

**STUDIU CU PRIVIRE LA
TERMOIZOLAREA ELEMENTELOR
DIN BETON ARMAT CA ȘI MĂSURĂ DE
CREȘTERE A REZISTENȚEI LA FOC**

- VARIANTĂ 10-XII-2016 -

CUPRINS

CUPRINS.....	2
1. DESCRIERE	3
2. DEFINIREA MODELULUI.....	3
3. ELEMENTE DE TEORIE.....	4
4. PRELUCRAREA DATELOR	6
4.1. Calculul coeficientului de aplatizare	6
4.2. Determinarea rezistenței la foc pentru diverse grosimi ale stratului de acoperire cu beton.....	14
4.3. Determinarea stratului de material termoizolant.....	15
5. CONCLUZII.....	16
6. RECOMANDĂRI	16

1. DESCRIERE

Prezentul studiu are scopul de a veni în ajutorul proiectanților de structuri, în vederea identificării de soluții eficiente de protecție la foc a elementelor din beton armat cu rol în asigurarea cerinței fundamentale rezistență mecanică și stabilitate (grinzi, pereți, plăci și grinzi).

Având în vedere cunoașterea incipientă în cadrul colectivelor de proiectare a metodelor standardizate de calcul, precum și accesul dificil la produse software specifice, se impune necesitatea unor metode simplificate și rapide care să vină în ajutorul proiectanților.

Studiul ajută la determinarea tipului de termoizolație și a grosimii necesare a se aplica asupra fețelor expuse ale elementelor supuse incendiului.

Prezentul studiu se adresează:

- proiectanților de structuri;
- arhitecților;
- verificatorilor de proiecte și experților tehnici responsabili pentru cerința fundamentală securitatea la incendiu;
- verificatorilor de proiecte și experților tehnici responsabili pentru cerința fundamentală rezistență mecanică și stabilitate;
- altor specialiști în construcții.

Cercetarea a fost realizată cu ajutorul softului **FINE-EC Concret Fire**, licență deținută de către S.C. IDEAL PROIECT A.E. S.R.L. (www.idealproiect.com). Produsul folosește la calculul automat al rezistențelor la foc a elementelor din beton armat supuse la diverse încărcări. Metoda folosită în cadrul produsului este cea definită în **EN 1991-1-2**.

2. DEFINIREA MODELULUI

În timpul incendiului dintr-un spațiu are loc o creștere a temperaturilor din elementele cu rol portant expuse, precum stâlpi, pereți, grinzi și plăci din beton armat.

Betonul armat reprezintă un material compozit ce cuprinde două elemente principale: betonul și armăturile. Creșterea temperaturii determină o scădere a rezistențelor armăturilor din oțel. Efectul asupra betonului este cu mult mai mic prin expunerea la curba standard de temperaturi, motiv pentru care acesta se poate neglija. Mai mult chiar, betonul asigură protecție în timpul incendiului pentru armătură.

Scopul protecției prin termoizolare este acela de a aplatiza creșterea de temperatură la nivelul armăturilor din beton armat.

Prin aplicarea unei termoizolații curba standard de creștere a temperaturilor din spațiul incendiat se va reduce (aplatiza) deoarece temperatura la fața expusă va fi mai mică ca urmare a aplicării termoizolației.

Astfel se va determina capacitatea portantă a elementului din beton armat nu prin aplicarea curbei standard, ci a unei curbe reduse proporțional cu temperatura regăsită la fața elementului, adică după ce se străbate stratul termoizolant.

Se va determina astfel care este temperatura la fața interioară a stratului termoizolant, considerându-se o temperatură exterioară medie de 500°C.

În ipotezele de mai sus condiția principală este ca materialul propus să își păstreze proprietatea de termoizolare în toată perioada de incendiu, adică în funcție de rezistența la foc solicitată pentru elementul protejat. Acesta este și motivul pentru care se vor aplica materiale incombustibile (A2s2d0 sau mai exigent) și trebuie acordată o atenție deosebită sistemului de prindere.

3. ELEMENTE DE TEORIE

(1) $R = d / \lambda$ [m²K/W], rezistența termică în câmp curent al unui strat termoizolant și în care:

d- grosimea termoizolației aplicate, exprimată în [m],

λ – conductivitatea termică și care reprezintă o caracteristică de material, exprimată în [W/K];

Pentru prezentul calcul se vor neglija rezistențele termice ale straturilor superficiale de aer și efectul de reducere al punților termice.

(2) $T = 500^{\circ}\text{C} - (500^{\circ}\text{C} - T_e) \times R_{iz} / R_T$ [°C], temperatura de calcul a coeficientului de aplatizare, aferentă feței expuse la incendiu a elementului structural, relație în care:

500°C – temperatura maximă în timpul incendiului;

T_e – temperatura spațiului adiacent celui incendiat, exprimată în [°C]- vom admite ca în timpul incendiului să nu depășească valoarea de 40;

R_{iz} – rezistența termică a stratului termoizolator, exprimată în [m²K/W],

(3) $R_T = \sum R_i$ – rezistența totală a straturilor componente ce separă spațiul incendiat de celălalt spațiu, exprimată în [m²K/W];

(4) $c = 1,3 \times T / 500$ [adimensional], coeficientul de aplatizare a curbei de temperaturi standard și care se va utiliza la determinarea capacității portante a elementelor în timpul unui incendiu; prin coeficientul 1,3 se va ține cont de efectul punților termice și care nu a fost cuantificat sub o altă formă, dar nu mai mult decât **c=1,00**.

Această metodă se poate folosi prin modificarea curbei de temperaturi aplicând coeficientul mai sus determinat.

Softul amintit mai sus nu permite modificarea ușor accesibilă a curbei și atunci se va adopta o altă variantă: se va determina acoperirea cu beton suplimentar necesară conform metodei clasice și apoi se va aplica un strat termoizolant care prin conductivitatea termică și grosime să poată asigura aceeași rezistență termică ca și stratul suplimentar de acoperire cu beton necesar.

Această asociere este corectă deoarece stratul de acoperire cu beton nu participă la capacitatea portantă a elementului din beton armat ci asigură doar protejarea armăturii. În cazul incendiului acoperirea

cu beton are și rolul de a proteja armăturile de temperaturile la care este expus spațiul.

Astfel se va aplica următorul algoritm:

- se determină grosimea stratului suplimentar “**as**” [m] de beton față de cel standard rezultat din calculul curent în exploatarea normală;
- cunoscându-se grosimea stratului suplimentar și conductivitatea termică a betonului de $\lambda = 1,74$ [W/mK] se va calcula rezistența termică indusă de acesta:

(5) **R_{as}** = $as / 1,74$ [m²K/W].

Se va propune apoi un tip de termoizolație: vată minerală, spumă incombustibilă termoizolantă, vopsea termosfumantă pentru protejarea structurilor, polistiren ignifug sau alte materiale similare, de preferat cu cât o mai mare capacitate de izolare termică: $\lambda < 0,044$ [W/K] și se va determina grosimea din condiția ca să se asigure aceeași rezistență termică ca și cea dată de stratul suplimentar necesar de acoperire cu beton:

(6) **d = 1,50 x R λ**, [m], relație în care 1,30 reprezintă un coeficient de siguranță de ține cont de efectul punților termice dar și de alte posibile erori constructive.

4. PRELUCRAREA DATELOR

4.1. Calculul coeficientului de aplatizare

Caracteristicile de izolare termică a materialelor uzual întâlnite sunt:

Tabel 1.1. Conductivitatea termică	
Material	conductivitate termică λ
	[W/m K]
beton armat	1.740
BCA	0.240
gresie	2.030
mortar de ciment și var	0.870
ipsos	0.180
vată minerală / polistiren ignifug	0.044

Mai jos voi reda care sunt rezistențele termice pentru diverse grosimi de ale stratului termoizolator:

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m²K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.005	0.114
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.260

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m²K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.004	0.091
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.237

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m²K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.003	0.068
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.214

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m²K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.002	0.045
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.192

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m²K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.001	0.023
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.169

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m²K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.050	1.136
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			1.283

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.040	0.909
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			1.055

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.030	0.682
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.828

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.020	0.455
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.601

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.010	0.227
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.373

Din calculele prezentate mai sus se poate vedea cu ușurință că stratul termoizolant prezintă o importanță deosebită în protejarea în caz de incendiu, rezistența sa termică, datorită conductivității scăzute, fiind ridicată comparativ cu a celorlalte straturi. Tocmai acesta este motivul pentru care în unele situații

este de preferat aplicarea acestei variante de protejare și nu creșterea secțiunilor de beton care ar duce și la o încărcare excesivă a structurii din punct de vedere a greutatei proprii. Creșterea greutatei proprii a unei structuri nu este de dorit datorită faptului că în cele din urmă duce la eforturi mai mari în timpul seismului și o comportare necorespunzătoare (inerție mai mare).

Se poate observa în tabelele de mai jos că prin aplicarea și a unui singur centimetru de termoizolație temperaturile la fața elementului scad până la jumătate față de cele rezultate din diagrama standard:

Tabel 2.1. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m²K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.001	0.023
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.169

Tabel 2.2. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m²K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.002	0.045
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.192

Tabel 2.3. determinare rezistență termică element delimitare			
strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m²K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.003	0.068
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.214

Tabel 2.4. determinare rezistență termică element delimitare

strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.004	0.091
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.237

Tabel 2.5. determinare rezistență termică element delimitare

strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.005	0.114
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.260

Tabel 2.6. determinare rezistență termică element delimitare

strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.010	0.227
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.373

Tabel 2.7. determinare rezistență termică element delimitare

strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.020	0.455
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.601

Tabel 2.8. determinare rezistență termică element delimitare

strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.030	0.682
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			0.828

Tabel 2.9. determinare rezistență termică element delimitare

strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.040	0.909
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			1.055

Tabel 2.10. determinare rezistență termică element delimitare

strat	λ	grosime d	R
	[W/K]	[m]	[m ² K/W]
termoizolație vată minerală	0.044	0.050	1.136
placă beton armat	1.74	0.130	0.075
șapă din mortar de ciment și nisip	0.87	0.060	0.069
finisaj gresie	2.03	0.005	0.002
Total: R_T:			1.283

În tabelele redată mai jos veți regăsi și propunerile pentru coeficientul de aplatizare al curbei de temperaturi, în funcție de grosimea de termoizolație de protecție propusă:

Tabel 3.1. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	0.023	0.169	438	1	1.000

Tabel 3.2. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	0.045	0.192	391	2	1.000

Tabel 3.3. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	0.068	0.214	354	3	0.920

Tabel 3.4. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	0.091	0.237	324	4	0.647

Tabel 3.5. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	0.114	0.260	299	5	0.598

Tabel 3.6. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	0.227	0.373	220	10	0.572

Tabel 3.7. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	0.455	0.601	152	20	0.395

Tabel 3.8. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	0.682	0.828	121	30	0.315

Tabel 3.9. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	0.909	1.055	104	40	0.270

Tabel 3.10. determinare coeficient aplatizare curbă standard incendiu după aplicare termoizolație de grosime d						
Tincendiu	Te	Riz	RT	T	d	c
[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[°C]	[mm]	
500	40	1.136	1.283	92	50	0.240

Din calculele de mai sus se poate vedea cu ușurință că în cazul unei termoizolări cu 1cm de material se va obține o reducere semnificativă a curbei prin aplatizarea acesteia cu un coeficient c aproape egal cu 0,50.

În capitolele de mai jos vom vedea și ce înseamnă acest lucru din punct de vedere a rezistenței la foc.

4.2. Determinarea rezistenței la foc pentru diverse grosimi ale stratului de acoperire cu beton

Vom exemplifica pe o placă din beton armat deoarece aceasta reprezintă elementul cel mai expus și defavorabil:

4.1. Placă din beton armat - Rezistența la foc - Influența variației acoperirii, înălțime utilă constantă										
Grosime		Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire		Rezistența la foc	Mcap	Mref
totală	utilă					totală	suplimentară			
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
130	110	C16/20	PC52	10	6	20	0	1	14.81	10.37
expunere pe o față										
130	110	C16/20	PC52	10	6	20	0	60	13.25	10.37
140	110	C16/20	PC52	10	6	30	10	90	13.51	10.37
160	110	C16/20	PC52	10	6	50	30	120	14.81	10.37
200	110	C16/20	PC52	10	6	90	70	180	14.81	10.37
280	110	C16/20	PC52	10	6	170	150	240	14.81	10.37

Așa cum se poate vedea în exemplul de mai sus: o placă care din condiții standard de calcul are o grosime de 130mm, acoperire cu beton de 20mm și este armată cu 6 bare cu diametrul de 10mm, din PC52, poate asigura o rezistență la foc de cel puțin 60 de minute.

Pentru rezistențe la foc mai mari este necesară creșterea stratului de acoperire cu beton cu:

- 10 mm pentru o rezistență la foc de cel puțin 90 de minute;
- 30 mm pentru o rezistență la foc de cel puțin 120 de minute;
- 70mm pentru o rezistență la foc de cel puțin 180 de minute;
- 150mm pentru o rezistență la foc de cel puțin 240 de minute.

Am folosit o placă cu o grosime de 130mm deoarece aceasta este condiția minim impusă pentru clădiri civile din condiții de izolare fonică. Modul de armare ales este de asemenea unul uzual. Cu cât grosimea plăcii sau armarea rezultă mai mari din condiții de exploatare normală, cu atât rezistența la incendiu este mai mare, deci se poate considera cazul de mai sus acoperitor. Menționăm că armările de rezistență impun cel puțin 6 bare pe metru și diametru nu mai mic de 10mm.

Astfel, dacă vom considera cazul de mai sus acoperitor, practic orice este peste valorile ce s-au prezentat, dacă se aplică soluțiile din prezentul studiu, pot fi considerate ca acoperitoare.

4.3. Determinarea stratului de material termoizolant

Am determinat mai sus care este protecția minimă de beton suplimentară pentru ca să se poată asigura gradul de rezistență la foc impus.

Pornind de la aceste valori vom determina care sunt grosimile minime ale stratului de protecție:

Tabel 5.1. stabilire grosime strat termo izolant				
Rezistența la foc	Material	grosime necesară suplimentară strat acoperire	conductivitate termică λ	R
[minute]		[m]		
90	beton armat	0.0100	1.740	0.006
	strat termoizolant	0.0004	0.044	
120	beton armat	0.0300	1.740	0.017
	strat termoizolant	0.0011	0.044	
180	beton armat	0.0700	1.740	0.040
	strat termoizolant	0.0027	0.044	
240	beton armat	0.1500	1.740	0.086
	strat termoizolant	0.0057	0.044	

Cum se poate vedea de mai sus grosimile straturilor termoizolante de protecție nu rezultă ca fiind foarte mari. Practic prin aplicarea unei termoizolații cu un strat de protecție cu o grosime de cel puțin 6mm se poate obține pe orice element de beton, indiferent de calculul sub încărcări curente, o rezistență la foc de cel puțin 240 de minute.

5. CONCLUZII

Se poate concluziona de mai sus că este de preferat, atunci când se impune, ca **rezistența superioară la incendiu** să se obțină nu prin creșterea grosimii elementului structural (utile sau a stratului de acoperire cu beton) ci **prin aplicarea unei termoizolații de protecție**.

Recomand ca această soluție să se utilizeze pentru orice acoperire de beton suplimentară mai groasă de 3cm deoarece ar duce la creșteri de greutate ale construcției, cu efecte nedorite pentru comportarea la seism.

Soluții adoptate pot fi multiple, pornind de la vată minerală, termospumant ignifug până vopsea termospumantă.

Deși studiul nu a fost realizat și pentru construcții din beton armat, concluziile lui se pot utiliza și în acest caz, cu atât mai mult cu cât temperaturile oțelului aflat în contact direct cu incendiul urmăresc curba de temperaturi a spațiului incendiat.

Proiectanții de structuri au obligația de a menționa în cadrul proiectului de rezistență tipul de protecție ce se impune, atunci când este cazul. De asemenea va menționa în documentație și care este rezistența minimă la foc a elementelor structurale.

6. RECOMANDĂRI

Recomandăm ca să se obțină creșterea de rezistență la incendiu prin aplicarea unui strat termoizolant cu o grosime de cel puțin 5mm și conductivitatea termică de 0,044 [W/m K], corespunzător unei rezistențe de cel puțin 0,1136 [m²K/W]. În acest caz se va asigura o rezistență la foc de cel puțin 240 de minute.

Atunci când se ia în calcul incendiul pe ambele fețe ale elementului această soluție se va aplica pe toate laturile expuse.

De reținut că și straturile de aer închise au caracteristici importante de termoizolare:

· Rezistențe termice ale straturilor de aer neventilate Ra

Grosimea stratului de aer [mm]	Direcția și sensul fluxului termic		
	Orizontal	Vertical	
		Ascendent	Descendent
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,17	0,16	0,17
25	0,18	0,16	0,19
50	0,18	0,16	0,21
100	0,18	0,16	0,22
300	0,18	0,16	0,23

Studiu întocmit de către:

drd. ing. Marius Dorin LULEA

Marius@Securitate-Incendiu-Constructii.RO 0764. 701. 500

PREZENTUL MATERIAL SE POATE FOLOSI NEÎNGRĂDIT ȘI SE POATE PRINTA SAU MODIFICA DAR FĂRĂ A SE FACE MODIFICĂRI ASUPRA CONȚINUTULUI

ÎN CAZUL CITĂRII SE VA INDICA CU EXACTITATE SURSA