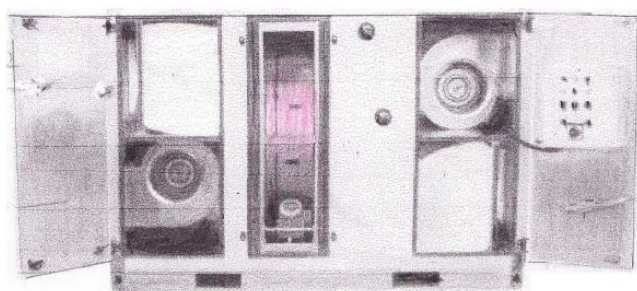
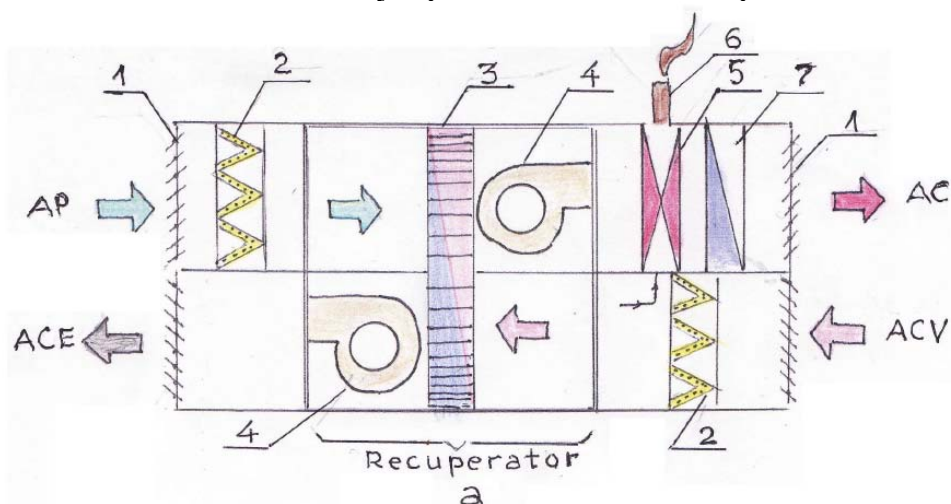


Fig.4. Schema instalatiei de incalzire cu aer cald a spatiilor din hotel
CT1- centrale de tratare principale aer, CT2 – centrale de tratare aer cald pentru spatiile din cele trei zone ale hotelului, c1, c2,,,,,c6 camerele de incalzit din fiecare zona

- camerele de tratare de tip CT1 sunt montate in podul hotelului fiind prevazute cu recuperatoare de caldura de tip roata entalpica, baterii de incalzire cu gaz natural, baterii de racire cu agent frigorific tip refrigerant, filtre de aer si ventilatoare centrifugale de introducere si evacuare fig 5. Rolul acestor camere este de a recupera caldura/umiditatea din aerul cald viciat din hotel (camere de locuit, holuri, anexe etc) inainte de a fi evacuat in exterior si de a preincalzi/raci si a umidifica/usca aerul proaspat introdus in cladire si al dirija spre statiile de tratare tip CT2.



b

Fig.5. Schema centralei de tratare CT1

a-elemente componente, b- recuperatorul de caldura rotativ

1-jaluzele reglabile, 2- filtru, 3- recuperatorul de caldura, 4- ventilator centrifugal, 5- baterie de incalzire cu gaz natural, 6- cos de fum, 7- baterie de racire, AP-aer exterior, ACV- aer cald viciat, AC- aer cald, ACE- aer cald evacuat

- camerele de tratare de tip CT2 sunt montate in zona camerelor anexe fiind prevazute cu camera de amestec (aer proaspat de la CT1 si aer recirculat din camerele anexe) baterii de incalzire cu agent termic (apa calda), baterii de racire cu refrigerant, filtru de aer, ventilator centrifugal fig.6. Sunt amplasate in cele trei zone,avand rolul de a alimenta cu aer cald sau rece terminalele (camere anexe , coridoare etc.)

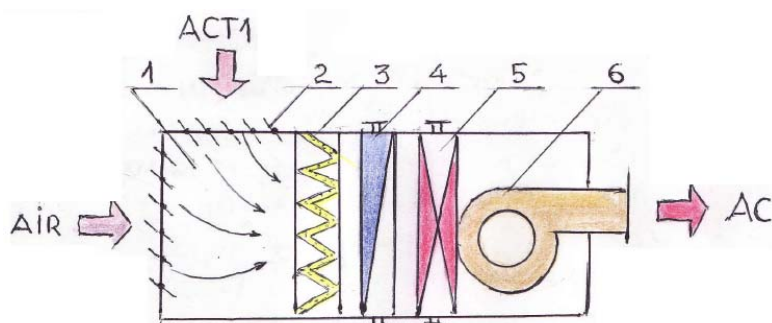


Fig. 6. Schema centralei de tratare CT2

1-camara de amestec, 2-jaluzele reglabile, 3- filtru de aer, 4- baterie de racire, 5- baterie de incalzire cu agent termic, 6- ventilator centrifugal, 7- baterie de incalzire suplimentara, AIR- aer interior recirculat, ACT1- aer tratat de la CT1, AC aer cald

Distributia aerului in camerele racordate la CT2 se face cu canale si guri de introducere (grile, anemostate). Reglarea debitelor de aer in canale si incaperi se realizeaza cu dispozitive de reglare speciale, fiind monitorizate de termostate existente in zonele de ventilatie aferente. Monitorizarea cu un singur termostat pentru un grup de incaperi s-a facut in situatia in care activitatea desfasurata este aceeaasi, dandu-se posibilitatea trecerii in regim de conservare in cazul in care aceasta activitate este intrerupta pentru o perioada mai lunga (in timpul noptii). S-a urmarit ca incalzirea sau climatizarea camerelor anexe sa se realizeze numai in perioada de activitate continua. Evacuarea aerului din anexe s-a facut cu orificii amplasate la partea superioara a incaperilor, fiind dirijat la statiile de tip CT2 si in exterior realizand o depresiune in raport cu camerele de locuit ale hotelului.

- *sursa termica* pentru producerea agentului termic (apa calde cu $80/60^{\circ}\text{C}$) este utilata cu 2 cazane Wissmann cu puterea termica $\Phi_{cz} = 103 \text{ kW}$ (352 MBH). Agentul primar este gazul natural. Cazanele au fost instalate intr-o camera special amenajata de la etajul doi. Evacuarea gazelor de ardere s-a facut cu un cos de fum executat din trosane, fiecare tronson fiind executat cu doua tole din otel inoxidabil si termoizolatie de tip spuma de 2,5 mm (fig.7).

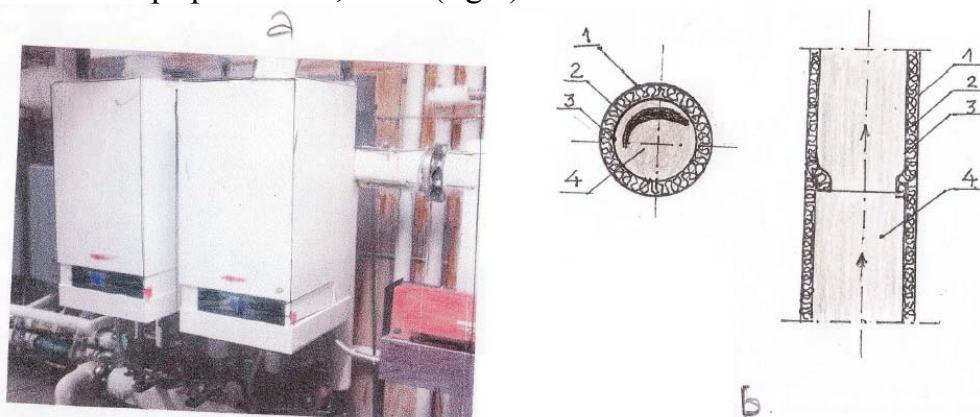


Fig.7. Sursa termica

a-cazane Viessmann, b-cos de fum

1-tabla din otel inoxidabil 316, 2- termoizolatie din vata de sticla de 50 mm, 3- tabla din otel inoxidabil 304, 4 - gol cos de fum

Instalatia de incalzire, racire si uscarea aerului la piscina este independenta de restul instalatiilor de incalzire ale hotelului si cuprinde :

- *camera de tratare CT3* avand aceleasi componente de baza ca si camerele de tratare descrise mai sus cu doua baterii de incalzire, una montata in camera de tratare si alta in canalul de introducere al aerului catre piscina (fig.8)

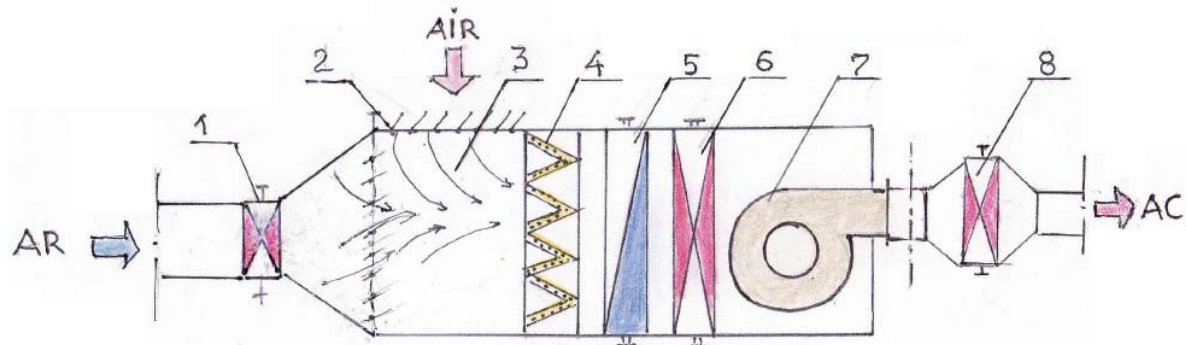


Fig.8. Schema centralei de tratare CT3

1-bateria de incalzire aer rece, 2- jaluzele reglabile 3- camera de amestec, 4- filtru de aer, 5-baterie de racire, 6- baterie de incalzire, 7- ventilator centrifugal, 8-baterie de incalzire suplimentara

- *canale de distributie aer cald* avand la terminale guri de introducere la plafon montate pe conturul incaperii

- *un singur orificiu de evacuare aer* montat la plafon într-un colt al camerei

Procesul de incalzire si tratare a aerului din camera aferenta piscinei consta in:

- amestecul de aer cald si umed din incinta piscinei (2600 mc/h) cu aer din exterior (700 mc/h) preincalzit (doar in sezonul rece) se face in camera de amestec a CT3 dupa care se incalzeste (daca este necesar in sezonul de iarna).

- racirea amestecului de aer in camera de tratare, cu bateria de racire, pana la o umiditate relativa $\phi = 90 - 95 \%$ si o temperatura de $12-14^{\circ}\text{C}$

- reincalzirea aerului cu bateria de incalzire din camera de tratare pana la temperatura $\theta = 40-45^{\circ}\text{C}$ si umiditatea $\phi = 30-35 \%$

- continuarea incalzirii aerului (daca este cazul) si cu bateria de incalzire din canalul de aer

- introducerea aerului cald cu ventilatorul centrifugal din camera de tratare in spatiul piscinei

Functionarea instalatiei de incalzire si tratare a aerului este monitorizata cu ajutorul aparatelor de masura si control. CT3 functioneaza in tandem cu un ventilator de evacuare de 800 mc/h separat de aceasta unitate care mentine camera piscinei in presiune negativa constanta.

Instalatia de preparat apa calda menajera este amplasata într-un spatiu special amenajat in incinta hotelului la nivelul doi unde sunt montate utilajele si aparatura necesara producerii si distributiei apei calde. Solutia adoptata este interesanta si constituie o noutate in comparatie cu sistemele clasice de productie apa calda de consum. Prepararea apei calde se face in 10 schimbatoare de caldura tip RINNAI- Japonia montate in baterie (fig.9). Fiecare schimbator prepara un debit de

apa calda $G = 0,7 \text{ l/s}$ cu temperatura de 50°C . Agentul primar de producere a apei calde este gazul natural. Aerul necesar combustiei este adus din exterior printr-un canal din PVC cu racord la fiecare arzator.

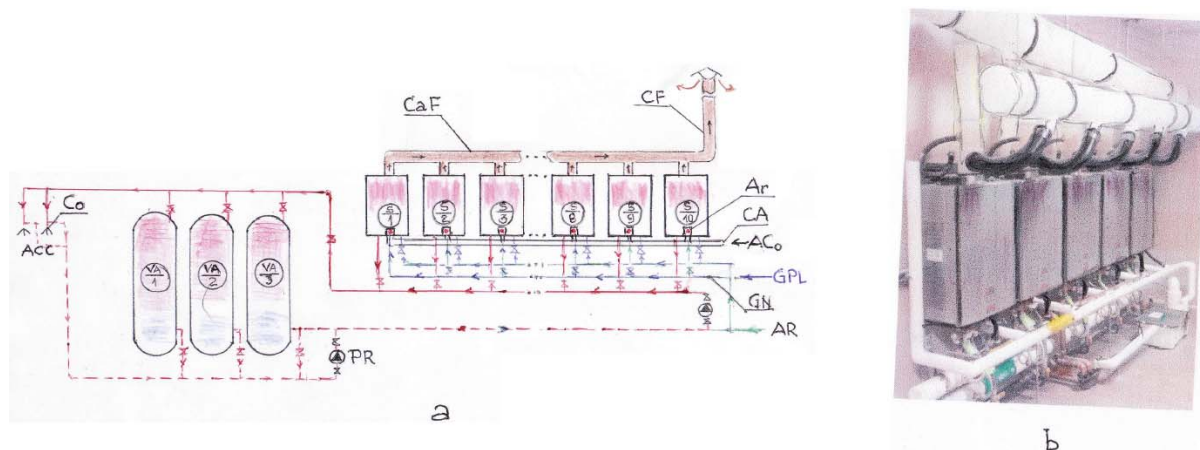


Fig.9. Instalatia de preparat apa calda de consum

1-schema instalatiei, b- ansamblul de 5 schimbatoare de caldura cu toate racordurile, S- schimbator de caldura, Ar- arzator, GN- conducta de gaz natural, CA- conducta cu aer exterior de combustie, AR- apa rece, ACC- apa calda de consum, CaF- canal de fum, CF- cos de fum, PR-pompa de recirculatie, ACo- aer rece de combustie, Co- aparate de consum ACC, VA- vase de acumulare apa calda de consum

Evacuarea gazelor de ardere se face cu un canal de fum din PVC cu diametrul de 250 mm. Tirajul este asigurat de presiunea arzatoarelor. Acumularea apei calde de consum se realizeaza in 3 rezervoare cu capacitatea de 700 litri fiecare. Distributia apei calde menajere la obiectele sanitare utilizatoare de apa calda are si un sistem de recirculare pina la fiecare obiect sanitar astfel incat la deschiderea robinetului in maxim 5-7 secunde sa curga apa calda.

Bibliografie

- 1- Standarde ASHRAE de ventilare 62 si de energie 90.1 ultima versiune
- 2- Trane Corporation USA –unitati de ventilare si climatizare
- 3- Greenheck USA – schimbatoare de caldura si ventilatoare
- 4- Seresco USA – unitati de climatizare pentru piscine
- 5- Amana USA – pompe de caldura
- 6- Wiessmann – cazane de apa calda
- 7- Rinnai Corporation USA – cazane de preparat apa cada de consum
- 8- Pnce USA –grile si difuzoare de distributie a aerului

REVISTA ROMÂNĂ DE INGINERIE CIVILĂ INCLUDE ARTICOLE DIN URMĂTOARELE DOMENII

ROMANIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING INCLUDE ARTICLES FROM THE FOLLOWING AREAS

- | | |
|--|---|
| . Mecanica structurilor | . Mechanics of structures |
| . Inginerie seismică și siguranța construcțiilor | . Seismic engineering and construction safety |
| . Inginerie urbană și dezvoltare regională | . Urban engineering and regional development |
| . Construcții civile | . Civil buildings |
| . Căi de comunicații, poduri și tunele | . Communication ways, bridges and tunnels |
| . Căi ferate | . Railways |
| . Drumuri și aeroporturi | . Roads and airports |
| . Construcții din beton armat | . Reinforced concrete buildings |
| . Construcții metalice | . Metal constructions |
| . Geotehnică și fundații | . Geotechnics and foundations |
| . Alimentări cu apă și canalizare | . Water supply and sanitation |
| . Tratarea apei | . Water treatment |
| . Epurarea apelor uzate | . Wastewater treatment |
| . Construcții hidrotehnice | . Hydro construction |
| . Îmbunătățiri funciare | . Land improvements |
| . Hidraulică și mecanica fluidelor | . Hydraulics and Fluid Mechanics |
| . Hidrologie, hidrogeologie și gospodărirea apelor | . Hydrology, hydrogeology and water management |
| . Protecția mediului în inginerie civilă | . Environmental protection in civil engineering |
| . Instalații pentru construcții | . Building services |
| . Management în construcții | . Construction Management |
| . Calitatea mediului interior | . Indoor environmental quality |
| . Acustica clădirilor și a instalațiilor | . Acoustic of buildings and installations |
| . Energetica clădirilor și instalațiilor | . Energy of buildings and installations |
| . Geodezie, fotogrammetrie, cartografie | . Geodesy, photogrammetry, cartography |
| . Termotehnică | . Thermotechnics |
| . Mașini și utilaje pentru construcții | . Constructions machinery |
| . Mecanică tehnică și vibrații | . Technical mechanics and vibrations |
| . Electrotehnică | . Electrotechnics |
| . Ingineria calității | . Quality engineering |
| . Științe fundamentale în inginerie civilă | . Fundamental science in civil engineering |

INFORMATION FOR AUTHORS

- For the works proposed for publication in the Romanian Journal of Civil Engineering, there are no costs for the author to analyze the manuscript and / or publish the article
- The publication of the article is conditional on its analysis in a peer-review process, as mentioned at <http://www.rric.ro/etica.php>; the author is required to participate in the peer-review process
- The article proposed for publication in the Romanian Journal of Civil Engineering has not been published and can no longer be published in another journal. If portions of content overlap with published content or for publication in another journal, the author must recognize and quote these sources
- Send to publish of an article implies that the study described in the article is original and does not infringe copyright. In the necessary circumstances, the author has to recognize and quote content reproduced from other sources after having previously obtained permission to reproduce the required content from other sources
- If there are more than one author, the content of the article is known and approved by all authors who contributed to writing the article and / or performing the research described in the paper
- All authors of an article should make a significant contribution to its writing
- The proposed article for publication will contain bibliographical references, as well as references to financial support, if any
- In the event of an error being reported in the paper after its publication, the author is required to cooperate with the Editorial Board and the publisher to publish an errata, an addendum, a corrigendum notice, or to withdraw the work if this is considered necessary.

At http://www.rric.ro/template/rric_template.doc there is the template where the proposed article should be sent for publication; the article is sent by email to office@matrixrom.ro or uploaded directly from the journal's website <http://www.rric.ro/autori.php>.

INFORMAȚII PENTRU AUTORI

- Pentru lucrările propuse spre publicare în Revista Română de Inginerie Civilă nu există costuri ale autorului pentru analiza manuscrisului și/sau pentru publicarea articolului
- Publicarea articolului este condiționată de analiza acestuia într-un peer-review proces, așa cum este menționat la <http://www.rric.ro/etica.php>; autorul este obligat să participe la procesul de peer-review
- Articolul propus pentru publicare în Revista Română de Inginerie Civilă nu a mai fost și nu mai poate fi publicat într-o altă revistă. Dacă porțiuni de conținut se suprapun cu conținut publicat sau trimis spre publicare la o altă revistă, autorul trebuie să recunoască și să citeze aceste surse.
- Trimiterea către publicare a unui articol implică faptul că studiul descris în articol este original și nu încalcă drepturile de autor. În situațiile necesare autorul trebuie să recunoască și să citeze conținutul reprodus din alte surse, după ce a obținut anterior permisiunea de a reproduce conținutul necesar din alte surse.
- În cazul în care există mai mulți autori, conținutul articolului este cunoscut și aprobat de toți autorii care au contribuit la scrierea articolului și/sau la realizarea cercetării descrise în lucrare.
- Toți autorii unui articol trebuie să aibă o contribuție semnificativă la elaborarea acestuia
- Articolul propus pentru publicare va conține referințe bibliografice, precum și mențiuni referitoare la suportul financiar, dacă este cazul
- În cazul semnalării unor erori în lucrare, după publicarea acesteia, autorul este obligat să coopereze cu Colegiul Editorial și cu editura pentru a publica o erată, o addendum, o notificare de corrigendum sau pentru a retrage lucrarea, în cazul în care acest lucru este considerat necesar.

La adresa http://www.rric.ro/template/rric_template.doc se găsește formatul (template) în care trebuie trimis articolul propus pentru publicare; articolul se trimite prin email la adresa office@matrixrom.ro sau se încarcă (upload) direct din website-ul revistei, secțiunea pentru autori <http://www.rric.ro/autori.php>.