

Proiectarea betonului armat conform SR EN 1992-1-1:2024

Proiectarea Plăcilor

Dr. Ing. Traian - Nicu Toader

Dr. Ing. Gábor - Álmos Sándor

Proiectarea bazată pe SR EN 1992-1-1:2024

Standardul SR EN 1992-1-1:2024 face parte din cea de-a doua generație de Eurocoduri și a fost adoptat ca Standard român la 31.01.2024. Prezenta lucrare este o filadă menită a fi asemenea unui ghid de proiectare ce urmărește principiile fundamentale și prescripțiile prezentate în acest standard legate de proiectarea și dimensionarea plăcilor din beton armat.

Utilizarea standardelor de referință

Având în vedere că acest ghid a fost realizat în timpul perioadei oficiale de tranziție la SR EN 1992-1-1:2024 și ținând cont de posibilitatea ca anumiți parametri determinați la nivel național (NDP) să fie supuși schimbării în viitorul apropiat, autorii recomandă ca în activitatea de proiectare cotidiană să se utilizeze cele mai recente ediții ale standardelor române de referință împreună cu anexele naționale, amendamentele și eratele publicate de către organismul național de standardizare, după caz. Mai multe informații despre acest subiect se găsesc pe www.asro.ro.

Utilizarea și declinarea responsabilității

Toate drepturile asupra prezentului ghid revin autorilor și AICPS. Reproducerea integrală sau parțială în scopul republicării impune aprobarea prealabilă de către aceștia.

Acest ghid oferă informații generale despre subiectul tratat, dar nu e conceput și nici destinat să furnizeze inginerilor proiectanți toate informațiile, regulile, reglementările, situațiile specifice amplasamentului și metodele necesare pentru a-și îndeplini sarcinile. Ghidul va fi utilizat împreună cu standardele SR EN 1992-1-1:2024 și SR EN 1992-1-2:2024. De asemenea, prezentul ghid nu poate înlocui judecata profesională și nici gândirea rațională independentă.

Autorii și AICPS nu își asumă responsabilitatea pentru pierderi sau daune provocate de o utilizare parțială sau incorectă a informațiilor conținute în acest ghid de proiectare.

Navigarea ghidului de proiectare

Acest ghid este adresat atât inginerilor proiectanți de structuri cu experiență cât și debutanților. Structura simplistă și conținutul cu caracter informativ, îi conferă o vedere de ansamblu asupra etapelor specifice în proiectarea plăcilor din beton armat, precum și asupra principalelor modificări aduse de către SR EN 1992-1-1:2024 (în continuare - noul standard).

În locul unui cuprins, **Tabelul 1** prezintă capitolele și standardele de referință specifice fiecărei etape de

dimensionare și face trimitere la pasajele aferente din reglementările tehnice.

Legendă

Referințele numerotate cu **litere îngroșate de culoare neagră** (cu excepția cazului în care se specifică diferit) fac trimitere la capitolele, articolele și/sau ecuațiile din SR EN 1992-1-1:2024, iar referințele cu **litere îngroșate de culoare roșie** trimit la ecuațiile și capitolele prezentului ghid.

Tabelul 1

Etapele de dimensionare a plăcilor din beton armat

| Etapa de calcul | Standard de referință | Referințe din acest ghid |
|-----------------|--|--|
| 1 | Predimensionare | (-) |
| | Determinarea încărcării de calcul | CR 0 - 2012; SR EN 1990+NA |
| 2 | Stabilirea condițiilor de durabilitate | Capitolul 6 din SR EN 1992-1-2:2024 |
| 3 | Alegerea materialelor | Capitolul 5 din SR EN 1992-1-1:2024 |
| 5 | Analiza structurală | Capitolul 7 |
| 6 | Dimensionarea la încovoiere | Capitolul 8 |
| 7 | Verificarea la forfecare | Capitolul 8 |
| 8 | Reguli de alcătuire la plăci | Capitolul 12 |
| 9 | Limitarea săgeții | Capitolul 9 |

Notă: NA denotă Anexa Națională

Definiție

Se consideră placă un element structural de suprafață încărcat preponderent cu sarcini normale la suprafață, a cărui latură minimă este mai mare sau egală cu de 4 ori grosimea lui (**3.1.78**). Prezentul document tratează, mai ales, plăcile de beton armat cu secțiune transversală plină care descarcă uni- sau bidirecțional, au reazeme lineare (tip grindă sau perete) și sunt încărcate cu forțe uniform distribuite pe suprafață.

1. Determinarea încărcării de calcul

Proiectarea bazată pe *Eurocoduri* are la bază metoda coeficienților parțiali de siguranță. Metoda constă în verificarea tuturor situațiilor de proiectare, astfel încât stările limită să nu fie depășite pentru modelele de calcul în care se utilizează valorile de proiectare ale acțiunilor concomitent cu valorile de proiectare ale rezistențelor.

Încărcările de calcul (de proiectare), E_d , se vor stabili prin gruparea/combinarea valorilor provenite din acțiunile considerate că se pot produce simultan, atât pentru Starea Limită Ultimă (SLU), cât și pentru cea de Exploatare sau Serviciu (SLS), pe baza prevederilor din codul de proiectare **CR 0 – 2012**, standardul **SR EN 1990** și anexa națională aferentă.

Noul standard nu oferă informații privind predimensionarea grosimii plăcii, în acest caz utilizarea cărților de specialitate (vezi bibliografie) fiind necesară. În **Tabelul 2** sunt date relații de predimensionare considerând încărcări uzuale.

Tabelul 2

Predimensionarea grosimii de placă în corelație cu direcția de descărcare și cu schema statică

| Mod de lucru | Tipul de rezemare | h_{pl} |
|---|---|--------------|
| Unidirecțional l_{dir} | În consolă (o latură încadrată, iar celelalte libere) | $l_{dir}/12$ |
| | Simplă rezemare pe două laturi paralele, iar celelalte libere | $l_{dir}/25$ |
| | Încadrare pe două laturi paralele, iar celelalte libere | $l_{dir}/30$ |
| Unidirecțional $l_{max}/l_{min} > 2$ | Simplă rezemare pe contur | $l_{min}/30$ |
| | Încadrare pe contur | $l_{min}/35$ |
| Bidirecțional $l_{max}/l_{min} \leq 2$ | Simplă rezemare pe contur | $l_{min}/40$ |
| | Încadrare pe contur | $l_{min}/45$ |

2. Condiții de durabilitate

Una dintre schimbările aduse de către noul standard este introducerea unei noi metode de specificare a rezistenței la coroziune a armăturii cauzată de carbonatare, respectiv de cloruri. Este vorba de clase de rezistență la expunere (ERC) ce pot fi îndeplinite prin testare sau pot fi utilizate anumite valori limită tabele (acoperirea minimă pentru durabilitate, $c_{min,dur}$), la carbonatare (XRC – **Tabelul 6.3 (NDP)** și la cloruri (XRDS – **Tabelul 6.4 (NDP)**). De asemenea, au fost introduse și clase de rezistență la deteriorarea cauzată de cicluri repetate de îngheț/dezgheț (XRF). Aceste prevederi sunt în acord cu **NE 012-1/2023**, implicit și cu **SR EN 206+A2:2021**, și însoțesc clasele de expunere (ex. XC1, XD1, XS3, XF2 etc.) din vechiul standard.

Relația pentru stabilirea distanței de la fața întinsă a elementului până la centrul de greutate al armăturii întinse rămâne neschimbată:

$$a \geq c_{nom} + \phi_{sl}/2 \quad (1)$$

Satisfacerea condițiilor de rezistență la foc

Pentru asigurarea rezistenței standard la foc, fără un calcul explicit, la plăci trebuie respectate valorile minime ale grosimii și ale distanței a , de la centrul de greutate al armăturii la fața plăcii expusă focului.

Tabelul 3
Grosimea minimă și distanța a , pentru plăci cu reazeme lineare

| REI | | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 | |
|-------------------|-------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|----|
| h_{pl} [mm] | | 80 | 100 | 120 | 150 | 175 | |
| Distanța a [mm] | Plăci armate pe o direcție | 20 | 30 | 40 | 55 | 65 | |
| | Plăci armate pe două direcții | $\frac{l_{max}}{l_{min}} \leq 1.5$ | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 |
| | | $1.5 \leq \frac{l_{max}}{l_{min}} \leq 2$ | 15 | 20 | 25 | 40 | 50 |

Notă: Pentru alte valori ale Rezistenței standard la foc (REI) consultați Tabelul 6.9 din SR EN 1992-1-2:2023

Valorile din **Tabelul 3** indicate pentru plăci armate pe două direcții, au fost determinate pentru plăci simplu-rezimate pe tot conturul. În cazurile în care aceste condiții de rezemare nu sunt îndeplinite se vor alege valori corespunzătoare plăcilor armate pe o singură direcție.

Plăcile continue la care redistribuirea momentelor depășește 15% (la temperatura ambiantă) se vor

dimensiona la foc ca plăci simplu rezimate pe tot conturul.

Informații suplimentare asupra principiilor și regulilor aplicabile unui calcul detaliat la foc, respectiv reguli adiționale pentru diferitele tipuri de plăci, se regăsesc în **SR EN 1992-1-2:2024**.

3. Alegerea materialelor și determinarea rezistențelor de calcul

Capitolul 5 al **SR EN 1992-1-1:2024** formulează principiile și regulile aplicabile betonului de rezistență normală și betonului de înaltă rezistență, respectiv regulile aplicabile armăturilor de oțel.

Alegerea betonului

Alegerea adecvată a clasei de rezistență a betonului trebuie efectuată astfel încât să se asigure: rezistența mecanică necesară, nivelul de calitate specificat și satisfacerea condițiilor de durabilitate. Specificațiile de performanță, producție și conformitate ale betonului sunt descrise detaliat în **SR EN 206+A2:2021**, respectiv în **NE 012/1-2022** și **NE 012/2-2022**.

Tabelul 5.1 specifică rezistențele caracteristice și rezistențele medii pentru clasele de beton utilizabile, în conformitate cu **SR EN 206+A2:2021**.

Spre deosebire de **SR EN 1992-1-1:2004**, noul standard nu specifică în mod explicit valorile modulului de elasticitate în funcție de clasa de beton, ci oferă o relație de calcul:

$$E_{cm} = k_E \cdot f_{cm}^{1/3} \quad (5.1)$$

unde:

pentru agregate cuarțoase k_E poate fi considerat egal cu 9500, iar pentru alte tipuri de agregate valoarea coeficientului k_E poate varia între 5000 și 13000.

Rezistențele de calcul ale betonului

Rezistența de calcul la compresiune a betonului este definită ca:

$$f_{cd} = \eta_{cc} \cdot k_{tc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \quad (5.3)$$

unde:

η_{cc} este un factor care ține seama de diferențele dintre rezistența la compresiune neperturbată pe cilindru și rezistența la compresiune efectivă care se poate dezvolta într-un element structural.

$$\eta_{cc} = \left(\frac{f_{ck,ref}}{f_{ck}} \right)^{\frac{1}{3}} \leq 1,0 \quad (5.4)$$

cu $f_{ck,ref} = 40 \text{ MPa}$ (NDP).

k_{tc} este un factor care ține seama de efectul încărcărilor mari de lungă durată și de vârsta betonului la încărcare. Atunci când încărcarea de proiectare nu va fi aplicată în primele 3 luni de la turnare, pentru o vârstă de referință, t_{ref} , de 28 de zile și beton cu întărire normală (CN) sau rapidă (CR) avem $k_{tc} = 1,00$. Alte valori ale coeficientului k_{tc} sunt date în **5.1.6 (1) (NDP)**.

γ_c este coeficientul parțial de siguranță a cărui valoare e dată în **Tabelul 4.3 (NDP)**.

Rezistența de calcul la întindere a betonului este definită ca:

$$f_{ctd} = k_{tt} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} \quad (5.5)$$

unde:

k_{tt} este un factor care ține seama de efectul încărcărilor mari de lungă durată și de vârsta betonului la încărcare. Pentru t_{ref} de 28 zile și CN sau CR avem $k_{tt} = 0,80$. Alte valori ale coeficientului k_{tt} sunt date în **(5.1.6 (2) (NDP))**.

Alegerea armăturii

Înafara armăturilor clasice din oțel (**Tabelul 4**), noul standard permite atât utilizarea armăturilor din oțel inoxidabil (**Anexa Q**), cât și a celor din FRP (polimeri ranforșați cu fibre) (**Anexa R**). Ghidul face referire doar la utilizarea oțelurilor clasice pentru beton armat.

Tabelul 4

Proprietățile armăturilor din oțel conforme cu SR EN 1992-1-1:2024

| Clasa de rezistență | f_{yk} [N/mm ²] | μ_{lim} |
|---------------------|-------------------------------|-------------|
| B400 | 400 | 0.392 |
| B450 | 450 | 0.381 |
| B500 | 500 | 0.372 |
| B550 | 550 | 0.362 |
| B600 | 600 | 0.353 |
| B700 | 700 | 0.336 |

Notă: Anexa Națională poate să excludă utilizarea anumitor clase de oțel sau poate defini clase de rezistență intermediare

Rezistența de calcul a oțelului

Rezistența de calcul la întindere a oțelului pentru armături nepretensionate e neschimbată:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad (5.11)$$

unde:

γ_s este coeficientul parțial de siguranță definit în **Tabelul 4.3 (NDP)**.

4. Analiza structurală

Calculul static se poate efectua utilizând cel puțin una dintre metodele de analiză structurală acceptabile:

- analiză liniar elastică (**7.3.1**);
- analiză liniar elastică cu redistribuire (**7.3.2**);
- analiză plastică (**7.3.3**), inclusiv modele bielă-tirant și câmpuri de tensiune (**7.3.3.3**);
- analiză neliniară utilizând metode numerice ce iau în considerare proprietățile neliniare ale materialelor (**7.3.4**).

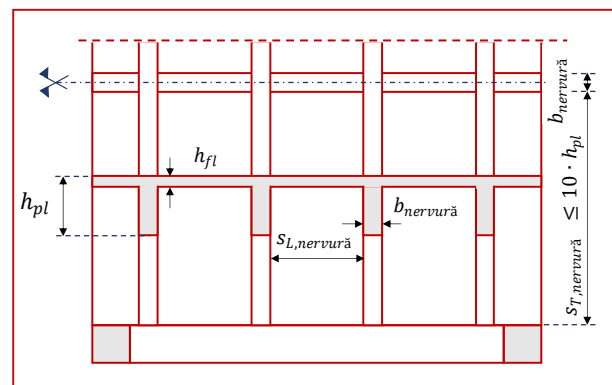
Pentru verificări la starea limită ultimă (SLU) se poate utiliza oricare dintre metodele de analiză structurală menționate anterior. Pentru verificări la starea limită de serviciu (SLS) se pot utiliza doar analiza liniar elastică (considerând efectul fisurării betonului), analiza plastică (utilizând modelul bielă-tirant sau modelul câmpuri de tensiune) sau analiza neliniară.

Modelarea structurii

Modelul utilizat în analiza structurală se obține în urma idealizării structurii considerând în mod adecvat geometria și condițiile de contur ale acesteia (**7.2.2(1)**).

Figura 1

Geometria plăcii cu nervuri dese ce poate fi analizată ca placă plină



În analiza structurală, plăcile cu nervuri dese și plăcile casetate pot fi asimilate unor plăci pline cu condiția ca talpa comprimată (sau suprabetonarea structurală) și nervurile transversale să posede suficientă rigiditate la torsiune. Această condiție se consideră îndeplinită dacă

sunt respectate simultan regulile din (7.2.2(4)), ilustrate în **Figura 1** și formulate ca inecuațiile 2 – 4.

Lumina dintre nervurile adiacente:

$$s_{L,nervură} \leq 1500 \text{ mm} \quad (2)$$

Grosimea plăcii deasupra casetei la planșeele nervurate cu corpuri de umplură (permanente):

$$h_{fl} \geq \max(40 \text{ mm}; s_{L,nervură}/10) \quad (3a)$$

Grosimea plăcii deasupra casetei la planșeele nervurate fără corpuri de umplură:

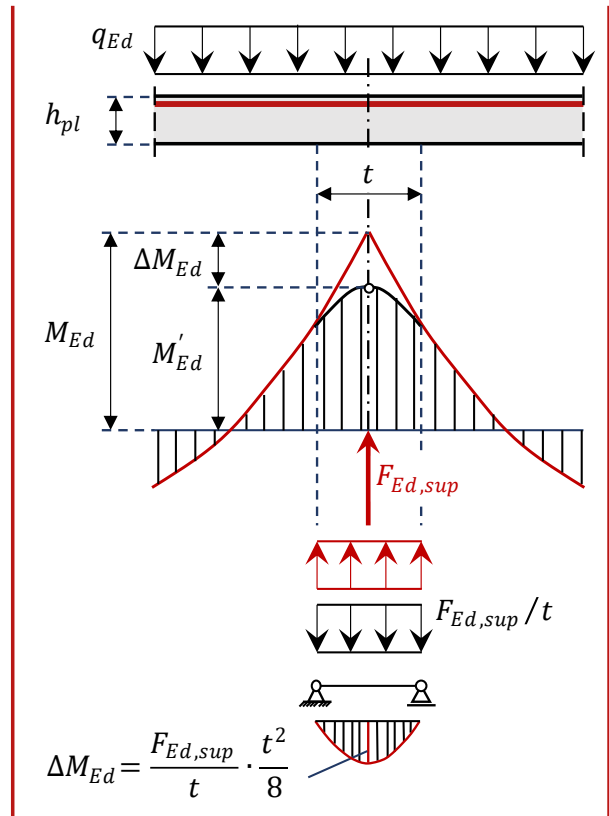
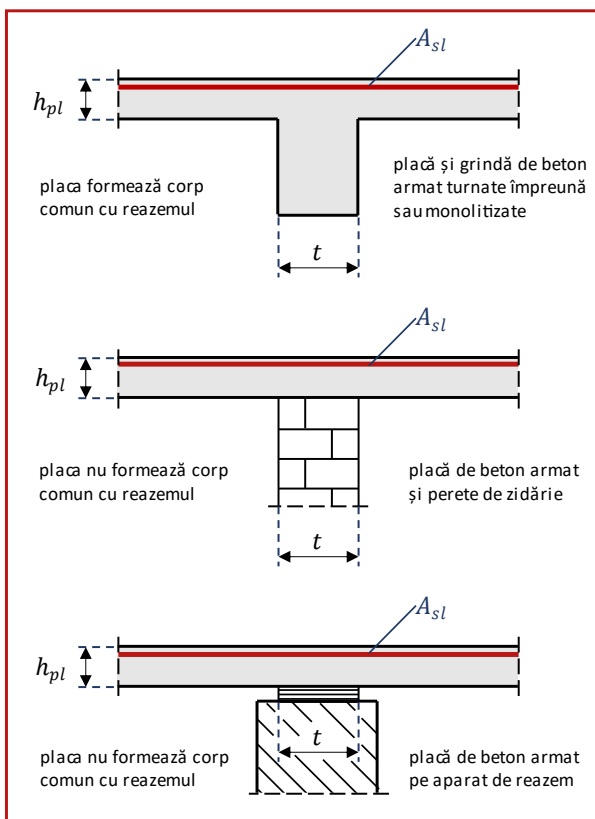
$$h_{fl} \geq \max(50 \text{ mm}; s_{L,nervură}/10) \quad (3b)$$

Lățimea nervurii:

$$b_{nervură} \geq 0,25 \cdot (h_{pl} - h_{fl}) \quad (4)$$

În general, deschiderea plăcii și a grinzii se vor considera interax. Reduceri ale deschiderii sunt permise numai dacă la proiectarea elementelor portante se ține cont de excentricitățile rezultate din corelarea cu dimensiunile reazemului (7.2.3(5)).

Figura 2
Reducerea valorii momentului încovoietor pe reazem intermediar la plăci



Reducerea valorii momentului încovoietor pe reazeme intermediare

Plăcile continue care descarcă unidirecțional pot fi considerate în analiza structurală cu reazeme care nu împiedică rotirea plăcii (7.2.3(6)). Valoarea momentului încovoietor de pe reazem determinată pentru o deschidere a plăcii egală cu distanța interax poate fi redusă cu ΔM_{Ed} :

$$\Delta M_{Ed} = F_{Ed,sup} \cdot t/8 \quad (7.13)$$

atunci când placa este încărcată cu o forță uniform distribuită, iar reacțiunea din reazem este și ea uniform distribuită, conform **Figurii 2**. Această reducere este aplicabilă atât reazemelor cu legătură monolită, cât și celor fără legătură monolită.

Analiza liniar elastică cu redistribuire

Momentele încovoietoare calculate folosind analiza liniar elastică pot fi redistribuite cu condiția ca eforturile și reacțiunile rezultate să rămână în echilibru cu încărcările aplicate. Determinarea valorii momentului încovoietor redistribuit se poate face în două moduri: fără verificarea explicită a capacității de rotire (7.3.2(3)) sau cu verificare explicită (7.3.2(5)). Dacă placa e continuă și raportul oricăror două deschideri adiacente este cuprins între 0,5 și 2, atunci se pot calcula

momentele încovoietoare fără verificarea explicită a capacității de rotire. În acest caz, raportul dintre valoarea momentului încovoietor pe reazem după redistribuire și valoarea momentului încovoietor elastic se notează cu δ_M și are expresia:

$$\delta_M \geq \max \left\{ \frac{1}{1 + 0,7 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s / f_{yd}} + \frac{x_u}{d}, \delta_{M,lim} \right\} \quad (7.16)$$

unde:

$\delta_{M,lim} = 0,7$ pentru armături de oțel de clasă B ($\varepsilon_{uk} = 5,0\%$) sau C ($\varepsilon_{uk} = 7,5\%$), respectiv $\delta_{M,lim} = 0,8$ pentru clasă A ($\varepsilon_{uk} = 2,5\%$).

x_u/d exprimă înălțimea zonei de compresiune la SLU raportată la înălțimea utilă a secțiunii.

Analiza plastică

În general, analiza plastică va fi bazată pe metoda statică (limita inferioară de plasticitate). Atunci când se utilizează metoda cinematică (limita superioară de plasticitate) se va examina o varietate de mecanisme posibile considerând valorile de calcul ale proprietăților materialelor asociate SLU. Capacitatea de deformare plastică în secțiunile critice trebuie să fie suficientă pentru a permite formarea mecanismului dorit (7.3.3.1(3)).

Analiza plastică se poate utiliza dacă în zonele critice (acolo unde pot apărea articulații plastice) armătura utilizată este de clasă B sau C, cu mențiunea că armătura pretensionată poate fi considerată de clasă B (7.3.3.1(5)). În calculul capacității portante în secțiuni normale, pentru armături se consideră o diagramă efort unitar – deformăție specifică de tip bilinear fără consolidare (7.3.3.1(6)).

Atunci când se utilizează analiza plastică fără verificarea directă a capacității de rotire, este obligatoriu ca în orice secțiune transversală unde se pot dezvolta articulații plastice să fie verificată relația $x_u/d \leq 0,25$ și raportul oricăror două deschideri adiacente să fie cuprins între 0,5 și 2 (7.3.3.2). În caz contrar, este obligatorie verificarea directă a capacității de rotire în SLU.

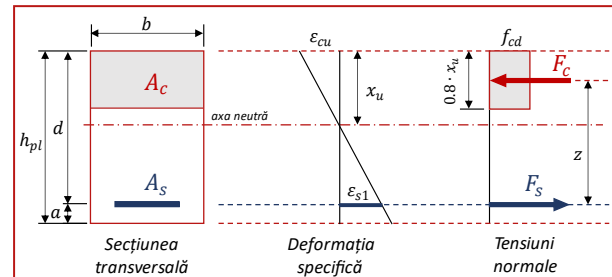
5. Dimensionarea la încovoiere

Conform 8.1.2, la proiectarea în secțiuni normale, în zona comprimată distribuția deformațiilor specifice este considerată de formă triunghiulară (variație liniară între axa neutră și fibra extremă comprimată), iar distribuția eforturilor unitare de compresiune este considerată

parabolă – dreptunghi sau, în mod simplificat, distribuție dreptunghi (asemenea celei din Figura 3).

Figura 3

Distribuția deformațiilor specifice și a tensiunilor normale din beton pe înălțimea secțiunii transversale



În continuare, este schematizată dimensionarea plăcii de beton armat supusă la încovoiere în afara planului ei sub forma unei scheme logice (Figura 4). Valorile momentelor încovoietoare de dimensionare sunt cele din calculul static dacă se îndeplinesc concomitent condițiile:

- (1) eforturi axiale din placă au valoare nulă (din efectul de șaibă);
- (2) valoarea în modul a momentului de torsiune din placă e mai mică de $7\% \cdot d^2 \cdot f_{cd}$;
- (3) în orice punct al plăcii valoarea momentului de torsiune este: $m_{Edxy} < \sqrt{m_{Edy} \cdot m_{Edz}}$;
- (4) valorile momentelor încovoietoare din câmp sunt de semn pozitiv, iar cele de pe reazem de semn negativ (Anexa G).

Atunci când una dintre condițiile (3) sau (4) nu este îndeplinită, este necesară majorarea valorilor momentelor încovoietoare de dimensionare utilizând relațiile din Tabelele G.2 și G.3. Pentru alte cazuri, se utilizează Anexa G.

Momentul capabil al unei secțiuni simplu armate se poate determina cu ajutorul relației:

$$M_{Rd} = 0,8 \cdot f_{cd} \cdot \xi \cdot (1 - 0,4 \cdot \xi) \cdot b \cdot d^2 \quad (5)$$

unde:

$$\xi = \frac{A_{sl,eff} \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot 0,8 \cdot f_{cd}} \leq \xi_{lim} \quad (6)$$

și

$$\xi_{lim} = \frac{x_u}{d} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} \quad (7)$$

În mod alternativ, momentul capabil al unei secțiuni de beton se poate calcula și pornind de la cantitatea efectivă de armătură, $A_{sl,eff}$, dispusă în secțiune.

$$M_{Rd} = A_{sl,eff} \cdot f_{yd} \cdot z \quad (8)$$

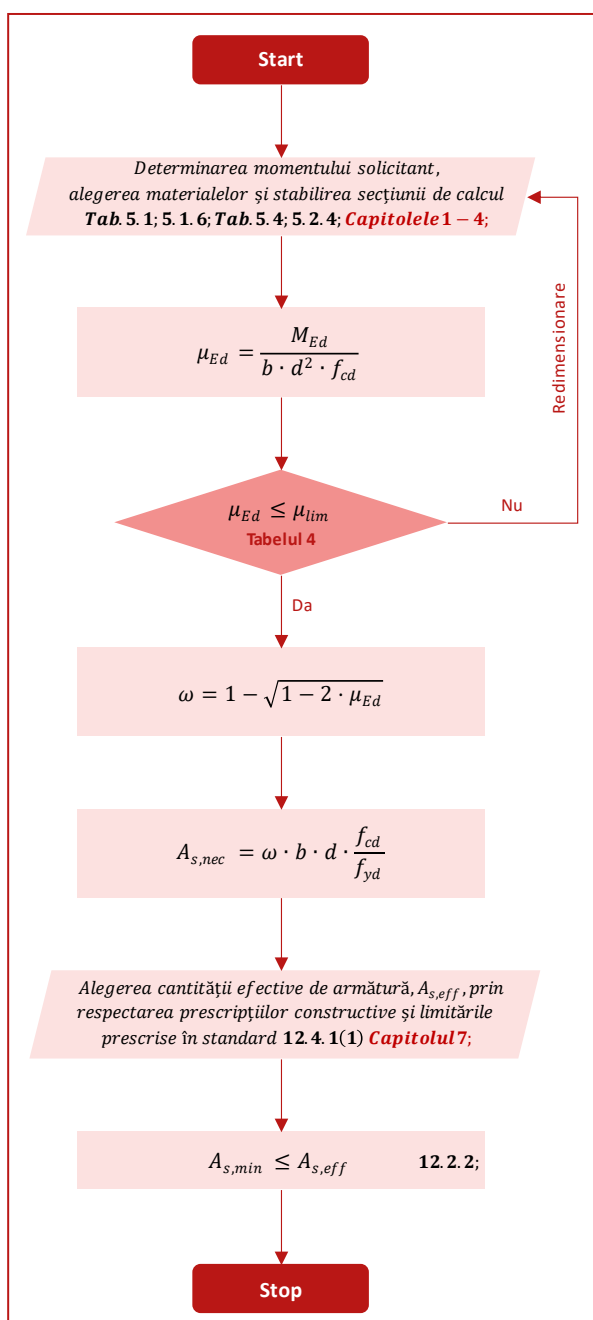
unde, z , este brațul intern de pârghie, care se poate determina cu relația:

$$z = d - 0.4 \cdot x_u \quad (9)$$

unde, x_u , reprezintă înălțimea zonei comprimate și rezultă din ecuația de mai jos:

$$x_u = \frac{A_{sl,eff} \cdot f_{yd}}{b \cdot 0.8 \cdot f_{cd}} \quad (10)$$

Figura 4
Schema logică pentru dimensionarea plăcilor la încovoiere



6. Verificarea plăcilor la forfecare

Principala schimbare adusă de noul standard la verificarea capacității la forfecare este reprezentată de trecerea de la forțe la eforturi unitare tangențiale în relațiile de calcul:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot z} \quad (8.18)$$

sau

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{z} \quad (8.19)$$

unde:

V_{Ed} este forța tăietoare de calcul exprimată pe unitate de lățime.

La plăcile plane cu forțe tăietoare în afara planului plăcii $V_{Ed,x}$ și $V_{Ed,y}$ ce acționează în secțiuni transversale perpendicular pe cele două direcții x și y (8.2.1(5)), forța tăietoare de calcul exprimată pe unitate de lățime are expresia:

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Ed,x}^2 + V_{Ed,y}^2} \quad (8.21)$$

Verificarea unei plăci la forfecare se poate realiza urmând etapele descrise în schema logică din Figura 5.

Pentru plăcile armate pe două direcții, valorile lui d și ρ_l se pot determina folosind Tabelul 5.

Tabelul 5

Valorile procentului de armare longitudinal și al înălțimii utile în calculul la forță tăietoare

| $\frac{V_{Ed,y}}{V_{Ed,x}}$ | $\leq 0,5$ | $0,5 \dots 2,0$ | $\geq 2,0$ |
|-----------------------------|--------------|---|--------------|
| ρ_l | $\rho_{l,x}$ | $\rho_{l,x} \cos^4 a_v + \rho_{l,y} \sin^4 a_v$ | $\rho_{l,y}$ |
| d | d_x | $0.5 \cdot (d_x + d_y)$ | d_y |

unde a_v reprezintă unghiul format între forța tăietoare de calcul și axa „x” și $a_v = \arctan(V_{Ed,y}/V_{Ed,x})$ (8.26)

Alternativ, înălțime utilă a armăturii la încovoiere poate fi considerată ca fiind egală cu:

$$d = d_x \cos^2 a_v + d_y \sin^2 a_v \quad (8.25)$$

În relațiile 8.20 și 8.27, γ_V este coeficient parțial de siguranță la forfecare definit în Tabelul 4.3 (NDP), d_{dg} este un parametru care descrie rugozitatea zonei de cedare, iar ρ_l este procentul de armare longitudinal.

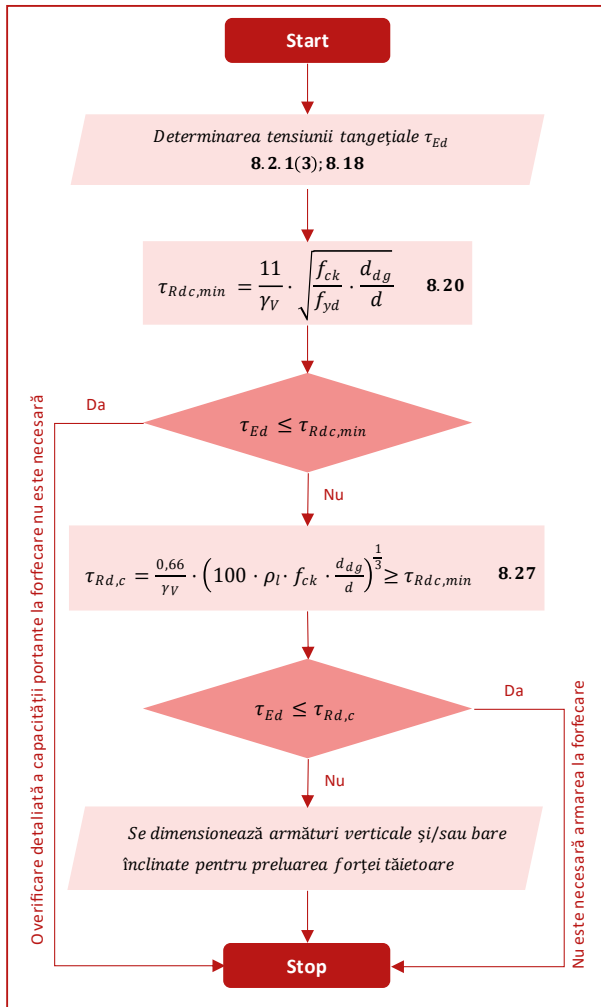
Pentru betoanele cu $f_{ck} \leq 60 \text{MPa}$, d_{dg} se calculează cu următoarea relație:

$$d_{dg} = 16 \text{ mm} + D_{lower} \leq 40 \text{ mm} \quad (11)$$

unde:

D_{lower} reprezintă diametrul minim al ochiului sitei de cernere de la nivelul superior, conform **8.2.1(4) Nota 2** și **SR EN 206+A2:2021**.

Figura 5
Schema logică pentru verificarea plăcilor la forfecare



7. Reguli de alcătuire la plăci

Armarea plăcilor trebuie efectuată în acord cu specificațiile din **Tabelul 12.2 (NDP)**, exceptând cazul în care alte valori sunt furnizate prin anexa națională.

Armare longitudinală

Dacă armătura longitudinală dispusă la partea inferioară a plăcii în dreptul reazemelor intermediare nu este întinsă, atunci trebuie să se ancoreze pe o lungime de minim $10 \cdot \varnothing_{sl}$ (unde \varnothing_{sl} este diametrul armăturii). În cazul în care această armătură preia eforturi de întindere într-una din situațiile: tasări diferențiate a reazemelor, acțiune accidentală sau apariția unui alt tip de încărcare,

atunci este necesară prevederea unei lungimi de ancoraj astfel încât placa să aibă o capacitate portantă și o redundanță suficiente (**12.3.2(5)**).

Armăturile longitudinale proiectate să preia eforturi de compresiune trebuie confinate utilizând armături transversale (**12.3.2(6)**) dispuse cu respectarea distanțelor maxime prevăzute în **Tabelul 12.3 (NDP)** și **12.6(3)**.

Aria armăturii secundare de rezistență (armătură de repartiție) va fi minim 20% din aria de armătură principală de rezistență dispusă ortogonal. Armătura de repartiție trebuie să asigure o redistribuire locală a eforturilor din încărcări cuprinse în tema de proiectare cât și a celor provenite din încărcări ocazionale (ex. paleți cu materiale de construcție așezați temporar pe placă în timpul execuției structurii) și necuprinse în temă.

Cel puțin 25% din aria de armătură dispusă la partea inferioară a plăcii va fi continuizată sau ancorată adecvat în dreptul reazemelor, ținând cont de situații accidentale posibile (ex. tasări diferențiate ale reazemelor, explozii, cedarea reazemului etc.).

Pe reazemele marginale unde pot apărea încastrări parțiale ale plăcii se vor prevedea călăreții având aria minim 25% din aria armăturii din câmpul adiacent, dar nu mai puțin de aria minimă $A_{s,min}$ calculată conform **12.2.(2)**. Călăreții vor intra în placa pe o lungime de minim 20% din deschidere (pe direcția paralelă cu călăreții pentru panouri de placă unidirecționale sau deschiderea cea mai scurtă la panouri de placă bidirecționale), măsurate de la fața reazemului și vor fi anorați la capacitate.

La margine liberă de placă armătura longitudinală se va ancora în formă de „U” pe o lungime de cel puțin maximul dintre lungimea de ancoraj la capacitate a barei și de 2 ori grosimea plăcii (**Figura 12.4**).

Pentru stabilirea distanțelor maxime și minime între armăturile longitudinale, până la elaborarea unei anexe naționale care să însoțească noul standard EN 1992-1-1:2024, se recomandă utilizarea prevederilor din anexa națională **SR EN 1992-1-1:2004/ NB2008/ A1:2009**.

Armare transversală

Plăcile ce necesită armare transversală vor fi proiectate cu o grosime de minim 200 mm dacă se utilizează etrieri, agrafe sau dornuri cu capete ambutisate (sau cu plăcuțe sudate). Dacă se utilizează armături înclinate, grosimea plăcii va fi de minim 160 mm. (**12.4.2(2)**)

Diametrul maxim admis al armăturilor transversale este $10 \cdot \sqrt{d/200}$ dacă se utilizează etrieri deschiși sau

agrafe, $11 \cdot \sqrt{d/200}$ dacă se utilizează etrieri închiși sau bare cu ancoraj similar, respectiv $16 \cdot \sqrt{d/200}$ dacă se utilizează dornuri cu capete ambutisate (sau cu plăcuțe sudate) sau bare înclinate.

8. Limitarea săgeții

Deformațiile plăcilor trebuie să nu afecteze în mod negativ buna funcționare a structurii și nici aspectul ei vizual. Valorile limită ale săgeților se stabilesc considerând tipul și destinația structurii, finisajele, compartimentările și elementele fixate de placă (9.3.1(1)).

În noul standard nu sunt indicate valori limită pentru săgeata maxim admisă a plăcilor, însă dacă se respectă raportul dintre deschiderea plăcii și înălțimea efectivă a secțiunii transversale (l/d) indicate în **Tablelul 9.3**, atunci pentru plăci încărcate preponderent uniform distribuit se poate considera că săgeata acestora nu depășește $l/250$ și se poate omite calculul explicit al săgeții plăcii.

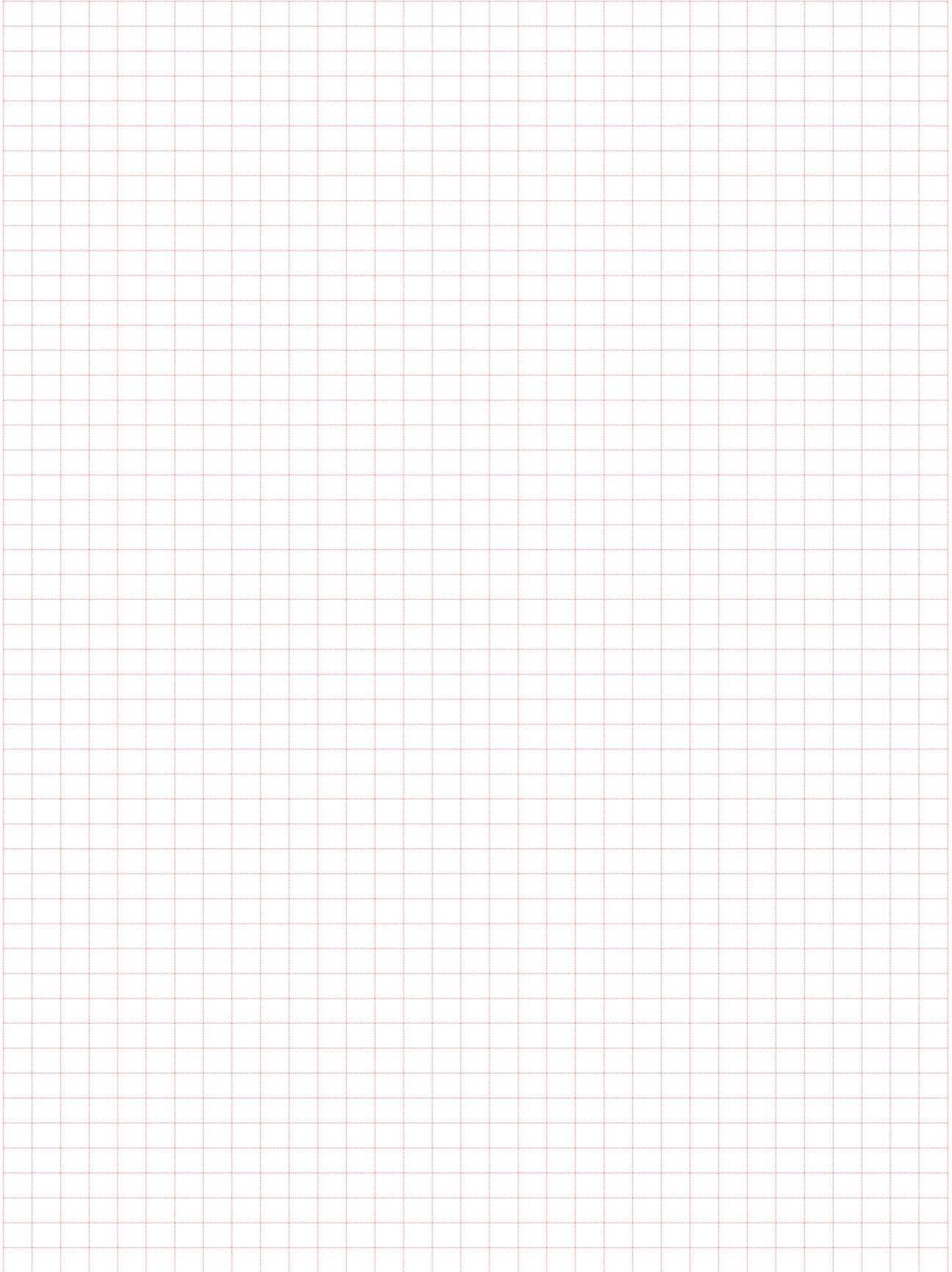
În SLS se vor verifica deschiderea fisurilor și frecvența de vibrație (când este cazul) astfel încât să respecte prevederile și valorile limită specificate în **Capitolul 9** și **Anexa G**.

Anexa A

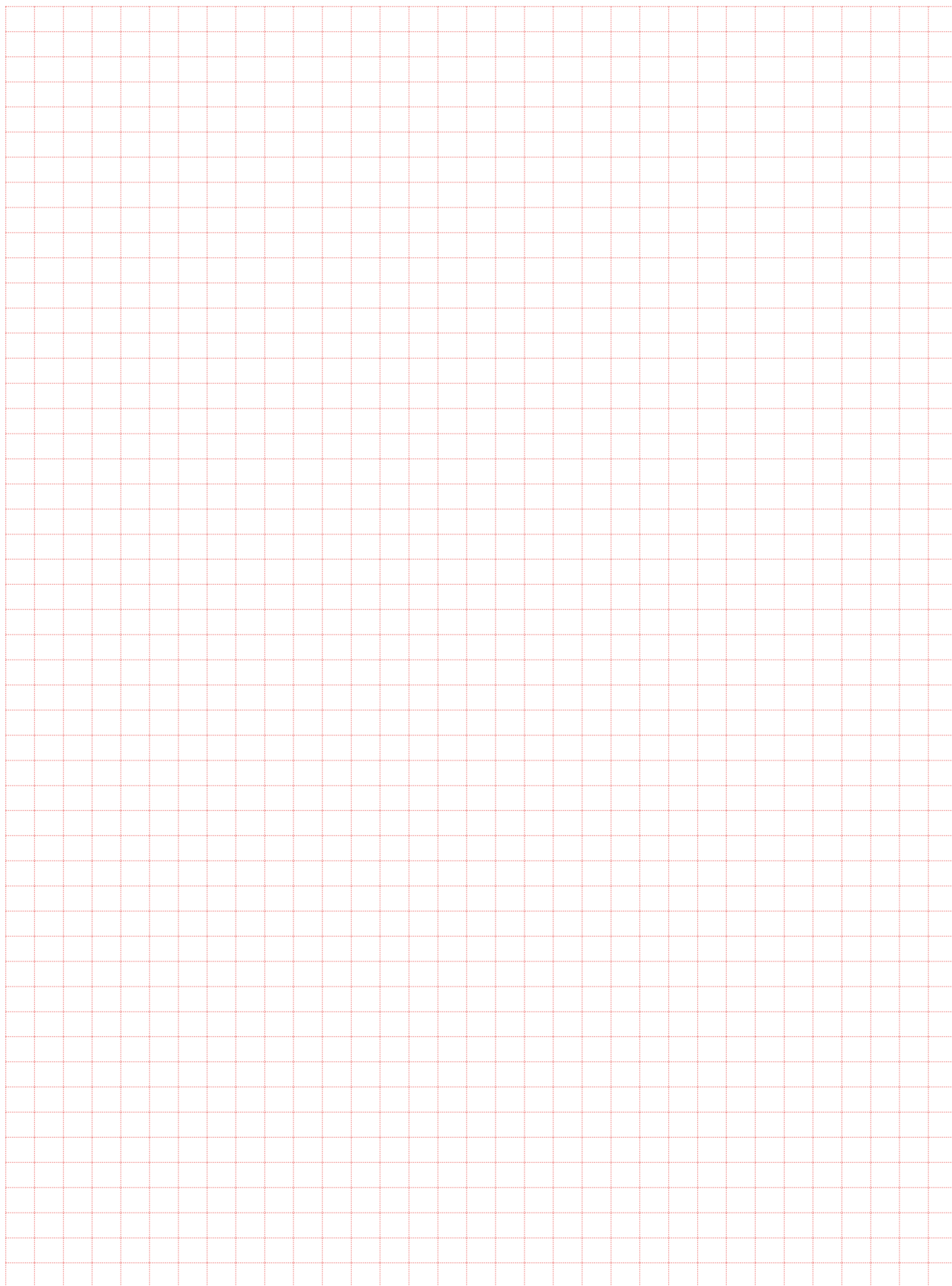
Aria secțiunii transversale a barelor distribuite uniform pe metru lățime de placă în [mm²]

| Distanța dintre bare [mm] | Diametrul barelor în [mm] | | | | | | | | | | Distanța dintre bare [mm] |
|---------------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------------------------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | |
| 80 | 245 | 353 | 481 | 628 | 982 | 1414 | 1924 | 2513 | 3181 | 3927 | 80 |
| 85 | 231 | 333 | 453 | 591 | 924 | 1331 | 1811 | 2365 | 2994 | 3696 | 85 |
| 90 | 218 | 314 | 428 | 559 | 873 | 1257 | 1710 | 2234 | 2827 | 3491 | 90 |
| 100 | 196 | 283 | 385 | 503 | 785 | 1131 | 1539 | 2011 | 2545 | 3142 | 100 |
| 105 | 187 | 269 | 367 | 479 | 748 | 1077 | 1466 | 1915 | 2424 | 2992 | 105 |
| 110 | 178 | 257 | 350 | 457 | 714 | 1028 | 1399 | 1828 | 2313 | 2856 | 110 |
| 115 | 171 | 246 | 335 | 437 | 683 | 983 | 1339 | 1748 | 2213 | 2732 | 115 |
| 120 | 164 | 236 | 321 | 419 | 654 | 942 | 1283 | 1676 | 2121 | 2618 | 120 |
| 125 | 157 | 226 | 308 | 402 | 628 | 905 | 1232 | 1608 | 2036 | 2513 | 125 |
| 130 | 151 | 217 | 296 | 387 | 604 | 870 | 1184 | 1547 | 1957 | 2417 | 130 |
| 135 | 145 | 209 | 285 | 372 | 582 | 838 | 1140 | 1489 | 1885 | 2327 | 135 |
| 140 | 140 | 202 | 275 | 359 | 561 | 808 | 1100 | 1436 | 1818 | 2244 | 140 |
| 145 | 135 | 195 | 265 | 347 | 542 | 780 | 1062 | 1387 | 1755 | 2167 | 145 |
| 150 | 131 | 188 | 257 | 335 | 524 | 754 | 1026 | 1340 | 1696 | 2094 | 150 |
| 155 | 127 | 182 | 248 | 324 | 507 | 730 | 993 | 1297 | 1642 | 2027 | 155 |
| 160 | 123 | 177 | 241 | 314 | 491 | 707 | 962 | 1257 | 1590 | 1963 | 160 |
| 165 | 119 | 171 | 233 | 305 | 476 | 685 | 933 | 1219 | 1542 | 1904 | 165 |
| 170 | 115 | 166 | 226 | 296 | 462 | 665 | 906 | 1183 | 1497 | 1848 | 170 |
| 175 | 112 | 162 | 220 | 287 | 449 | 646 | 880 | 1149 | 1454 | 1795 | 175 |
| 180 | 109 | 157 | 214 | 279 | 436 | 628 | 855 | 1117 | 1414 | 1745 | 180 |
| 185 | 106 | 153 | 208 | 272 | 425 | 611 | 832 | 1087 | 1376 | 1698 | 185 |
| 190 | 103 | 149 | 203 | 265 | 413 | 595 | 810 | 1058 | 1339 | 1653 | 190 |
| 195 | 101 | 145 | 197 | 258 | 403 | 580 | 789 | 1031 | 1305 | 1611 | 195 |
| 200 | 98 | 141 | 192 | 251 | 393 | 565 | 770 | 1005 | 1272 | 1571 | 200 |
| 225 | 87 | 126 | 171 | 223 | 349 | 503 | 684 | 894 | 1131 | 1396 | 225 |
| 250 | 79 | 113 | 154 | 201 | 314 | 452 | 616 | 804 | 1018 | 1257 | 250 |
| 275 | 71 | 103 | 140 | 183 | 286 | 411 | 560 | 731 | 925 | 1142 | 275 |
| 300 | 65 | 94 | 128 | 168 | 262 | 377 | 513 | 670 | 848 | 1047 | 300 |

Notițe personale

A large grid of red dashed lines, intended for personal notes. The grid consists of 20 columns and 30 rows of small squares.

Notițe personale



Referințe și bibliografie

1. Asociația de Standardizare din România, SR EN 1992-1-1:2024, Eurocod 2 – Proiectarea Structurilor din Beton – Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri, poduri și structuri de inginerie civilă, ASRO 2024
2. Asociația de Standardizare din România, SR EN 1992-1-1:2024, Eurocod 2 – Proiectarea Structurilor din Beton – Partea 1-2: Reguli generale – Calculul comportării la foc, ASRO 2024
3. Asociația de Standardizare din România, SR EN 206+A2:2021 – Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate, ASRO 2022
4. NE 012/1-2022 – Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 1: Producerea betonului, 2023
5. Kiss Zoltán I. și Oneț Traian - Proiectarea structurilor de beton după SR EN 1992-1 (ediție revizuită), ed. Abel, 2010
6. Zilch Konrad și Zehetmaier Gerhard – Bemessung im konstruktiven Betonbau (ediția a 2a), ed. Springer, 2010
7. Ionescu Anton și Mircea Călin - Manual pentru proiectarea plăcilor plane dreptunghiulare din beton armat, ed. Risoprint, Cluj-Napoca, 1997
8. Moss R. M. și Brooker O. – How to design concrete structures using Eurocode 2. The Concrete Centre, 2006

Mulțumiri:

Prezentul ghid de proiectare a fost elaborat în cadrul proiectului pilot “Ghiduri de Proiectare după noul Eurocod 2”, finanțat prin Ediția pilot 2023-2024 a Apelului pentru Proiecte create de membrii AICPS pentru membrii AICPS. Proiectul a fost realizat și coordonat de către membrii AICPS Gábor – Álmos Sándor și Traian – Nicu Toader, în parteneriat cu ASRO (Asociația de Standardizare din România) sub îndrumarea unui colectiv științific alcătuit din reprezentanți ai colectivelor de Beton Armat din cadrul următoarelor facultăți și universități: Universitatea Tehnică de Construcții București • Facultatea de Construcții din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca, • Facultatea de Construcții din cadrul Universității Politehnica Timișoara • Facultatea de Construcții și Instalații din cadrul Universității Tehnice “Gheorghe Asachi” din Iași.

Pentru a accesa cea mai recentă versiune a ghidului și pentru a studia lista documentelor recomandate de către AICPS, accesați: <https://www.aicps.ro/documente> sau contactează-ne la adresa: office@aicps.ro

Asociația Inginerilor Constructori Proiectanți de Structuri

Adresa: Șos. Pandurilor nr.94, București, Sector 5,
incinta AEDIFICIA CARPAȚI, Corp B, Et.1
Tel./Fax: (021) 412.02.04 (Luni - Vineri, 09:30 - 16:30)
www.aicps.ro

