

**STUDIU CU PRIVIRE LA  
REZISTENȚA LA FOC A  
PLĂCILOR DIN BETON ARMAT**

## 1. DESCRIERE

Prezentul studiu are scopul de a veni în ajutorul proiectanților de structuri, în vederea identificării cu ușurință a rezistențelor la foc a plăcilor din beton armat.

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 capacității portante a plăcilor din beton armat în funcție de timpul de expunere la un incendiu standard, dar analizează și impactul diverselor caracteristici (grosime placă, grosime strat de acoperire cu beton, clasă de beton, secțiuni de armătură, etc...) asupra rezistenței la foc.

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. ROLUL PLANȘEELEOR DIN BETON ARMAT

Planșeele construcțiilor au un rol foarte important în limitarea acțiunii incendiilor. În acest sens ele trebuie să își păstreze caracteristicile de rezistență, izolare și etanșare o perioadă determinată de timp, impusă de:

- gradul de rezistență la foc;
- sarcina termică din spațiile pe care le delimitează;
- funcțiunea spațiilor pe care le delimitează;
- rolul de planșeu antifoc, acolo unde acest lucru se impune.

În principiu rezistențele la foc ce prezintă relevanță sunt următoarele: REI 15(GRF IV conform P118-99), REI 30(GRF II și GRF III conform P118-99), REI 45(GRF II și GRF III conform P118-99), REI 60(GRF I conform P118-99) – impuse de încadrarea într-un anumit grad de rezistență la foc, REI90-impusă de separarea diverselor funcțiuni și REI120 atunci când se vor separa compartimente diferite(planșee antifoc)<sup>[2]</sup>.

De reținut faptul că în cazul unui planșeu se pune problema îndeplinirii condițiilor de rezistență la foc o perioadă determinată de timp atât de către placă cât și de către grinzile din beton armat. Însă în cazul clădirilor expuse riscului seismic grinzile din beton armat ajung să fie dimensionate din această grupare specială de încărcări(seism), care se dovedește a fi acoperitoare pentru cea care cuprinde incendiul. La acest lucru se adaugă și faptul că secțiunea mai înaltă față de cea a plăcii face ca influența incendiului în timp să fie sensibil mai mică decât pentru placă. De reținut că nu se vor lua niciodată în considerare două încărcări excepționale simultan, respectiv încărcarea dată de seism și cea dată de acțiunea incendiului nu vor face niciodată parte din aceleași grupări(ipoteze) de calcul.

9.1. Moment capabil grindă din beton simplu armat								
B	H	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcapi
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	1	106.43
expunere pe fața inferioară:								
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	15	106.43
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	30	106.43
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	45	106.43
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	60	106.43
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	90	106.43
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	120	97.49
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	180	69.70
expunere pe ambele fețe:								
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	15	105.61
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	30	103.40
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	45	101.74
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	60	100.80
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	90	98.70
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	120	88.65
300	500	C25/30	PC52	18	3	35	180	62.07

Așa cum se poate vedea mai sus scăderea de capacitatea portantă a grinzii din beton armat simplu armată nu este semnificativă până la 120 de minute de acțiune a incendiului, indiferent de numărul de fețe pe care acționează. Având în vedere că adăugăm aici și faptul că pentru clădiri mai mari de două niveluri seismul este cel care dictează secțiunea de beton și modul de armare al grinzilor, putem presupune că în cele din urmă placa de beton armat este cea mai slabă componentă a planșeului și care va dicta rezistența la foc.

### 3. DEFINIREA MODELULUI

Studiul prezent pornește de la necesitatea studierii comportării structurii în timpul incendiului, văzut ca și o situație excepțională (grupare specială de încărcări):

Prezenta documentație a fost întocmită în vederea aplicării următoarei metode de către specialiști:

- se realizează calculul structural în gruparea fundamentală (cea care duce la cele mai mari eforturi la nivelul plăcii datorită coeficienților de siguranță mai mari față de grupările speciale, precum cele seismice, incendiul, etc...);

- pe baza momentului capabil al secțiunii de beton armat rezultată din dimensionarea în gruparea fundamentală (exploatarea normală) se stabilește care este rezistența la foc sau ce măsuri sunt necesare pentru a realiza creșterea acesteia; o importanță deosebită în prezentul studiu îl constituie faptul că încărcările din gruparea specială sunt mai mici decât cele din gruparea fundamentală (coeficienți de siguranță mai mici), deci momentul la care secțiunea trebuie să reziste sub incendiu poate suporta valori mai scăzute.

Ca și primă etapă în prezentul studiu s-a determinat care este diferența între încărcarea totală la nivelul plăcii în gruparea specială și cea din exploatarea curentă.

Evaluare raport între valoarea excepțională a încărcărilor și cea normală									
Grupare	Greutate placă	Coeficient siguranță	Greutate șapă	Coeficient siguranță	Greutate pereți compartimentare	Coeficient siguranță	Utila	Coeficient siguranță	Total
	kgf/m <sup>2</sup>	[-]	kgf/m <sup>2</sup>	[-]	kgf/m <sup>2</sup>	[-]	kgf/m <sup>2</sup>	[-]	kgf/m <sup>2</sup>
normală	500	1.35	140	1.35	150	1.35	150	1.5	1291.5
excepțională	500	1	140	1	150	1	150	0.7	895
pentru evaluare s-a luat în considerare o placă medie de 20cm						excepțională / normală =			69.30%

Se poate constata din tabelul de mai sus că raportul exprimat procentual între încărcările estimate în gruparea specială (care cuprinde incendiul) și cea normală este de aproximativ 70%. Prin iterații s-a stabilit că nu se influențează semnificativ valoarea la variația grosimii de placă, iar cea considerată este una acoperitoare pentru cazurile uzuale și care se referă la grosimi de placă cuprinse între 13cm și 20cm.

Momentul capabil al unei plăci din beton armat depinde liniar de valoarea încărcării specifice regăsite la nivelul unei plăci. Se va ține cont de acest lucru în metoda propusă în prezentul articol.

Pentru ușoara înțelegere se va defini **Mref**, exprimat în [kNm]- acesta va fi egal cu:

(1) **Mref = 0,7 x Mcap** al plăcii din beton armat, unde

(2) **Mcap** = momentul capabil al secțiunii plăcii din beton armat, exprimat în [kNm], acea secțiune stabilită prin calcul în timpul exploatarea curente.

Atunci când în prezentul studiu se analizează **Mcap** pentru o rezistență la foc aferentă expunerii la un incendiu standard pe o perioadă de 1 minut, este redată în esență capacitatea portantă a secțiunii în exploatarea normală, adică atunci când ea nu este supusă incendiului.

Se va defini pe mai departe:

(3) **M<sub>cap</sub>** = momentul capabil al secțiunii plăcii din beton armat, exprimat în [kNm], stabilit pentru situația excepțională dată de acțiunea unui incendiu standard o perioadă determinată de timp exprimată în minute, pe una sau ambele fețe ale plăcii.

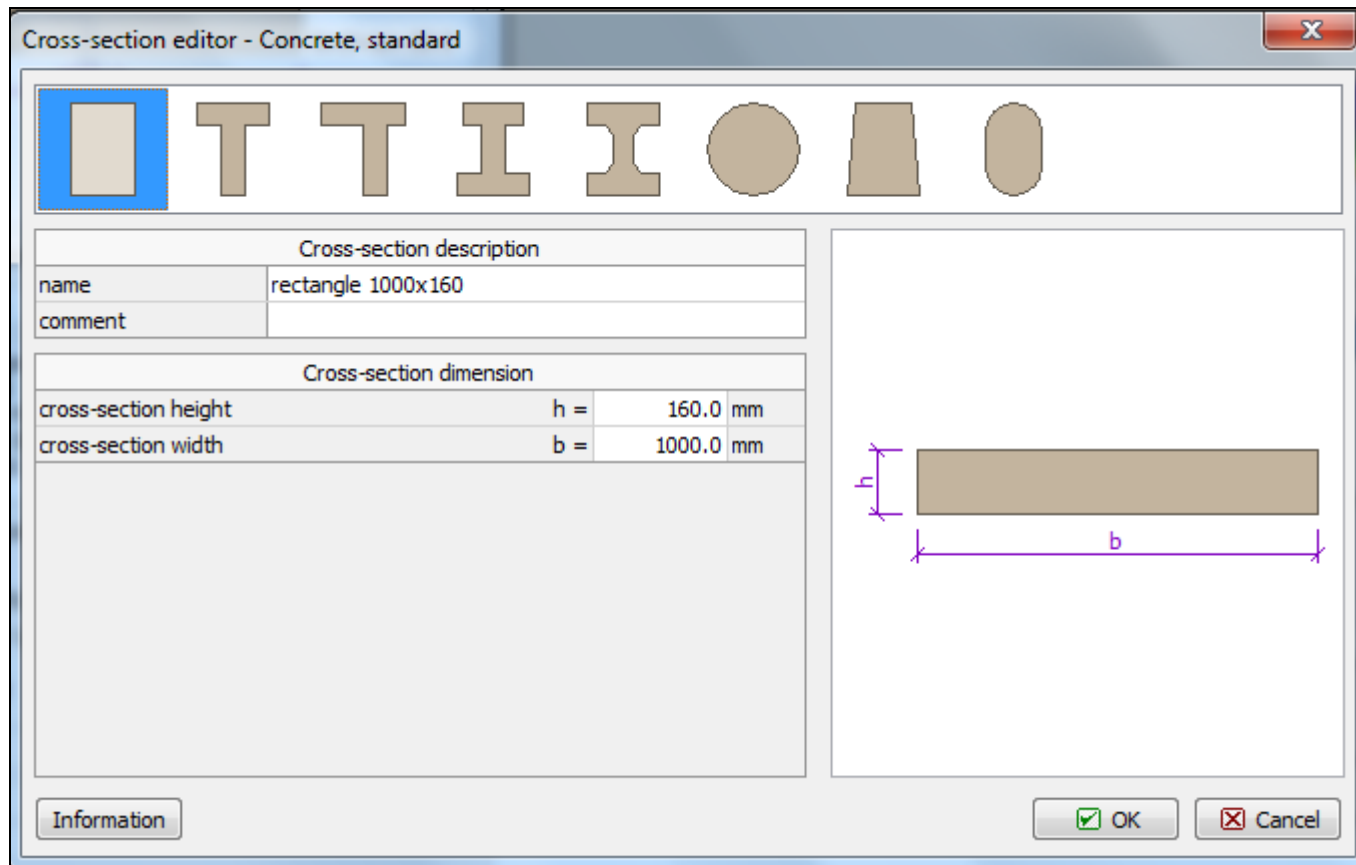
**Condiția necesară a fi îndeplinită este:**

$$M_{cap} > M_{ref}$$

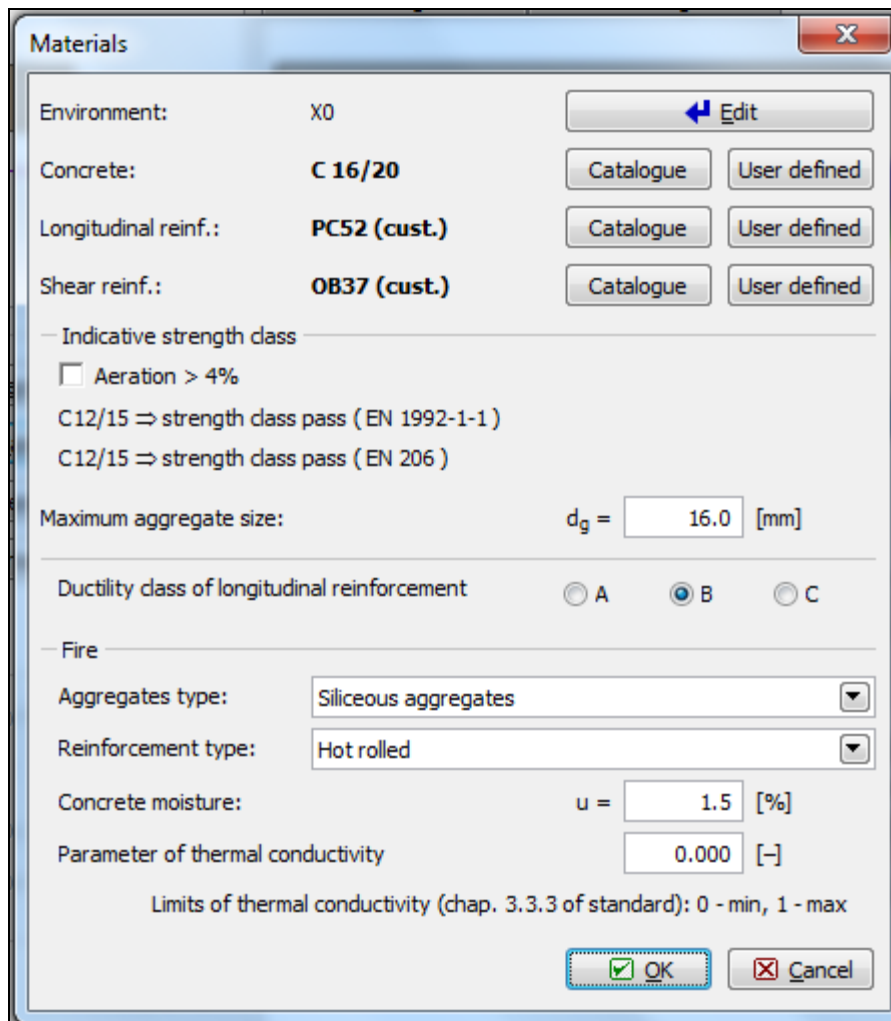
#### 4. DATE DE INTRARE ȘI DE IEȘIRE

**Datele de intrare** pentru software sunt următoarele:

- grosimea plăcii, exprimată în [mm];



- caracteristicile betonului exprimate prin intermediul clasei de beton;
- caracteristicile armăturii furnizate ca și date de intrare fie prin intermediul unei liste prestabilite, fie prin rezistența de calcul exprimată în [N/mm<sup>2</sup>];



The 'Materials' dialog box contains the following fields and options:

- Environment: X0 (with an 'Edit' button)
- Concrete: C 16/20 (with 'Catalogue' and 'User defined' buttons)
- Longitudinal reinf.: PC52 (cust.) (with 'Catalogue' and 'User defined' buttons)
- Shear reinf.: OB37 (cust.) (with 'Catalogue' and 'User defined' buttons)
- Indicative strength class section:
  - Aeration > 4%
  - C12/15 ⇒ strength class pass (EN 1992-1-1)
  - C12/15 ⇒ strength class pass (EN 206)
- Maximum aggregate size:  $d_g =$  16.0 [mm]
- Ductility class of longitudinal reinforcement: Radio buttons for A, B (selected), and C
- Fire section:
  - Aggregates type: Siliceous aggregates (dropdown menu)
  - Reinforcement type: Hot rolled (dropdown menu)
  - Concrete moisture:  $u =$  1.5 [%]
  - Parameter of thermal conductivity: 0.000 [-]
  - Limits of thermal conductivity (chap. 3.3.3 of standard): 0 - min, 1 - max
- Buttons: 'OK' (checked) and 'Cancel'

- modul de armare, adică dimensiunea barelor de armătură și numărul de bare pe metru liniar;
- grosimea stratului de acoperire exprimată în [mm];

**Edit reinforcement**

– Cover  
 Minimum cover  
 Min cover and stirrups  
 User defined cover  
 Cover:  [mm]

– Upper reinforcement

	Diameter [mm]	Type Input	Distance [mm]	Count [-]	Position Type	Position [mm]	A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]
<input type="checkbox"/> 1							
<input type="checkbox"/> 2							
<input type="checkbox"/> 3							
<input type="checkbox"/> 4							

Σ A<sub>s</sub> [mm<sup>2</sup>]  
0.0

– Bottom reinforcement

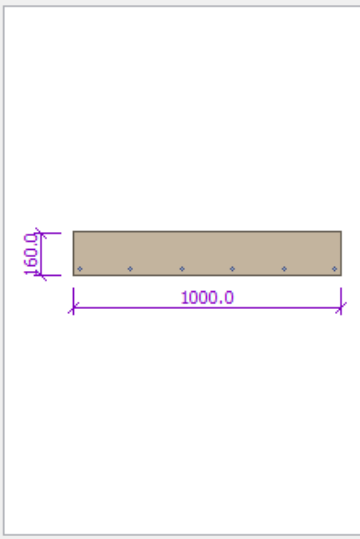
	Diameter [mm]	Type Input	Distance [mm]	Count [-]	Position Type	Position [mm]	A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]
<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="text" value="10"/>	Number		<input type="text" value="6"/>	Cover	<input type="text" value="20.0"/>	<input type="text" value="471.2"/>
<input type="checkbox"/> 2							
<input type="checkbox"/> 3							
<input type="checkbox"/> 4							

Σ A<sub>s</sub> [mm<sup>2</sup>]  
471.2

– Reinforcement positioning  
 Generate identical bar spacing  
 Bars as much on edge as possible

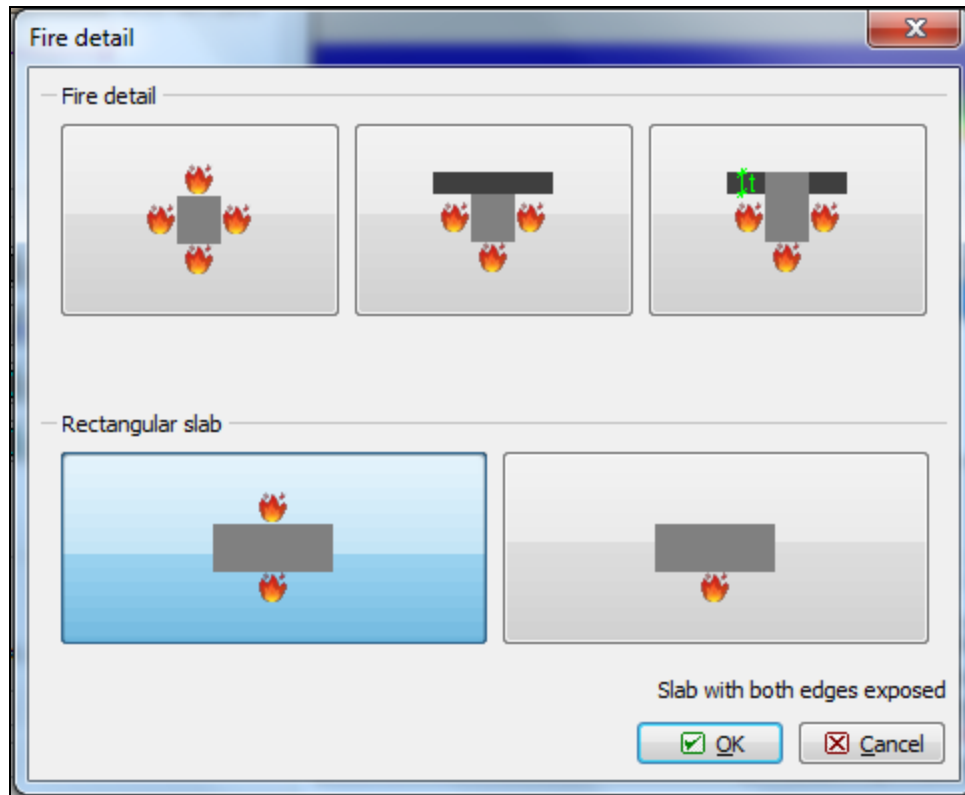
– Information  
 Total reinforcement area: 471.2 mm<sup>2</sup>  
**Check of min and max reinforcement level**  
 Beam (reinforcement in tension - min, total reinforcement - max):  
 $\rho_{s,t} = 0.00349 \geq \rho_{s,min} = 0.00165 \Rightarrow$  Pass  
 $\rho_s = 0.00295 \leq \rho_{s,max} = 0.04 \Rightarrow$  Pass

Utilization by bending : **220.6 % FAIL**



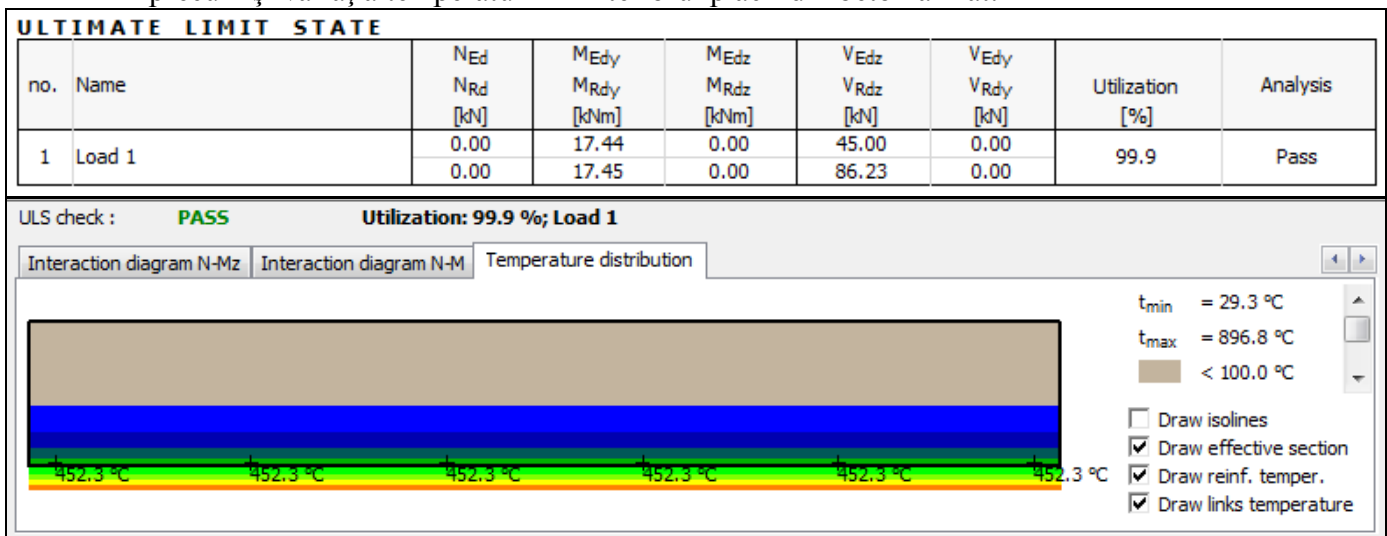
- limita de rezistență la foc exprimată în [minute];
- modul de expunere – pe o față inferioară a plăcii(incendiu localizat) sau pe ambele fețe(incendiu generalizat);
- curba de temperatură ce definește incendiul standard.

– Fire  
 Limit fire resistance period:  [min]  
   
 Standard temperature curve   
 Slab with one exposed edge



Programul va returna ca și **date de ieșire:**

- **M<sub>capi</sub>** exprimat în [kNm] pentru elementele definite mai sus,
- precum și variația temperaturii în interiorul plăcii din beton armat.





## 5. MODUL DE EXPUNERE AL INCENDIULUI

Incendiul se poate lua în considerare cu expunere pe o singură față, sau pe cele două fețe. În primul caz se consideră că incendiul este localizat, în cel de al doilea caz se consideră un incendiu generalizat.

**În cazul în care expunerea se va face pe o singură față se va considera ipoteza când acesta acționează pe partea inferioară a plăcii din următoarele considerente:**

- este cea mai defavorabilă situație de acțiune(încărcare) deoarece este aferent părții cu armătura aflată în zona lucru(mai puțin material izolant de parcurs);
- la același tip de incendiu într-un spațiu temperaturile vor fi întotdeauna la partea superioară mai mari, iar la partea inferioară mai mici;
- dinamica incendiului(flăcări, gaze fierbinți) duce la această ipoteză ca fiind cea mai defavorabilă(un obiect se încălzește mai repede dacă focul se află sub el și nu deasupra, la aceeași cantitate de combustibil utilizat);
- probabilitatea ca extinderea incendiului să se facă de jos în sus este cu mult mai mare.

Ipotezele de acțiune, pe o parte sau pe ambele părți, în vederea stabilirii rezistenței la foc(timpul de expunere la incendiul standard și sub care structura își îndeplinește rolul) sunt:

- **pentru planșee rezistente la foc**, adică pentru elementele ce au doar rol de separare a spațiilor curente, rezistența la foc se stabilește prin expunerea la incendiu o perioadă determinată pe o singură latură;
- **pentru planșee antifoc**, adică pentru elementele ce au rolul de separare a două compartimente de incendiu diferite(clădirile înalte și foarte înalte, precum și cele care separă suprastructura de subsolurile cu parcări) se va considera că rezistența la foc este dată de acțiunea incendiului pe ambele fețe.

## 6. INTERPRETAREA REZULTATELOR

### 6.1. Rezistențe la foc pentru cazuri uzuale

La limită se va considera acceptabilă situația în care capacitatea portantă este cu mai puțin de 10% sub cea de referință.

Redăm mai jos valorile returnate de către program pentru situații des întâlnite în proiectare, considerându-se plăci de beton armat cu grosimile de 130mm, 160mm și 200mm și module de armare cu 6 și 10 bare, cu diametrele de 10mm și 12mm din PC52:

1.1. Plăci din beton armat - Rezistențe la foc								
Grosime	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap / Mcap	Mref
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
<b>130</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>14.81</b>	<b>10.37</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
130	C16/20	PC52	10	6	20	15	14.81	10.37
130	C16/20	PC52	10	6	20	30	14.81	10.37
130	C16/20	PC52	10	6	20	45	14.81	10.37
130	C16/20	PC52	10	6	20	60	13.25	10.37
130	C16/20	PC52	10	6	20	90	9.39	10.37
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
130	C16/20	PC52	10	6	20	15	14.38	10.37
130	C16/20	PC52	10	6	20	30	13.16	10.37
130	C16/20	PC52	10	6	20	45	11.86	10.37
130	C16/20	PC52	10	6	20	60	9.30	10.37
130	C16/20	PC52	10	6	20	90	3.71	10.37
<b>130</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>20.37</b>	<b>14.26</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
130	C16/20	PC52	12	6	20	15	19.78	14.26
130	C16/20	PC52	12	6	20	30	18.29	14.26
130	C16/20	PC52	12	6	20	45	17.83	14.26
130	C16/20	PC52	12	6	20	60	17.21	14.26
130	C16/20	PC52	12	6	20	90	13.76	14.26
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
130	C16/20	PC52	12	6	20	15	19.21	14.26
130	C16/20	PC52	12	6	20	30	15.45	14.26
130	C16/20	PC52	12	6	20	45	13.18	14.26
130	C16/20	PC52	12	6	20	60	10.92	14.26
130	C16/20	PC52	12	6	20	90	5.36	14.26
nu se admite grosimea de 130mm pentru rezistență la foc de 120 minute indiferent de capacitatea portantă urmărită								

1.2. Plăci din beton armat - Rezistențe la foc								
Grosime	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap / Mcap i	Mref
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
<b>130</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>23.47</b>	<b>16.43</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
130	C16/20	PC52	10	10	20	15	22.61	16.43
130	C16/20	PC52	10	10	20	30	19.74	16.43
130	C16/20	PC52	10	10	20	45	18.98	16.43
130	C16/20	PC52	10	10	20	60	18.19	16.43
130	C16/20	PC52	10	10	20	90	14.97	16.43
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
130	C16/20	PC52	10	10	20	15	21.95	16.43
130	C16/20	PC52	10	10	20	30	17.29	16.43
130	C16/20	PC52	10	10	20	45	14.10	16.43
130	C16/20	PC52	10	10	20	60	11.60	16.43
130	C16/20	PC52	10	10	20	90	5.90	16.43
<b>130</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>31.99</b>	<b>22.39</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
130	C16/20	PC52	12	10	20	15	31.10	22.39
130	C16/20	PC52	12	10	20	30	27.14	22.39
130	C16/20	PC52	12	10	20	45	24.33	22.39
130	C16/20	PC52	12	10	20	60	21.86	22.39
130	C16/20	PC52	12	10	20	90	18.28	22.39
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
130	C16/20	PC52	12	10	20	15	30.16	22.39
130	C16/20	PC52	12	10	20	30	23.90	22.39
130	C16/20	PC52	12	10	20	45	19.55	22.39
130	C16/20	PC52	12	10	20	60	15.43	22.39
130	C16/20	PC52	12	10	20	90	6.60	22.39
nu se admite grosimea de 130mm pentru rezistență la foc de 120 minute indiferent de capacitatea portantă urmărită								

1.3. Plăci din beton armat - Rezistențe la foc								
Grosime	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap / Mcap i	Mref
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
<b>160</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>19.49</b>	<b>13.64</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
160	C16/20	PC52	10	6	20	15	19.49	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	30	19.49	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	45	19.49	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	60	17.45	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	90	12.19	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	120	8.06	13.64
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
160	C16/20	PC52	10	6	20	15	19.04	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	30	17.81	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	45	16.90	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	60	14.07	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	90	7.81	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	120	3.52	13.64
<b>160</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>26.91</b>	<b>18.84</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
160	C16/20	PC52	12	6	20	15	26.91	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	30	26.91	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	45	26.91	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	60	24.70	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	90	18.10	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	120	12.23	18.84
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
160	C16/20	PC52	12	6	20	15	26.23	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	30	23.74	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	45	21.77	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	60	19.28	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	90	11.49	18.84
160	C16/20	PC52	12	6	20	120	5.40	18.84

1.4. Plăci din beton armat - Rezistențe la foc								
Grosime	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap / Mcap i	Mref
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
<b>160</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>30.96</b>	<b>21.67</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
160	C16/20	PC52	10	10	20	15	30.32	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	30	29.16	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	45	28.79	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	60	27.57	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	90	19.77	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	120	13.32	21.67
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
160	C16/20	PC52	10	10	20	15	29.52	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	30	25.65	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	45	23.19	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	60	20.40	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	90	12.56	21.67
160	C16/20	PC52	10	10	20	120	5.82	21.67
<b>130</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>42.55</b>	<b>29.79</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
160	C16/20	PC52	12	10	20	15	41.25	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	30	35.89	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	45	32.33	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	60	31.10	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	90	27.73	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	120	19.82	29.79
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
160	C16/20	PC52	12	10	20	15	40.27	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	30	32.71	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	45	27.66	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	60	23.24	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	90	16.38	29.79
160	C16/20	PC52	12	10	20	120	8.69	29.79

1.5. Plăci din beton armat - Rezistențe la foc								
Grosime	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap / Mcap i	Mref
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
<b>200</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>25.77</b>	<b>18.04</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
200	C16/20	PC52	10	6	20	15	25.77	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	30	25.77	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	45	25.77	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	60	22.72	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	90	15.69	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	120	10.38	18.04
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
200	C16/20	PC52	10	6	20	15	25.33	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	30	24.19	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	45	23.21	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	60	19.78	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	90	12.45	18.04
200	C16/20	PC52	10	6	20	120	7.18	18.04
<b>200</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>35.80</b>	<b>25.06</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
200	C16/20	PC52	12	6	20	15	35.80	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	30	35.80	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	45	35.80	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	60	32.73	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	90	23.70	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	120	15.88	25.06
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
200	C16/20	PC52	12	6	20	15	35.14	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	30	33.45	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	45	32.07	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	60	28.22	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	90	18.77	25.06
200	C16/20	PC52	12	6	20	120	11.00	25.06

1.6. Plăci din beton armat - Rezistențe la foc								
Grosime	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap / Mcap i	Mref
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
<b>200</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>41.14</b>	<b>28.80</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
200	C16/20	PC52	10	10	20	15	41.14	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	30	41.14	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	45	41.14	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	60	36.58	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	90	25.87	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	120	17.19	28.80
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
200	C16/20	PC52	10	10	20	15	40.37	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	30	38.45	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	45	36.87	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	60	31.57	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	90	20.38	28.80
200	C16/20	PC52	10	10	20	120	11.87	28.80
<b>200</b>	<b>C16/20</b>	<b>PC52</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>56.83</b>	<b>39.78</b>
<b>expunere pe o față(incendiu localizat)</b>								
200	C16/20	PC52	12	10	20	15	54.90	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	30	51.05	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	45	49.79	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	60	47.99	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	90	38.01	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	120	26.18	39.78
<b>expunere pe două fețe(incendiu generalizat)</b>								
200	C16/20	PC52	12	10	20	15	53.87	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	30	46.39	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	45	42.15	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	60	38.50	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	90	29.80	39.78
200	C16/20	PC52	12	10	20	120	17.97	39.78

Voi reda mai jos prin exemple modul în care se vor utiliza informațiile de mai sus:

**Exemplul 1:** Presupunem că din calculul în timpul exploatării normale a reieșit o placă din beton armat cu o grosime de 130mm, acoperirea de beton a armăturilor de 20mm, armată cu 6 bare cu diametrul de 10mm(pe metru de placă). Momentul capabil al acestei plăci este de  $M_{cap} = 14.81 \text{ kNm}$ . Am stabilit mai sus cum că încărcările ce revin unei plăci sub acțiunile excepționale reprezintă doar 70% din cele rezultate pentru calculul în gruparea fundamentală, stabilind astfel un  $M_{ref} = 10.37 \text{ kNm}$ . S-a calculat capacitatea portantă pentru diverse perioade de expunere a elementului la incendiul standard aplicat pe o singură latură, obținându-se  $M_{capi}$ . Pentru toate situațiile în care  $M_{capi} > M_{ref}$  (se admite și abaterea în limita a 10%) se consideră că elementul își îndeplinește rolul în perioada de expunere la incendiu. **În consecință rezistența la foc a plăcii va fi de 60 de minute**, fără a fi necesară nici o măsură suplimentară.

**Exemplul 2:** Pentru situația de mai sus să presupunem că am avea nevoie de o rezistență la foc de cel puțin 90 de minute. Având  $M_{ref} = 10.37 \text{ kNm}$ , vom căuta în celelalte tabele o caracteristică  $M_{capi}$  mai mare decât cea de referință, dar pentru o expunere la incendiu standard de cel puțin 90 de minute. Observăm că pentru aceleași caracteristici, dar o armare cu 6 bare cu diametrul de 12mm,  $M_{capi} = 13.76 \text{ kNm}$  (expunere pe o singură latură). Astfel: deși din calculul în gruparea fundamentală erau necesare doar 6 bare cu diametrul de 12mm, acestea nu pot asigura o rezistență la foc decât de 60 minute, nu 90 de minute cât se solicită. Pentru a se acoperi această din urmă solicitare va fi nevoie de creșterea diametrului barelor de armătură de la 10mm la 12mm.

**Exemplul 3:** Să presupunem situația de mai sus dar pentru un planșeu antifoc dintr-o clădire înaltă și foarte înaltă și care delimitează și două compartimente diferite. În acest caz rezistența la foc solicitată este de 120 de minute cu ipoteza de expunere pe ambele fețe ale plăcii. Se poate observa că nu se admite planșeu cu o grosime de 130mm. Din tabele observăm că o placă de 200mm, armată cu 6 bare cu diametrul de 12mm are un  $M_{capi} = 11.00 \text{ kNm}$  pentru dublă expunere timp de 120 de minute. În concluzie va fi necesară atât creșterea grosimii plăcii cât și a diametrului armăturii.

Conform celor prezentate mai sus se poate concluziona că în general planșeele rezultate din calculul curent pot asigura o rezistență la foc de REI45-REI60, pentru exigențe mai mari apărând necesitatea de măsuri suplimentare structurale sau de protecție.

De asemenea se poate trage concluzia că trecerea de la REI60 la REI90 și/sau REI120 implică creșteri semnificative de armătură (uneori dublarea) sau beton, ducând la creșterea costurilor construcției dar și a greutateii acesteia.



## 6.2. Influența clasei de beton

În cadrul studiului s-a determinat care este influența variației clasei de beton pentru îmbunătățirea rezistenței la foc a plăcilor din beton armat.

S-a luat în considerare o placă cu o grosime de 160mm, acoperire cu beton a armăturii de 20mm și armare cu 6 bare cu diametrul de 10mm din PC52, rezultate din calculul pentru cazul exploatării curente.

Se va considera o expunere la incendiu pe ambele fețe(incendiu generalizat).

3.1. Placă din beton armat - Rezistența la foc - Influența variației clasei de beton									
Grosime	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap / Mcapi			
						C12/15	C16/20	C20/25	C25/30
[mm]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]			
160	PC52	10	6	20	1	18.98	19.49	19.86	19.97
160	PC52	10	6	20	15	18.54	19.04	19.43	19.54
160	PC52	10	6	20	30	17.33	17.81	18.19	18.35
160	PC52	10	6	20	45	16.10	16.90	17.26	17.48
160	PC52	10	6	20	60	13.70	14.07	14.37	14.45
160	PC52	10	6	20	90	7.70	7.81	7.85	7.88
160	PC52	10	6	20	120	3.51	3.52	3.53	3.54
160	PC52	10	6	20	180	-	-	-	-

Așa cum se poate vedea din tabelul de mai sus, influența variației clasei de beton în cazul plăcilor din beton armat este nesemnificativă. În acest caz se poate considera prin simplificare că nu influențează clasa de beton rezistența la foc a plăcii din beton armat.

## 6.3. Influența creșterii grosimii plăcii cu păstrarea constantă pentru acoperirea cu beton a armăturilor

Cu ajutorul programului s-a mai verificat și care este **influența creșterii înălțimii utile** a secțiunii plăcii din beton armat(acoperirea cu beton a armăturii se menține constantă) ca și soluție pentru asigurarea unei rezistențe mai mari:

4.1. Placă din beton armat - Rezistența la foc - Influența variației înălțimii utile, acoperire constantă								
Grosime	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap	Mref
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
130	C16/20	PC52	10	6	20	1	14.81	10
130	C16/20	PC52	10	6	20	45	11.86	10
140	C16/20	PC52	10	6	20	60	10.92	10
150	C16/20	PC52	10	6	20	60	12.52	10
160	C16/20	PC52	10	6	20	60	14.07	10
170	C16/20	PC52	10	6	20	60	15.58	10
180	C16/20	PC52	10	6	20	90	10.28	10
190	C16/20	PC52	10	6	20	90	11.38	10
200	C16/20	PC52	10	6	20	90	12.45	10
240	C16/20	PC52	10	6	20	120	10.33	10

**Tabelul 4.1.** prezentat mai sus ne arată că o soluție pentru creșterea rezistenței la foc o reprezintă creșterea înălțimii utile (înălțimea totală din care se va scădea o acoperire cu beton a armăturii) a secțiunii plăcii din beton armat față de situația de dimensionare în condiții normale de exploatare.

**Spre exemplu:** în cazul unei plăci de 130mm, acoperire cu beton a armăturii de 20mm și care din calculul curent a dus la o armare cu 6 bare de diametrul de 10mm din PC52, se poate asigura o rezistență la foc de 45 de minute fără nici o intervenție. Pentru rezistențe mai mari se poate crește secțiunea de beton de la 130mm la 140mm, asigurându-se astfel o rezistență de 60 de minute, și de la 130mm la 180mm, asigurându-se astfel o rezistență la foc de 90 de minute. Deși dus la o limită irațională, se poate vedea că pentru a se ajunge la 120 de minute rezistență la foc (planșee antifoc) va fi necesară creșterea secțiunii de la 130mm la 240mm. În acest din urmă caz se dovedește mai utilă protejarea structurii.

#### 6.4. Influența creșterii acoperirii de beton, cu păstrarea constantă a înălțimii utile a plăcii

S-a analizat și care este **efectul creșterii acoperirii cu beton**, cu menținerea constantă a înălțimii utile. Din analiza celor două aspecte de mai sus reiese că este mai bine a se utiliza ca și măsură creșterea grosimii plăcii prin modificarea înălțimii utile și nu pe cea a acoperirii cu beton a armăturii (eficiență mai scăzută).

4.2. 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
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
130	C16/20	PC52	10	6	20	1	14.81	10
140	C16/20	PC52	10	6	30	60	10.63	10
150	C16/20	PC52	10	6	40	60	10.86	10
160	C16/20	PC52	10	6	50	60	11.00	10
170	C16/20	PC52	10	6	60	60	11.40	10
180	C16/20	PC52	10	6	70	60	11.28	10
190	C16/20	PC52	10	6	80	60	11.41	10
200	C16/20	PC52	10	6	90	60	11.50	10
240	C16/20	PC52	10	6	130	90	10.03	10

Din punctele două de mai sus se poate stabili astfel: când am crescut grosimea plăcii de la 130mm la 150mm prin creșterea înălțimii utile și păstrarea constantă a acoperirii cu beton a armăturilor,  $M_{capi}=12,52kNm$ , în timp ce creșterea stratului de acoperire de la 20mm la 40mm a dus la  $M_{capi}=10,86kNm$  – pentru o expunere la incendiul standard de 60 de minute. Acest lucru pentru că prezintă mai mare importanță creșterea brațului de pârghie al armăturii decât izolarea asigurată prin suplimentarea cu aceeași valoare a acoperirii cu beton a armăturii.

#### 6.5. Influența modificării cantității de armătură

S-a analizat în cadrul studiului și care sunt efectele creșterii cantității de armătură față de valorile rezultate din calculul curent.

5.1. Placă din beton armat - Rezistența la foc - Influența variației armăturii								
Grosime	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap	Mref
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
160	C16/20	PC52	10	6	20	1	19.49	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	60	14.07	13.64
160	C16/20	PC52	12	6	20	60	19.28	13.64
160	C16/20	PC52	10	8	20	60	18.28	13.64
160	C16/20	PC52	12	8	20	90	14.92	13.64
160	C16/20	PC52	10	10	20	60	20.40	13.64
160	C16/20	PC52	12	10	20	90	16.38	13.64
160	C16/20	PC52	10	12	20	90	14.82	13.64
160	C16/20	PC52	12	12	20	90	17.43	13.64

Din tabelul 5.1. se poate concluziona că este necesară o creștere semnificativă de armătură pentru a se crește rezistența la foc.

**Spre exemplu:** pentru o placă cu grosimea de 160mm, acoperirea cu beton a armăturii de 20mm și la care a rezultat din calculul curent o armare cu 6 bare cu diametrul de 10mm din PC52, rezistența la foc, fără aplicarea nici unei alte măsuri, este de 60 de minute. Pentru aceleași condiții, ca să se obțină o rezistență la foc de cel puțin 90 de minute va fi necesară creșterea la 8 bare cu diametrul de 12mm, lucru care se dovedește irațional la nivel de consum.

## 6.6. Influența modului de expunere la incendiu

În tabelul de mai jos s-a analizat și care este influența modificării modului de expunere la incendiu (pe o față sau ambele):

7.1. Placă din beton armat - Rezistența la foc - Influența modului de expunere la incendiu								
Grosime	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcap / Mcapi	Mref
[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]	Mcap x 0,7
160	C16/20	PC52	10	6	20	1	19.49	13.64
expunere pe ambele fețe:								
160	C16/20	PC52	10	6	20	60	14.07	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	60	7.81	13.64
expunere pe fața inferioară:								
160	C16/20	PC52	10	6	20	60	17.45	13.64
160	C16/20	PC52	10	6	20	90	12.19	13.64

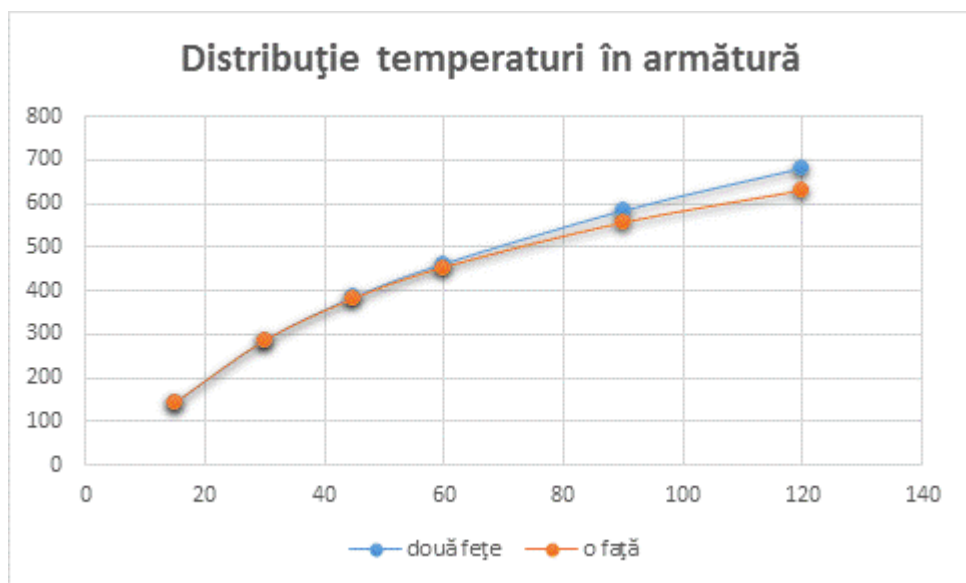
Se poate vedea din exemplele de mai sus că prezintă o mare relevanță modul în care se asigură expunerea la incendiu. Dacă rolul elementului este doar acela de a limita propagarea incendiului de la un nivel inferior la unul exterior (nu incendiu generalizat) situația se modifică semnificativ, obținându-se capacități portante mai mari.

**Spre exemplu:** în cazul unei plăci din beton armat cu o grosime de 160mm, acoperire cu beton a armăturii de 20mm și cu o armătură rezultată din calculul curent de 6 bare cu diametrul de 12mm din PC52, rezistența la foc în ambele cazuri de expunere este de 60 de minute. Se poate vedea însă că la limită se poate lua în considerare o limită de rezistență la foc de 90 de minute atunci când expunerea este pe doar pe fața inferioară.

## 6.7. Distribuția temperaturilor

**Tabelul 8.1.** de mai jos relevă care este **distribuția de temperaturi** în funcție de timpul de expunere la incendiu și de modul de expunere. S-a luat în considerare o placă cu o grosime de 160mm, acoperire cu beton a armăturii de 20mm, cu o armătură rezultată din calcul de 6 bare cu diametrul de 10mm din PC52. Se vor prezenta în ordine distribuția de temperaturi pentru o expunere la incendiu exprimată în minute de 15, 30, 45, 60, 90.

Timp [minute]	Tabel 8.1. Temperatură armătură expunere	
	două fețe	o față
	[°C]	
15	140.8	140.8
30	284.6	283.9
45	384.6	381.1
60	461.3	452.3
90	583.8	555
120	681.7	628.9



## 7. CONCLUZII

Mai jos veți regăsi recomandările constructive minime pentru plăcile din beton armat astfel încât acestea să poată acoperi cerința fundamentală rezistență mecanică și stabilitate atât în timpul exploatării normale cât și în timpul incendiului.

În cazul în care  $M_{calcul} > M_{capi} / 0,70$  vor fi necesare calcule suplimentare, relație în care  $M_{calcul}$  reprezintă momentul rezultat din calculul structural al clădirii în timpul exploatării normale.

Recomandare secțiuni pentru:						
Deschidere mică placă [m]:			4.00			
Rezistență la foc [min]	Grosime placă [mm]	Acoperirea cu beton [mm]	Bare [număr]	Diametru [mm]	Oțel [marca]	Mcapi [kNm]
15	130	20	6	10	PC52	14.81
30	130	20	6	10	PC52	14.81
45	130	20	6	10	PC52	14.81
60	130	20	6	10	PC52	13.25
90	160	20	6	10	PC52	12.19
120	160	20	6	12	PC52	12.23

Recomandare secțiuni pentru:						
Deschidere mică placă [m]:			5.00			
Rezistență la foc [min]	Grosime placă [mm]	Acoperirea cu beton [mm]	Bare [număr]	Diametru [mm]	Oțel [marca]	Mcapi [kNm]
15	160	20	6	10	PC52	19.49
30	160	20	6	10	PC52	19.49
45	160	20	6	10	PC52	19.49
60	160	20	8	10	PC52	22.64
90	160	20	8	12	PC52	23.49
120	160	20	10	12	PC52	19.82

Recomandare secțiuni pentru:						
Deschidere mică placă [m]:			6.00			
Rezistență la foc [min]	Grosime placă [mm]	Acoperirea cu beton [mm]	Bare [număr]	Diametru [mm]	Oțel [marca]	Mcapi [kNm]
15	180	20	6	12	PC52	31.33
30	180	20	6	12	PC52	31.33
45	180	20	6	12	PC52	31.33
60	180	20	6	12	PC52	28.79
90	180	20	8	12	PC52	27.41
120	180	20	12	12	PC52	30.97

## 8. ANEXE

### 8.1. Momentul capabil al grinzilor din beton armat

9.1. Moment capabil grindă din beton simplu armat								
B	H	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	M <sub>cap</sub>
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	1	49.68
expunere pe fața inferioară:								
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	15	49.68
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	30	49.68
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	45	49.68
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	60	49.68
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	90	49.68
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	120	44.48
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	180	31.09
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	240	20.12
expunere pe ambele fețe:								
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	15	49.16
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	30	47.81
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	45	47.09
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	60	46.45
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	90	45.06
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	120	39.47
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	180	26.56
300	400	C16/20	PC52	14	3	35	240	16.52

9.2. Moment capabil grindă din beton simplu armat								
B	H	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcapi
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	1	63.08
expunere pe fața inferioară:								
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	15	63.08
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	30	62.00
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	45	60.91
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	60	60.33
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	90	59.75
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	120	57.44
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	180	41.22
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	240	27.33
expunere pe ambele fețe:								
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	15	62.42
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	30	59.30
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	45	56.74
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	60	54.84
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	90	51.58
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	120	48.04
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	180	34.93
300	400	C16/20	PC52	16	3	35	240	22.41



<b>9.3. Moment capabil grindă din beton simplu armat</b>								
<b>B</b>	<b>H</b>	<b>Beton</b>	<b>Armătură</b>	<b>Diametru</b>	<b>Bare/ metru</b>	<b>Acoperire</b>	<b>Rezistența la foc</b>	<b>Mcapi</b>
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	1	77.72
expunere pe fața inferioară:								
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	15	77.72
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	30	74.88
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	45	69.83
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	60	67.06
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	90	64.74
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	120	62.51
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	180	52.66
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	240	35.75
expunere pe ambele fețe:								
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	15	76.90
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	30	72.02
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	45	66.15
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	60	61.21
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	90	55.83
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	120	52.03
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	180	43.32
300	400	C16/20	PC52	18	3	35	240	28.95

9.4. Moment capabil grindă din beton simplu armat								
B	H	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcapi
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	1	93.42
expunere pe fața inferioară:								
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	15	93.42
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	30	90.39
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	45	84.51
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	60	79.47
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	90	71.51
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	120	66.99
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	180	60.30
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	240	44.88
expunere pe ambele fețe:								
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	15	92.42
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	30	86.89
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	45	79.99
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	60	74.18
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	90	64.75
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	120	57.19
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	180	47.03
300	400	C16/20	PC52	20	3	35	240	34.34

9.5. Moment capabil grindă din beton simplu armat								
B	H	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcapi
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	1	82.65
expunere pe fața inferioară:								
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	15	82.65
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	30	82.65
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	45	82.65
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	60	82.65
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	90	82.65
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	120	74.10
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	180	52.40
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	240	34.21
expunere pe ambele fețe:								
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	15	78.08
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	30	80.03
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	45	79.02
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	60	78.29
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	90	76.66
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	120	67.40
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	180	46.55
300	500	C16/20	PC52	16	3	35	240	29.62

<b>9.6. Moment capabil grindă din beton simplu armat</b>								
<b>B</b>	<b>H</b>	<b>Beton</b>	<b>Armătură</b>	<b>Diametru</b>	<b>Bare/ metru</b>	<b>Acoperire</b>	<b>Rezistența la foc</b>	<b>Mcapi</b>
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	1	102.06
expunere pe fața inferioară:								
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	15	102.06
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	30	100.35
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	45	98.82
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	60	98.03
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	90	97.18
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	120	93.49
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	180	67.92
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	240	45.46
expunere pe ambele fețe:								
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	15	101.27
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	30	96.62
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	45	93.09
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	60	90.79
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	90	86.78
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	120	81.29
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	180	60.01
300	500	C16/20	PC52	18	3	35	240	39.31

9.7. Moment capabil grindă din beton simplu armat								
B	H	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcapi
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	1	123.08
expunere pe față inferioară:								
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	15	123.08
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	30	118.39
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	45	111.21
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	60	107.96
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	90	104.58
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	120	101.29
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	180	85.50
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	240	58.49
expunere pe ambele fețe:								
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	15	122.11
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	30	114.58
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	45	105.70
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	60	100.03
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	90	93.34
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	120	87.60
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	180	75.00
300	500	C16/20	PC52	20	3	35	240	50.06

9.8. Moment capabil grindă din beton simplu armat								
B	H	Beton	Armătură	Diametru	Bare/ metru	Acoperire	Rezistența la foc	Mcapi
[mm]	[mm]	[clasă]	[tip]	[mm]	[număr]	[mm]	[minute]	[kNm]
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	1	181.28
expunere pe față inferioară:								
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	15	181.28
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	30	177.25
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	45	166.81
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	60	157.79
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	90	142.70
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	120	130.68
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	180	108.85
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	240	94.94
expunere pe ambele fețe:								
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	15	179.80
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	30	171.34
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	45	159.16
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	60	149.15
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	90	132.05
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	120	118.57
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	180	92.88
300	500	C16/20	PC52	25	3	35	240	75.04

Studiu întocmit de către:

drd. ing. Marius Dorin LULEA

[LuleaMariusDorin@gmail.com](mailto:LuleaMariusDorin@gmail.com) 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