

## EVALUAREA CAPACITĂȚII DE OMOGENIZARE A BETONULUI, PRIN ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE ÎN TIMPUL TRANSPORTULUI CU AUTOBETONIERA

### THE EVALUATION OF THE HOMOGENIZATION CAPACITY OF THE CONCRETE, THROUGH EXPERIMENTAL TESTS DURING THE TRANSPORT BY THE TRUCK MIXER

ENESCU Virgil drd. ing UTCB, Romania

ing. ICECON INSPECT

**Rezumat.** Menținerea calității betonului preparat în stații de betoane pe durata transportului în autobetoniere, prin malaxare continuă pe durate prestabilite până la locul de punere în operă, reprezintă o preocupare majoră a cercetătorilor din domeniul construcțiilor și materialelor de construcții, precum și a tuturor factorilor interesați în prepararea și punerea în operă a betoanelor. Prin experimentări și încercări de laborator, s-a urmărit punerea în evidență a efectului duratei de transport și malaxare în autobetoniere, asupra caracteristicilor de consistență și rezistență ale betoanelor puse în operă la lucrările de interes public. Pentru aceasta, au fost alese betoane de diferite mărci, preparate în aceeași stație de betoane, urmând a fi malaxate pe durate de timp diferite, într-o autobetonieră. Mărcile de beton reprezentative alese au fost: B 150, B 200, B 250 și B 300. Duratele de malaxare, corelate cu distanțele de transport spre punctele de punere în operă a betonului, au fost stabilite în funcție de: marca betonului, volumul de beton preparat, conținutul de ciment din rețetă și raportul apă/ciment. Probele de beton au fost prelevate în trei situații: la începutul descărcării betonului din autobetonieră, la mijlocul descărcării și la sfârșitul descărcării. Pentru fiecare probă de beton prelevată s-au determinat: tasarea, răspândirea, rezistența la compresiune și densitatea aparentă a betonului întărit. Rezultatele obținute au fost reprezentate sub forma tabelară și grafică, în scopul de a scoate în evidență gradul de omogenizare a amestecului preparat, precum și corelația dintre durata de malaxare în autobetonieră și caracteristicile de lucrabilitate și de rezistență ale betonului.

**Abstract.** The maintaining of the quality for the concrete prepared in concrete stations during the transport in truck mixers, by continuous mixing for predetermined periods up to the place of commissioning, represents a major concern of the researchers from the constructions and building materials field, as well as to all the stakeholders interested in the preparation and commissioning of the concrete. Through experiments and laboratory tests, the aim was to highlight the effect of the duration of transport and mixing in truck mixers, on the consistency and resistance characteristics of the concrete placed in opera at works of public interest. For this purpose, different marks of concrete prepared in the same concrete station, were chosen to be mixed for different periods of time, in a truck mixer. The representative concrete marks chosen were: B 150, B 200, B 250 and B 300. The mixing times, correlated with the transport distances to the points of commissioning of the concrete, were established according to: the concrete mark, the volume of prepared concrete, the cement content from the recipe and the and water / cement ratio. The concrete samples were taken in three situations: at the beginning of the unloading of the concrete from the truck mixer, at the middle of the unloading and at the end of the unloading. For each sample of concrete taken were determined: setting, spreading, compression strenght and the apparent density of the stiff concrete. The obtained results were represented in tabular and graphical form, in order to highlight the degree of homogenization of the prepared mixture, as well as the correlation between the mixing time in the truck mixer and the workability and resistance characteristics of the concrete.

## 1. INTRODUCERE

Prepararea betoanelor în stațiile de betoane urmată de malaxarea acestora pe durata transportului în autobetoniere, trebuie să corespundă cerințelor codului de practică CP 012/1-2007, precum și a reglementărilor tehnice în vigoare PCC 020-2015 și PCC 023-2015.

Dozarea componentelor betonului trebuie să conducă la respectarea raportului apă/ciment, prescris în rețeta de laborator, iar erorile de dozare trebuie să se încadreze în limitele stabilite de CP 012-1/2007. Malaxarea betonului trebuie să asigure atingerea valorilor corespunzătoare pentru consistența betonului proaspăt, precum și a rezistenței la compresiune a betonului întărit.

După prepararea betoanelor în stații de betoane, acestea sunt descărcate în autobetoniere cu diverse capacități, pentru transport spre punctele de punere în operă. Pe durata transportului este necesară o amestecare continuă, în scopul evitării segregării betonului și a menținerii caracteristicilor principale ale acestuia până la locul de punere în operă: lucrabilitatea și rezistența la compresiune.

În scopul evaluării capacității de omogenizare a betoanelor în autobetoniere, au fost efectuate încercări de laborator pe diverse mărci de betoane, cu diferite valori ale raportului apă/ciment, malaxate pe durate de timp diferite, într-o autobetonieră. Experimentările de laborator efectuate și-au propus să scoată în evidență următoarele aspecte:

- necesitatea menținerii malaxării în autobetoniere a betonului proaspăt preparat în stații de betoane, pe durata transportului spre punctele de punere în operă;
- influența duratei de amestecare în autobetoniere asupra omogenizării și consistenței betonului proaspăt (gradul de mobilitate sau plasticitate), prin determinarea în laborator a tasării conului și a răspândirii;
- influența duratei de amestecare în autobetoniere asupra caracteristicilor mecanice ale betonului întărit, prin determinarea rezistenței la compresiune și a densității aparente;
- relevanța momentului de prelevare a probelor de beton din autobetoniere, în scopul de a demonstra omogenizarea superioară a betonului prelevat la mijlocul și în special la sfârșitul descărcării, în raport cu betonul prelevat la începutul descărcării.

## 2. CONDIȚII DE EFECTUARE A EXPERIMENTĂRILOR ȘI ÎNCERCĂRILOR DE LABORATOR

Autobetoniera utilizată la experimentări a avut volumul tobei de amestecare de  $6 \text{ m}^3$ , capacitatea utilă de  $5 \text{ m}^3$  și turația maximă a tobei de 16 rot/min.

Duratele de amestecare continuă în autobetonieră, cu valori între 3 și 20 de minute și volumele efective de beton preparat de  $4,0 \text{ m}^3$ ,  $4,5 \text{ m}^3$  sau  $5 \text{ m}^3$ , au fost prestabilite ținând cont de următorii factori: distanța dintre stația de betoane și locul de punere în operă, marca de beton transportat, cantitatea de ciment și raportul apă/ciment, prescrise în rețetele de laborator.

Mărcile de beton pentru care s-au făcut experimentările și încercările de laborator au fost: B 150, B 200, B 250 și B 300. Ca metodă de prelevare utilizată, după malaxarea pe durata prestabilă, s-au luat probe pentru fiecare tip de beton, după cum urmează: la începutul descărcării betonului din autobetonieră, la mijlocul descărcării și la sfârșitul descărcării betonului din autobetonieră.

Pentru betoanele de marcă B 150 au fost efectuate patru seturi de experimentări și încercări de laborator, pentru același volum de beton preparat, diferite durate de malaxare și diferite condiții de încercare pe betonul întărit.

## Evaluarea capacității de omogenizare a betonului, prin încercări experimentale în timpul transportului cu autobetoniera

Pentru betoanele de marcă B 300 au fost efectuate trei seturi de experimentări și încercări de laborator, pentru diferite durate de malaxare, diferite volume de beton preparat și diferite condiții de încercare.

Pentru betoanele de marcă B 200 au fost efectuate două seturi de experimentări și încercări, pe aceeași durată de malaxare în autobetonieră, dar cu valori diferite ale volumului de beton preparat.

A fost supus experimentărilor și încercărilor de laborator un singur beton de marcă B 250.

### 3. REZULTATE EXPERIMENTALE OBȚINUTE

Pentru fiecare tip de beton au fost determinate experimental:

- tasarea (cm);
- răspândirea(cm);
- rezistența la compresiune, pe cuburi (N/mm<sup>2</sup>)
- densitatea aparentă a betonului (kg/m<sup>3</sup>).

Rezultatele experimentărilor și încercărilor de laborator efectuate pentru fiecare probă de beton prelevată au fost prezentate în tabele, specificându-se pentru fiecare beton analizat: duratele de malaxare, cantitatea de ciment, raportul apă/ciment, volumul de beton preparat și condițiile de determinare în laborator (numărul de zile) pentru valorile rezistenței la compresiune și a densității aparente pentru betonul întărit.

Pentru betoanele de marcă B 150 și B 300, a fost reprezentată grafic variația rezistenței la compresiune și a tasării conului, cu durata de transport și malaxare în autobetonieră.

Pentru betoanele de marcă B 150, având conținutul de ciment 260 kg/m<sup>3</sup> și raportul apă/ciment variabil, având durate de timp diferite de malaxare în autobetonieră, pentru același volum de beton preparat de 4,5 m<sup>3</sup>, s-au obținut rezultatele din tabelul 1.

Variația rezistenței la compresiune cu durata de malaxare pentru betonul de marcă B 150 a fost reprezentată grafic în figura 1.

Variația tasării conului cu durata de malaxare pentru betonul de marcă B 150 a fost reprezentată grafic în figura 2.

Tabelul 1

Durata de malaxare(min)	3			5			7			10		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Raport a/c	0,78			0,80			0,78			0,73		
Tasarea(cm)	11	10,3	4,0	17,8	20,6	12,5	7,5	8,0	7,0	2,5	3	3,5
Răspândirea(cm)	45	45	36	48,5	51,1	49	46,5	50,5	48	32	33	34
Rezistența la compresiune (N/mm <sup>3</sup> )	9,5	9,9	16,2	9,9	9,7	12,7	10,8	11,1	11,8	17,0	17,8	18,0
Densitatea aparentă (kg/m <sup>3</sup> )	2295	2300	2320	2230	2240	2245	2355	2350	2345	2315	2310	2305
Condiții de încercare beton întărit (nr. zile)	28			27			26			28		

Proba 1 – la începutul descărcării betonului

Proba 2 – la mijlocul descărcării

Proba 3- la sfârșitul descărcării

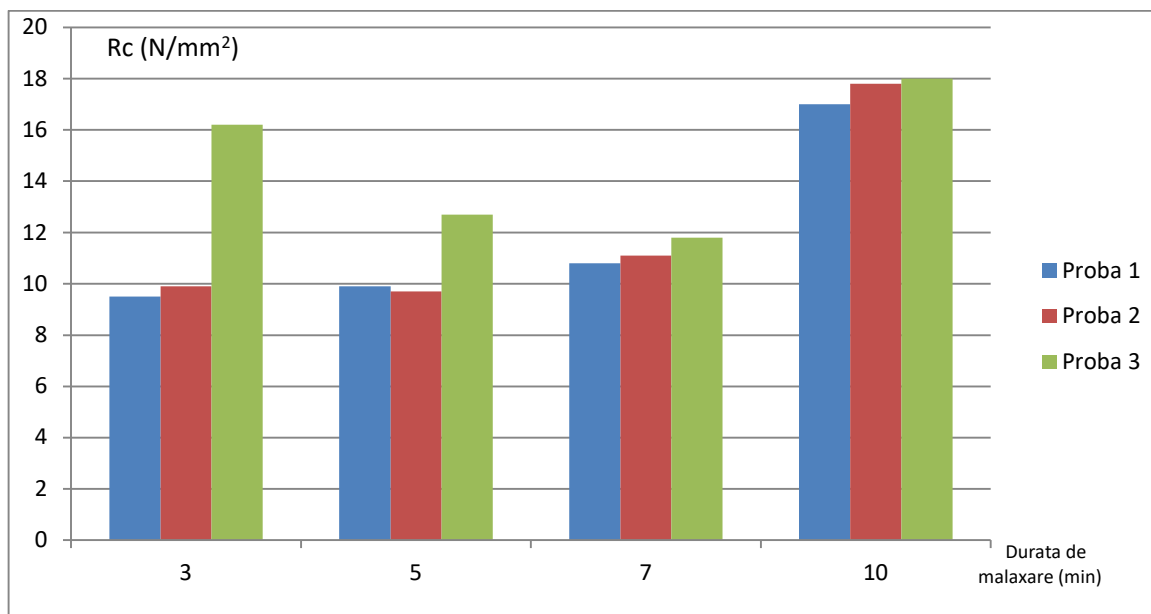


Fig. 1

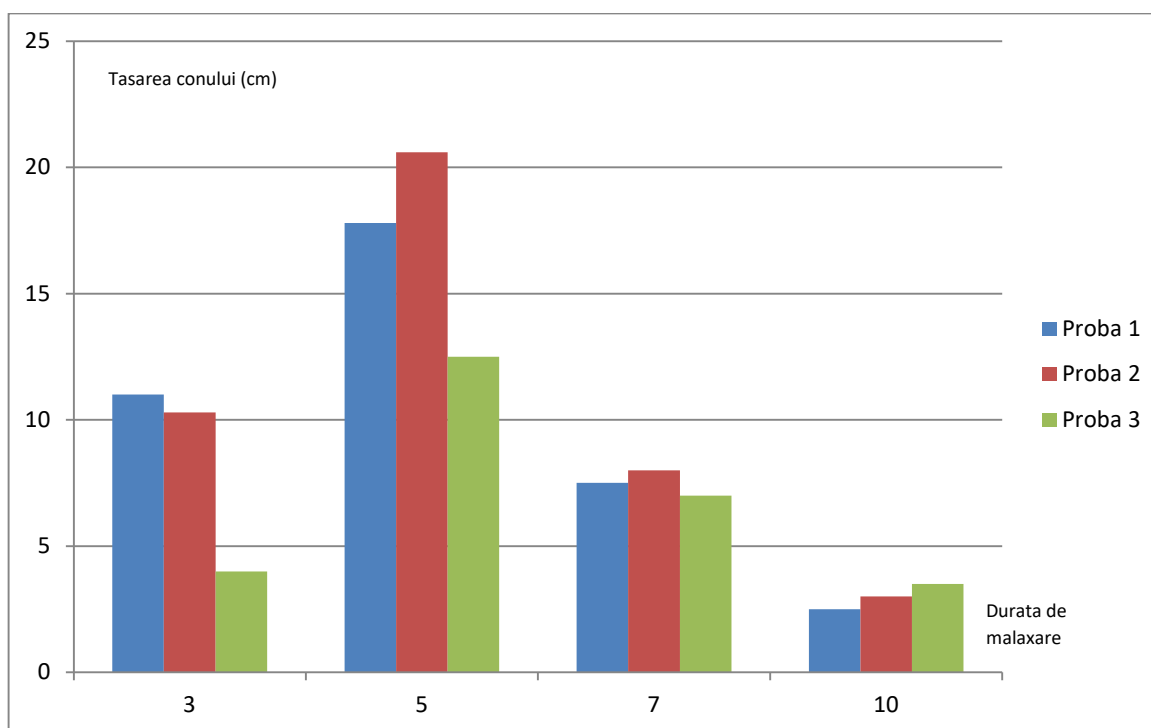


Fig. 2

Pentru betoanele de marcă B 300 având conținutul de ciment de  $400 \text{ kg/m}^3$  și raportul apă/ciment 0,51, pentru diferite durate de malaxare în autobetonieră și diferite volume de beton preparat, s-au obținut rezultatele din tabelul 2.

Variația rezistenței la compresiune, cu durata de malaxare pentru betonul de marcă B 300 a fost reprezentată grafic în figura 3

Variația tasării conului cu durata de malaxare pentru betonul de marcă B 300 a fost reprezentată grafic în figura 2.

Evaluarea capacității de omogenizare a betonului, prin încercări experimentale în timpul transportului cu autobetoniera

Tabelul 2

Durata de malaxare(min)	10			15			20		
Proba	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Volum de beton preparat (m <sup>3</sup> )	3,5			4,0			4,0		
Tasarea(cm)	6,2	6	4,5	8,5	8,0	3,4	6,5	8,7	2,6
Răspândirea(cm)	37,5	39	36,5	42,5	42,5	33	41	42	29
Rezistența la compresiune (N/mm <sup>2</sup> )	12,1	12,4	12,7	23,3	23,8	31,5	23,3	24,4	30,4
Densitatea aparentă (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	2230	2215	2355	2330	2320	2340
Condiții de încercare beton întărit (nr. zile)	4			27			26		

Proba 1 – la începutul descărcării betonului

Proba 2 – la mijlocul descărcării

Proba 3 – la sfârșitul descărcării

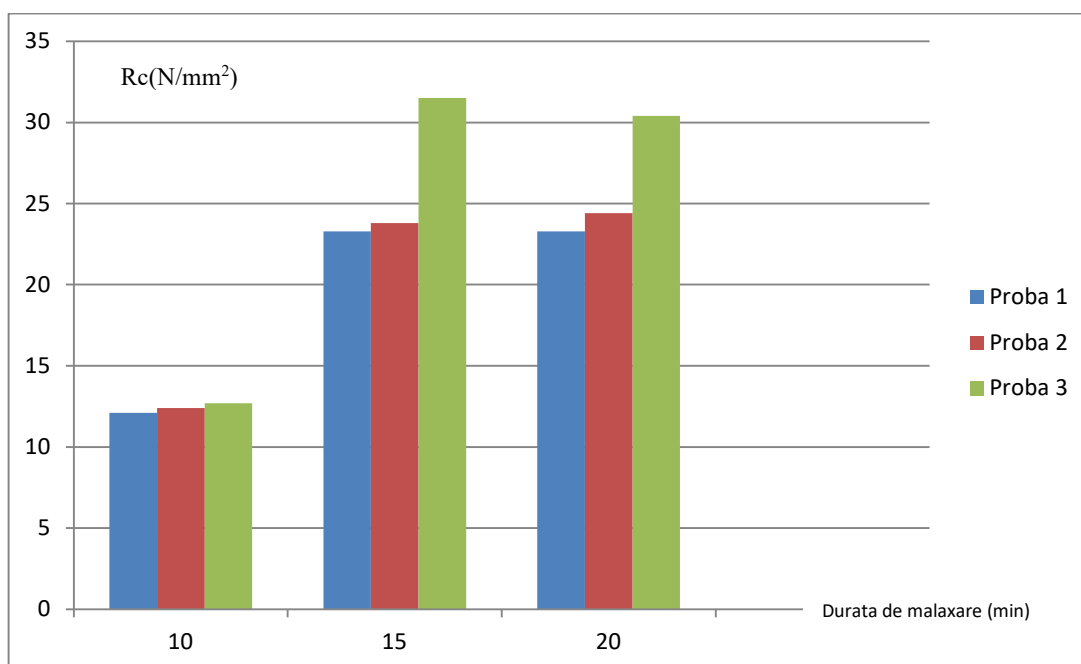


Fig.3

Pentru betoanele de marcă B 200 rezultatele încercărilor au fost prezentate în tabelul 3. Cele două betoane, având prevăzute în rețetele de laborator valori diferite pentru raportul apă/ciment și pentru conținutul de ciment, au avut aceeași durată de malaxare în autobetonieră, pentru diferite volume de beton preparat.

Pentru betonul de marcă B 250, având prevăzute în rețetă cantitatea de ciment de 380 kg/m<sup>3</sup> și raportul apă/ciment 0,56, rezultatele obținute după malaxarea în autobetonieră pe durata de 10 minute a unui volum de 4,5 m<sup>3</sup>, sunt prezentate în tabelul 4.

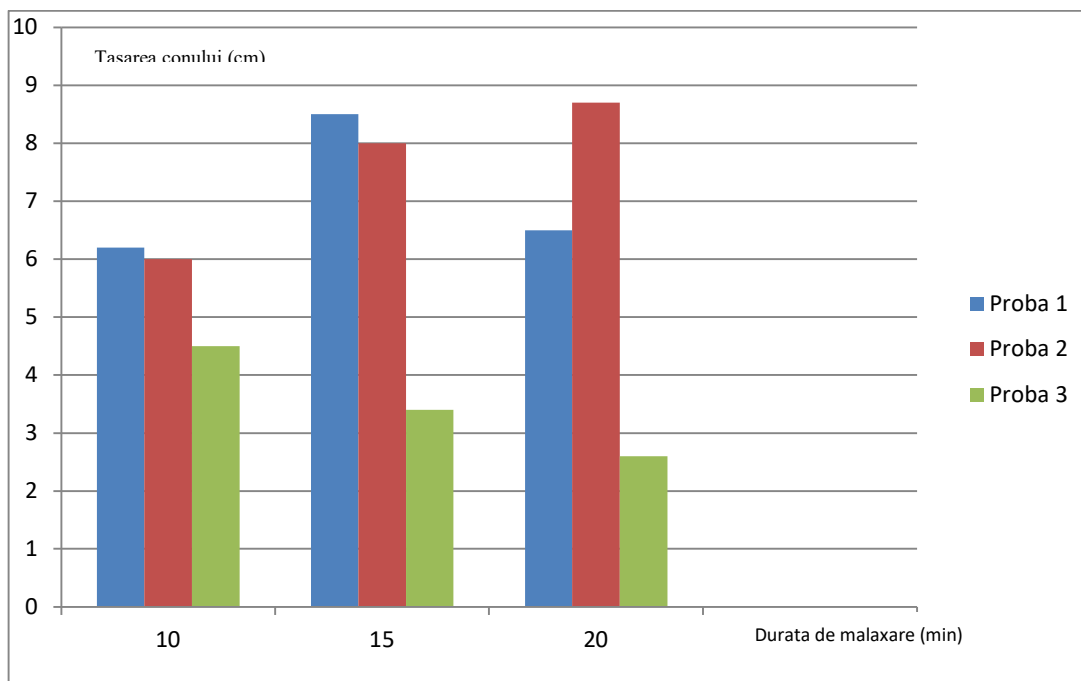


Fig. 4

Tabelul 3

Durata de malaxare (min)	10					
Raport a/c	0,65			0,61		
Conținutul de ciment (kg/m <sup>3</sup> )	340			320		
Volum de beton preparat (m <sup>3</sup> )	4,5			5,0		
Proba	1	2	3	1	2	3
Tasarea(cm)	14	16	14,8	1,8	2,2	2,1
Răspândirea(cm)	44	43	41,2	31,5	31,5	31,5
Rezistența la compresiune (N/mm <sup>2</sup> )	18,3	19,6	20,6	30,2	31,5	30,9
Densitatea aparentă (kg/m <sup>3</sup> )	2275	2275	2260	2330	2320	2335
Condiții de încercare beton întărit (nr. zile)	28					

Proba 1 – la începutul descărcării betonului

Proba 2 – la mijlocul descărcării

Proba 3 – la sfârșitul descărcării

Tabelul 4

Durata de malaxare (min)	10		
Proba	1	2	3
Tasarea(cm)	7	5,5	6,7
Răspândirea(cm)	42	39,5	38,6
Rezistența la compresiune (N/mm <sup>2</sup> )	21,2	22,1	22,6
Densitatea aparentă (kg/m <sup>3</sup> )	2220	2225	2225
Condiții de încercare beton întărit (nr. zile)	28		

Proba 1 – la începutul descărcării betonului

Proba 2 – la mijlocul descărcării

Proba 3 – la sfârșitul descărcării

#### 4. CONCLUZII

În conformitate cu rezultatele prezentate în tabelele 1-4 și în graficele din figurile 1-4 se pot sintetiza următoarele concluzii:

- creșterea duratei de malaxare în autobetonieră pentru mărcile de beton B 150 și B 300 a avut ca efect scăderea valorilor tasării și răspândirii, manifestată în special la probele prelevate la sfârșitul descărcării betonului din autobetonieră (tabelele 1 și 2 și figurile 2 și 4);
- influența creșterii duratei de malaxare asupra rezistenței la compresiune în sensul creșterii acesteia, nu a fost semnificativă (fig 1 și 3), datorită condițiilor diferite de încercare pentru betonul întărit, precum și datorită variației raportului apă/ciment în cazul betoanelor de marcă B 150 și a volumelor diferite de beton preparat în cazul betoanelor de marcă B 300;
- încercările pe probele prelevate la sfârșitul descărcării betonului au dus la obținerea celor mai mici valori ale tasării și răspândirii și a celor mai mari valori pentru rezistența la compresiune pentru majoritatea betoanelor de marcă B 150, B 200 și B 300, cât și pentru betonul de marcă B 250;
- în cazul betoanelor de marcă B 200 (tabelul 3), au fost obținute rezultate net superioare pentru tasare, răspândire și rezistență la compresiune, pentru betonul cu valori mai mici ale cantității de ciment și ale raportului apă/ciment, pentru un volum de beton preparat mai mare;
- valorile obținute pentru densitatea aparentă a betonului întărit, au indicat în majoritatea cazurilor gradul superior de omogenizare a probelor de beton prelevate la mijlocul și mai ales la sfârșitul descărcării, în raport cu cele prelevate la începutul descărcării betonului din autobetonieră.

**BIBLIOGRAFIE**

1. Ștefan Mihăilescu, Valeriu Goran, Polidor Bratu, *Mașini de Construcții volumul 3*, Editura tehnică, București, 1986, pag. 135-140
2. \*\*\* Codul de practică pentru producerea betonului CP 012/1- 2007
3. \*\*\* Reglementare tehnică PCC 023-2015 – Procedură pentru inspecția tehnică a echipamentelor pentru transportul și punerea în operă a betoanelor
4. \*\*\* Reglementare tehnică PCC 020-2015- Procedură pentru inspecția tehnică a stațiilor pentru prepararea betoanelor
5. \*\*\* Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat NE 012-1/2007
6. \*\*\* Standarde de încercări pe beton proaspăt, SR EN 12350-1,2,5,6-2009
7. \*\*\* Standarde de încercări pe beton întărit, SR EN 12390-2,3,7-2009
8. \*\*\* Standard de conformitate pentru beton SR EN 206+A1:2017