

MINIGHID DE PROIECTARE A COMPOZIȚIILOR DE BETON UZUAL C 8/10...C 35/45 cu cimenturi CARPATCEMENT® CEM I, CEM II/A-S și CEM II/A-LL



Ediția 1 - 2017

HEIDELBERGCEMENT

“Descifrând memoria zidurilor înălțate din negura vremurilor descoperim istoria unei vechi preocupări a locuitorilor acestor meleaguri, aceea de a construi nu doar pentru ei ci - mai ales - pentru generațiile următoare.

Ridicând construcțiile monumentale ale României moderne, constructorii și arhitecții noștri au demonstrat vocația și capacitatea de a realiza lucrări ingineresti complexe și durabile care s-au opus cu succes acțiunii nefaste a cutremurelor și factorilor climatici nefavorabili. Ei sunt eroii noștri, marea majoritate necunoscuți, care au dovedit o profundă vocație pentru lucrul bine făcut de prima dată!

Fiecare baraj, pod, drum, construcție industrială sau civilă, multe dintre ele din beton armat, își are propria istorie, care trebuie bine cunoscută pentru a garanta o întreținere ieftină și siguranță, în exploatare și durabilitate.

Fac un apel la noile generații de specialiști să pună suflet și seriozitate în ceea ce fac, astfel încât, la rândul lor, să construiască durabil, pentru generațiile viitoare, intrând astfel și ei în cartea de istorie a neamului nostru, alături de operele lor. “

prof. Nicolae Șt. Noica

fost Ministru al Lucrărilor Publice

“Sectorul construcții este parte integrantă a dezvoltării economice, a progresului tehnic, care nu mai pot fi poziționate în afara conceptului de sustenabilitate.

Avem deci datoria să ne integrăm într-o familie europeană, responsabilă de crearea unui mediu construit prietenos, care să îmbine tradiția cu modernismul, esteticul cu funcționalul, siguranța cu trăinicia.

Trebuie să construim sigur și durabil, studiind, cercetând, creând reguli și respectându-le, producând materiale cât mai ecologice, proiectând și executând competent și responsabil.

Construcțiile din beton armat pot îndeplini toate aceste cerințe într-o continuă încercare de „regăsire” a Panteonului.”

prof. univ. dr. ing. Dan Paul Georgescu

Universitatea Tehnică de Construcții București

“Acum două mii de ani, Vitruvius cerea, prin ale sale Zece cărți de arhitectură, ca edificiile să îndeplinească integral trei atribute: firmitas, utilitas și venustas. Firmitatea este, în primul rând, o calitate legată de cum, din ce materiale, cât de eficient și de durabil întocmim o clădire. Firmitas înseamnă modul remarcabil în care clădirea îndură, ba chiar înfruntă timpul. Nimic nu s-a schimbat de atunci.”

prof.univ.dr.arh. Augustin Ioan

Universitatea de Arhitectură și Urbanism Ion Mincu București

Stimați utilizatori,

Pot exista situații în care aveți nevoie de câteva informații concise, care să sintetizeze o parte din ceea ce buna practică și reglementările tehnice stabilesc în domeniul proiectării compozițiilor de beton (adică „rețetele” de preparare a amestecului).

Documentul pe care îl citiți este un mic ghid cuprinzând recomandări de proiectare a compozițiilor de beton pentru clase uzuale de rezistență - între C8/10 și C35/45. Acest interval asigură, în întregime, zona claselor minime de beton prevăzute de Anexa F a CP 012/1:2007, ghidul fiindu-vă astfel util în activitatea curentă.

În acest ghid se găsesc informații care vă vor ajuta să proiectați compoziția betonului. Cu alte cuvinte, veți putea stabili parametrii săi compoziționali care să conducă la asigurarea duratei de viață de 50 de ani (reglementată de CP 012/1:2007 și NE 012/2:2010) pentru structura turnată, în condițiile respectării grosimii stratului de acoperire a armăturilor, a punerii corecte în operă, precum și a executării la timp și de calitate a lucrărilor de întreținere curentă.

Indicațiile din acest ghid vă vor ajuta să respectați întocmai normele referitoare la evitarea riscului seismic pentru construcțiile noi. Ridicarea unei construcții durabile, capabile să reziste vicisitudinilor timpului, reprezintă pentru constructor nu numai o adevărată „carte de vizită” profesională, ci și un cadou făcut generațiilor viitoare, la fel cum noi privim azi la edificiile maeștrilor de ieri.

De asemenea, aceste informații vă vor ajuta să proiectați corect compoziția betonului, pentru a ține seama de atacul din îngheț-dezghet – unul dintre factorii cu cel mai mare impact asupra durabilității construcțiilor. Veți avea astfel siguranța că veți clădi o construcție ce va rezista timpului și climei din ce în ce mai puțin îngăduitoare, marcată de fenomenul de încălzire globală.

Consultarea și respectarea tuturor reglementărilor tehnice în vigoare și care fac referire la domeniul în discuție este obligatorie. Întrucât NE 012/1:2007 a fost preluat prin CP 012/1:2007 (care are o mai bună diseminare), acest ghid se referă, în principal, doar la această ultimă reglementare¹, care în general este cunoscută.

Ghidul nu poate conține totalitatea detaliilor tehnice necesare, constituindu-se astfel doar într-un document cu caracter general și informativ. Acest ghid este aplicabil doar cimenturilor uzuale CARPATCEMENT® CEM I, CEM II/A-S și CEM II/A-LL aflate în portofoliul nostru de produse, pentru alte tipuri de ciment, specializate, fiind nevoie de o discuție tehnică suplimentară.

Așteptăm cu mare plăcere și interes recomandări și completări pentru ediția viitoare a ghidului. Grupul HeidelbergCement a fost și rămâne alături de dumneavoastră în eforturile de a construi durabil, pentru business-uri solide și case sigure, confortabile, pentru familii și echipe de colegi.

Cu speranța că informațiile din acest ghid vor fi utile, vă încurajăm să împărtășiți cu noi experiența și dificultățile pe care le aveți în proiectarea compoziției betonului!

Vă dorim succes și pentru orice neclaritate legată de informațiile și recomandările din acest ghid puteți să ne contactați la: tehnic@heidelbergcement.ro!



Radu Gavrilescu
Șef departament consultanță tehnică a clienților
HeidelbergCement România S.A.
București, septembrie 2016

1 Cod de Practică pentru Producerea Betonului (iulie 2008).

Cuprins

I. Introducere

II. Elaborarea specificației betonului

III. Necesitatea efectuării unor corecții continue (optimizări) asupra compozițiilor de beton

IV. Proiectarea compoziției betonului uzual (C8/10... C35/45)

Etapa I: Stabilirea parametrilor compoziționali „de bază”

Etapa a II-a: Calculul componentilor (stabilirea propriu-zisă a compoziției inițiale)

Etapa a III-a: Efectuarea de încercări preliminare de laborator asupra compoziției inițiale

V. Bibliografie

I. Introducere

Asigurarea durabilității construcțiilor, adică a duratei de viață reglementate, reprezintă o problemă vitală pentru economia națională.

Începând cu 2007 - anul intrării în vigoare a reglementării **NE 012/1 (CP 012/1)** - putem proiecta compoziții de beton durabile și în același timp eficiente din punctul de vedere al energiei înglobate, în conformitate cu reglementările naționale cu caracter obligatoriu, armonizate cu cele europene.

Proiectanții, plecând de la exigențele impuse unui element de beton pe considerente structurale ("din încărcări"), stabilesc un set de valori limită ale acestuia - în principal clasa (minimă) de rezistență a betonului " C_{minS} ". *Aceasta reprezintă proiectarea structurală.*

Este, însă, deosebit de important faptul că nu doar prin proiectarea structurală se stabilește clasa de rezistență a betonului!

O altă evaluare - complet separată - plecând de la condițiile de mediu înconjurător (încadrabile în clase de expunere „X”) în care elementul este exploatat pe durata de serviciu, va impune betonului o altă serie de valori limită compoziționale (clasa minimă de rezistență " C_{minD} ", A/C max., tipuri de ciment utilizabile etc.).

Aceasta reprezintă proiectarea durabilității în conformitate cu prevederile obligatorii ale CP 012/1:2007.

Proiectantul este obligat să parcurgă atât proiectarea structurală cât și pe cea a durabilității !

Clasa minimă de rezistență a betonului pe care - în final - o va avea elementul " C_{min} " în proiect (și care va ajunge să fie comandată în stație) va fi înfășurătoarea (valoarea maximă) celor două valori minime, atât din considerente structurale (" C_{minS} ") cât și de durabilitate (" C_{minD} ").

Pentru caracterizarea completă a compoziției betonului inclus în proiect și care urmează a fi comandat la stație, la valoarea " C_{min} " proiectantul trebuie să adauge acele elemente ce rezultă doar din proiectarea durabilității betonului (valoarea maximă a A/C, tipul sau tipurile de ciment, dozajul minim de ciment etc.).

Aceasta arată importanța deosebită a proiectării durabilității betonului !

Este important de reținut că, pentru majoritatea elementelor de construcții civile proiectate în mod obișnuit, o mare parte a specificațiilor betonului din structură sunt identificate² doar parcurgând etapa obligatorie de proiectare a durabilității (nu prin proiectarea structurală). Noi recomandăm întotdeauna proiectanților să includă în proiect toate specificațiile necesare betonului (clasa de rezistență, raportul A/C_{max}, tipul cimentului, diametrul maxim al granulei de agregat, consistența etc.) astfel încât să fie scutiți de neclarități sau întrebări ulterioare, în faza de ofertare sau de pe șantier.

Știm că introducerea în proiecte a tuturor acestor elemente ușurează mult munca de proiectare, verificare și control pe flux a compozițiilor de beton. Asupra proiectării compoziției betonului sub aspectul asigurării durabilității se concentrează - în mare parte - acest ghid care are valabilitate toată perioada cât NE 012/1:2007, respectiv CP 012/1:2007, rămân în vigoare.

2 Verificarea trebuie făcută bineînțeles, în fiecare situație și pentru fiecare proiect.

II. Elaborarea specificației betonului

Elaboratorul³ poate transmite specificația⁴ betonului (catre producătorul⁵ acestuia) prin două metode:

- **metoda curentă, uzuală**, în care prin proiect (*caiet de sarcini*) sunt specificate cerințe aplicabile betonului. Cerințele se referă la clasa de rezistență, tipul/tipurile și conținutul minim de ciment, raportul A/C maxim, diametrul maxim al granulei de agregat, conținut minim de aer antrenat etc.). Se pot face referiri cu privire la materiale și tehnologii strict în baza cadrului tehnic reglementat, în principal respectându-se CP 012/1:2007 și NE 012/2:2010. În acest caz betonul este denumit **beton cu proprietăți specificate**, definit la #3.1.11 din CP 012/1:2007.

Exemplu de notare a unui beton cu proprietăți specificate:

C25/30 XC4+XF1 RO Cl0,4 Dmax16 S3.

- **metoda bazată pe performanța echivalentă a betonului**, în care prin proiect (*caiet de sarcini*) se cere producătorului să furnizeze o anumită compoziție de beton care anterior a confirmat anumite performanțe specificate (spre exemplu durabilitate în anumite condiții particulare). În acest caz betonul este denumit **beton cu compoziție prescrisă** (specificată), definit la #3.1.12 din CP 012/1:2007. Responsabilitatea stabilirii compoziției nu aparține producătorului de beton.

Ambele metode impun respectarea reglementărilor în vigoare - a CP 012/1:2007 și NE 012/2:2010 în special - precum și a standardelor conexe acestora, obligându-l pe producător să efectueze încercări de laborator și „in situ” cu materialele disponibile în perioada execuției.

În majoritatea cazurilor, în proiecte, se utilizează **betonul cu proprietăți specificate**, acestea fiind clasa sa de rezistență, raportul maxim A/C, referire la tipurile de ciment posibil a fi utilizate, clasa de consistență, diametrul maxim al granulei de agregat, clasa de cloruri etc. Proprietățile specificate ale betonului vin ca și cerințe în stația de betoane în vederea stabilirii compoziției, verificării acestuia și respectiv livrării unui produs conform.

În cele ce urmează este prezentată metoda volumului absolut de proiectare a unei compoziții de beton (cu proprietăți specificate⁶), adică prin utilizarea maselor volumice reale și raportare la unitate (1m³).

La proiectarea unei rețete de beton sunt necesare anumite cunoștințe în ceea ce privește caracteristicile fizico-mecanice și chimice ale materialelor componente (ciment, agregate și aditivi), de informații de la producătorii acestora privind proprietățile lor relevante precum și de o anumită experiență tehnică în ceea ce privește întocmirea compozițiilor preliminare.

Pentru mai multe informații tehnice pe tema proiectării compoziționale a betonului vă recomandăm consultarea literaturii noastre tehnice, respectiv a documentației produselor ce urmează a fi folosite, pe www.heidelbergcement.ro!

3 **Elaborator de specificație** - persoană fizică sau persoană juridică însărcinată cu stabilirea specificației betonului proaspăt și întărit (în majoritatea cazurilor elaboratorul este proiectantul).

4 **Specificație** - sinteză finală de cerințe tehnice documentate transmise la producător în termeni de performanță (clasa, A/C max., tipuri ciment etc.) sau de compoziție (conținut exact de componente etc.).

5 **Producător** - persoană fizică sau persoană juridică producătoare de beton proaspăt (stație de beton).

6 Așa cum este acesta definit la #3.1.11 din CP 012/1:2007.

III. Necesitatea efectuării unor corecții continue (optimizări) asupra compozițiilor de beton

Informativ, pe baza unui număr suficient de determinări, se pot stabili anumite corelații între rezistența la compresiune a betonului la 28 de zile în funcție de dozajul de ciment și de raportul A/C, parametri esențiali din punct de vedere compozițional.

Aceste corelații, personalizate pe tip de ciment și clasa de rezistență, sunt foarte importante pentru a determina - cu aproximație - la ce dozaj de ciment se obține respectivul nivel de rezistență la compresiune al betonului. Această corelație se poate face și folosind scriptele stației de betoane. Cu cât numărul de determinări este mai mare, cu atât această corelație dintre dozajul de ciment și rezistența la compresiune a betonului este mai precisă, păstrând constante celelalte „variabile” (surse sorturi agregate, aditivi etc.).

Reprezentanții noștri tehnici vă pot pune la dispoziție - la cerere și personalizat pe tip de ciment - grafice care prezintă valori ale rezistenței la compresiune la 28 de zile al betonului în funcție de dozajul de ciment în domeniul reglementat de CP 012/1:2007 ale raportului A/C, pentru clase de tasare „S” corespunzătoare betonului pompabil. Aceste grafice sunt alcătuite pe baza încercărilor efectuate pe compoziții de beton preparate și testate în laboratoare neutre, pentru anumite surse de agregate.

Experiența noastră arată faptul că pentru același tip de ciment, de aceeași clasă de rezistență, pot exista – pentru același dozaj de ciment – diferențe importante (de până la 10MPa) între rezistența la compresiune la 28 de zile de la o compoziție la alta. Pentru intervalul analizat în acest ghid (C8/10 ... C35/45), această importantă variabilitate (de ~10MPa) a rezistenței la compresiune la 28 de zile poate însemna practic „o clasă de beton”.

Cimentul CARPATCEMENT® are o bună omogenitate a parametrilor (produs fabricat „în flux continuu” și cu un exigent, dublu⁷, control al calității). Respectiva variabilitate are la bază - de fapt - neomogenitatea performanței restului de componenți din beton reprezentând inclusiv efectul modului de întocmire a compozițiilor („rețeta”).

Aceasta arată importanța deosebită care trebuie acordată nu doar dozajului de ciment la stabilirea compoziției, ci și dozajului restului de componenți, al proporției în care aceștia se regăsesc în compoziție precum și nivelului lor de performanță.

În acest context, raportul A/C are o importanță deosebită întrucât furnizează corelația ce există între cantitățile de apă (ca activator al reacțiilor de hidratare-hidroliză ale cimentului) și ciment (liant care reacționează).

Sub aspectul asigurării durabilității betonului, controlul strict asupra tipului de ciment folosit, asupra raportului A/C și respectiv clasei betonului este esențial în ceea ce privește activitatea de proiectare a compozițiilor de beton.

La proiectarea compozițională trebuie să aveți în vedere și faptul că anumite caracteristici ale betonului (A/C, consistență etc.) se pot modifica la trecerea din laborator „pe stație”.

Prin urmare, efectuarea unor corecții privind diferențele de umiditate dintre agregatele stocate în padocuri și agregatele uscate ce sunt folosite în amestecurile de laborator sunt absolut necesare.

După verificarea metrologică a dozatoarelor, cunoscând performanțele tehnologice ale stației, este importantă urmărirea în timp a performanțelor betonului și eventual efectuarea unor corecții asupra compozițiilor stabilite



7 Controlul parametrilor se efectuează atât pe fluxul de producție cât și la livrare (teste de autocontrol).

în laborator sau în etapa inițială. O altă serie de corecții⁸ aplicabile betonului pot fi necesare, ca urmare a transportului betonului în funcție de distanță (timpul de transport) și de temperatura mediului ambiant.

Toate seturile de corecții, cuprinzând o multitudine de factori particulari de influență, nu pot fi anticipate și analizate în acest material, însă pot fi discutate – de la caz la caz – cu personalul nostru tehnic direct la stația de beton precum și pe șantiere.

Aceste corecții (optimizări) de compoziție, de umiditate precum și cele corelate cu alți factori externi de influență, trebuie efectuate tot timpul, astfel încât la locul de punere în operă să ajungă, cu siguranță, un beton conform comenzii, care să poată fi pus în operă, compactat și tratat conform reglementărilor tehnice în vigoare.

IV. Proiectarea compoziției betonului uzual (C8/10 ... C35/45)

Compoziția betonului se stabilește, astfel încât, în condițiile unui dozaj controlat, limitat, de parte fină⁹ și a păstrării unor caracteristici în stare proaspătă ale betonului impuse de tehnologia de execuție, de durata de transport precum și de temperatura mediului, să fie asigurate performanțele de rezistență la compresiune, durabilitate și (eventual) estetice prevăzute în proiectul de execuție.

Proiectarea corectă a compoziției betonului, cu utilizarea zonelor¹⁰ de granulozitate a agregatelor prevăzute în Anexa L din CP 012/1:2007, urmărește o maximizare a densității betonului cu efect favorabil asupra rezistenței la compresiune, impermeabilității, rezistenței la îngheț-dezghet etc. și de diminuare a contracțiilor.

În cele ce urmează se vor prezenta recomandări tehnice pentru stabilirea în laborator a unor compoziții preliminare de beton, așa cum reies acestea din reglementări și buna practică, aplicată după anul 1999.

În conformitate cu prevederile noilor reglementări europene, clasa minimă a betonului este C8/10 și nu C2,8/3,5 așa cum era anterior prevăzută de NE 012/1999. Clasa minimă a betonului structural (armat) devine acum C16/20. *Alte valori minime ale clasei betonului, ale raportului maxim A/C etc. specifice în funcție de clasele de expunere „X” în care se încadrează betonul sunt oferite de Anexa F a CP 012/1:2007, care este normativă (obligatorie) atât pentru proiectant cât și pentru tine. În cazul în care aveți neclarități, este corect și necesar să comunicați cu proiectantul și să clarificați orice nelămurire privind parametrii betonului și clasele de expunere „X” în care acesta urmează a fi exploatat.*

Responsabilitatea întocmirii și testării compozițiilor de beton revine laboratorului stației de betoane. Se va vedea în acest sens și Anexa O (normativă) a CP 012/1:2007.

Parcursul etapelor următoare este aplicabilă doar betoanelor uzuale, simple și armate, structurale și nestructurale, precum și betoanelor de egalizare încadrabile în clase de expunere „X” la acțiunea mediului înconjurător, așa cum sunt acestea definite de CP 012/1:2007. Etape diferite, derivate din reglementările tehnice, sunt aplicabile betoanelor specializate așa cum sunt betoanele rutiere, masive, autocompactante, ușoare, grele, de monolitizare, de impermeabilizare etc.

Parcurgând etapele din continuare oricine poate înțelege cu ușurință de ce nu este posibilă „copierea” compozițiilor de beton „de la o stație la alta”, fără efectuarea unor determinări absolut necesare asupra caracteristicilor agregatelor și betonului în stare proaspătă și întărită, disponibile.

8 Conform #11.2.1 din NE 012/2:2010, livrarea betonului proaspăt se va face conform prevederilor aplicabile din NE 012-1:2007. În plus, producătorul de beton trebuie să menționeze pe bonul de livrare durata maximă de transport pentru care nu se modifică performanțele și caracteristicile betonului comandat.

9 Cantitatea cumulată de ciment și agregat cu $\varnothing < 0,125\text{mm}$.

10 Descrise prin procente de volum al agregatului trecut prin site (vol, %) și nu prin procente din masă (masa, %), așa cum prevedea NE 012/1999.

Etapa I: Stabilirea parametrilor compoziționali „de bază”

A. Stabilirea tipului sau a tipurilor de ciment ce vor fi folosite

Alegerea corectă a tipurilor de ciment pe care le veți folosi este esențială pentru obținerea unui beton durabil și pentru prevenirea litigiilor. *Selecția (tipului) tipurilor de ciment aplicabile trebuie efectuată conform prevederilor Anexei F din CP 012/1:2007, corespunzător claselor de expunere „X” în care urmează a fi exploatat betonul, stabilite de către proiectant. O atenție deosebită trebuie să acordăm selecției tipului (tipurilor) de ciment în cazul betoanelor speciale așa cum sunt cele rutiere, masive (hidrotehnice) sau aparente unde se aplică exigențe suplimentare față de prevederile CP 012/1:2007, conform și altor reglementări tehnice naționale (NE 014, PE 713, C122 etc.).*

În această etapă este important de remarcat faptul că - în realitate - betoanele ajung să fie exploatate, în același timp, în mai multe clase de expunere „X”, adică practic într-o combinație a acestora. Fără discuție, tipul (tipurile) de ciment utilizat(e) trebuie să fie acceptate în toate clasele de expunere „X” în care poate ajunge betonul să fie folosit, confortabil și corect fiind să fie alese tipuri de cimenturi cu o acceptare cât mai extinsă, în toate clasele de expunere „X” la acțiunea obișnuită¹¹ a mediului înconjurător. Pentru betoane expuse în clasele de expunere XA2 și XA3 cu atac sulfatic se folosesc cimenturi rezistente la sulfați, iar pentru betoane aflate în contact cu apa mării se utilizează cimenturi rezistente la această agresiune. Pentru betonul masiv este obligatorie folosirea unui ciment cu căldura de hidratare redusă („N-LH”), dozat corespunzător.



Pentru betoane uzuale, alegerea tipului / tipurilor de ciment (în corelație cu valorile minime ale parametrilor betonului – clasa de rezistență, raport A/C etc.) în conformitate cu Anexa F a CP 012/1:2007 conduce la o durată de viață de 50 de ani. Pentru construcții inginerești cu o durată de viață de (cel puțin) 100 de ani (a se vedea normativul CR 0 / 2002) este necesară restrângerea tipurilor de ciment aplicabile, în conformitate cu experiența națională, în corelație cu necesitatea creșterii claselor betonului respectiv de reducere a raportului A/C.

Utilizarea unui tip de ciment necorespunzător (neacceptat într-o clasă de expunere „X” în care urmează a fi exploatat betonul) poate avea consecințe grave asupra durabilității elementului și - în consecință - poate afecta prematur rezistența și stabilitatea structurii, cu costuri și consecințe importante.

Bineînțeles, este de dorit selectarea unui tip de ciment care are o largă acceptare în clasele de expunere „X” relevante. Din acest punct de vedere tipurile de ciment CARPATCEMENT® CEM I, CEM II/A-S și CEM II/A-LL la care se referă prezentul material au domenii de utilizare extinse, putând fi folosite în toate clasele de expunere „X” uzual întâlnite la acțiunea mediului înconjurător. Face excepție betonul exploatat în clasele de expunere XA2 și XA3 cu atac sulfatic moderat și intens la care trebuie utilizat un ciment rezistent la sulfați, conform prevederilor CP 012/1:2007.

Pentru orice neclaritate puteți să ne contactați la: tehnic@heidelbergcement.ro

11 Expunerea betonului în clasele XA2 și XA3 cu atac sulfatic este considerată o expunere specială, fiind necesare măsuri deosebite de asigurare a durabilității betonului, una din acestea fiind alegerea unui tip de ciment rezistent la atacul sulfatic.

B. Verificarea tipului de ciment și a clasei betonului „Cx/y”

De cele mai multe ori trebuie să stabiliți o compoziție de beton de clasă de rezistență „Cx/y” plecând de la un anumit tip de ciment prestabilit.

Într-o stație de beton obișnuită, uneori, nu se poate cunoaște în detaliu destinația betonului livrat (sub aspectul tipului de element turnat sau al clasei de expunere „X” în care acesta va fi exploatat). În această situație trebuie verificată posibilitatea utilizării tipului de ciment contractat în clasele de expunere „X” minim relevante în care poate ajunge betonul (de exemplu XC4, XF1 etc.), având în vedere faptul că după stabilirea compoziției, respectiv după intrarea rețetei de beton în nomenclatorul stației și începerea livrărilor, se vor onora comenzi diverse.

Trebuie ca tipul de ciment pe care-l utilizați să fie acceptat în combinația de clase de expunere „X” (conform Anexei F din CP 012/1:2007) în care betonul va fi exploatat.

Pentru fiecare clasă de expunere „X”, Anexa F din CP 012/1:2007 prevede și o clasă minimă de beton.

O altă verificare necesară a fi făcută este dacă nu cumva clasa de beton cerută „Cx/y” este mai redusă decât limita minimă prevăzută de Anexa F din CP 012/1:2007 pentru oricare clasă de expunere „X” în care poate ajunge să fie exploatat betonul. Dacă acest lucru se întâmplă, atunci clasa de beton cerută „Cx/y” este prea redusă și trebuie să faceți demersuri să fie sporită, în conformitate cu reglementările tehnice în vigoare.

Livrarea unei clase de beton inferioare valorii minime prevăzute de reglementare (asociată cu un raport A/C mai mare decât valoarea maximă reglementată) sau cu un tip de ciment necorespunzător poate conduce la probleme de durabilitate, inclusiv pe termen scurt și în funcție de agresivitatea mediului înconjurător.

C. Stabilirea clasei de rezistență a cimentului folosit

În funcție de clasa dorită a betonului trebuie să alegeți clasa de rezistență a cimentului având în vedere că până la clasa de beton C25/30 se recomandă – pe considerente de optimizare a dozajului - să utilizați un ciment de clasă de rezistență 32,5, iar peste aceasta un ciment de clasă de rezistență 42,5.

Recomandăm să nu folosiți cimentul de clasă 42,5 pentru clase reduse de betoane (C8/10 și C12/15) datorită unui posibil deficit de masă liantă - de pastă de ciment - în compoziție. Cu toate acestea, dacă CEM II/A-S 42,5R este singurul ciment aprovizionat, acesta se poate utiliza și la prepararea unor clase foarte reduse de beton - așa cum sunt C8/10 și C12/15 - cu utilizarea însă a aceluiași dozaj ca și la cimentul de clasă de rezistență 32,5, cu modificarea ponderii sorturilor de agregate. Pondere la livrare a claselor de beton C8/10 și C12/15 într-o stație de betoane este oricum foarte redusă.

D. Stabilirea tipului de agregat ce urmează a fi folosit

Agregatele reprezintă aproximativ 80% din masă și 70-75% din volumul unui metru cub de beton uzual, așadar o pondere considerabilă. *Importanța care trebuie acordată calității agregatelor derivă din ponderea în care acestea se regăsesc în volumul de beton, chiar dacă agregatele aparent nu reacționează chimic cu cimentul.*

Betoanele uzuale inferioare clasei de beton C35/45 se pot obține folosindu-se agregate rulate, de balastieră. Pentru clase de beton peste C35/45 este probabil necesară utilizarea unui sort de agregat mare concasat, de balastieră sau carieră.



În ceea ce privește tipul de nisip folosit, de carieră sau de balastieră, este în general cunoscut faptul ca nisipul de concasaj, cu muchii vii, va conduce la un necesar mai ridicat de apă de consistență, pentru egală tasare, decât nisipul cu granule rulate.

Practica arată că limita de utilizare exclusivă a agregatelor mari, rulate, de balastieră, pare a fi clasa de beton C35/45, peste această clasă de beton simțindu-se nevoia prezenței unui sort mare concasat. Importantă este, în toate situațiile, pentru obținerea unor rezistențe la compresiune mari, asigurarea aderenței pietrei de ciment la agregatele de sort mare printr-o spălare eficientă a acestora și/sau concasare.

E. Stabilirea tipului (tipurilor) de aditivi utilizați

Conform #5.2.6 din CP 012/1:2007, utilizarea unui (super) plastifiant se face în condiții de obligativitate, pentru toate clasele de beton, inclusiv C8/10 și C12/15.

În afara acestui tip de aditiv se mai utilizează (în asociere) un aditiv antrenor de aer pentru clasele de expunere și compozițiile de beton unde există această obligativitate, în conformitate cu prevederile Anexei F a CP 012/1:2007. Pentru clasa de expunere XF4 este obligatorie utilizarea unui aditiv antrenor de aer, CP 012/1:2007 neprevăzând¹² în Anexa F o variantă alternativă, fără acest aditiv, așa cum face pentru clasele de expunere XF2 și XF3.

La utilizarea altor aditivi în afara celui (super) plastifiant (obligatoriu, în toate situațiile) și al celui antrenor de aer (obligatoriu, în limitele Anexei F din CP 012/1:2007) trebuie avut în vedere faptul că, pe lângă efectul principal (cunoscut), este posibil să existe și efecte secundare, unele negative, ce trebuie controlate tehnologic prin cooperarea cu producătorul de aditivi.

Toți aditivii se dozează și se utilizează în conformitate cu prevederile fișelor lor tehnice emise de către producători. Cooperarea tehnică între producătorul de beton și producătorul de aditivi este deosebit de importantă. Rostul încercărilor preliminare este și de a se determina o eventuală incompatibilitate între aditiv și ciment sau între aditivi¹³, precum și de a selecta cei mai eficienți aditivi din punctul de vedere al reducerii raportului A/C, în corelație cu consistența dorită a betonului.

La realizarea părții experimentale, dispersarea aditivului (super) plastifiant în compoziția betonului preparat în laborator trebuie să o faceți în apa de preparare, în cea de a doua etapă de introducere a acesteia, în compoziția malaxată având suprafața granulelor mari de agregat umedă. Când folosiți aditivii introduși într-o cantitate mai mare de 3 litri lichid / m³ beton trebuie să faceți corecții asupra raportului A/C.

F. Stabilirea raportului A/C maxim

Există o anumită proporționalitate, o anumită corelație¹⁴, între raportul A/C și rezistența la compresiune a betonului la 28 de zile, un raport A/C redus fiind esențial pentru obținerea unei clase ridicate a betonului.

12 Efect al limitărilor impuse de SR EN 206-1:2002.

13 Când se folosesc în compoziția betonului mai mulți aditivi.

14 Reglementat, raportul A/C maxim se află în corelație directă cu clasa minimă de beton (prin intermediul clasei de expunere „X” la acțiunea mediului înconjurător).



Raportul A/C este un parametru deosebit de important, respectarea acestuia asigurând durabilitatea betonului pe perioada de viață specificată de CP 012/1:2007 (în Anexa F) de 50 de ani.

Stabilirea raportului A/C maxim pentru o compoziție se face în conformitate cu prevederile Anexei F din CP 012/1:2007, corespunzător claselor minime de rezistență „C” ale betonului. Pentru clase de rezistență ale betonului mai mari decât aceste clase minime reglementate, raportul A/C se diminuează în consecință.

Tabel 1: Limitele maxime ale raportului A/C conform CP 012/1:2007 și buneii practici

| Clasa dorită a betonului | Raport maxim A/C conform Anexei F din CP 012/1:2007 (din condiții de durabilitate) | Raport maxim A/C stabilit pentru realizarea condiției de clasă de rezistență a betonului (în funcție de clasa de rezistență a cimentului CARPATCEMENT® ce va fi utilizat), pe considerente de bună practică | |
|--------------------------|---|---|----------------------|
| | | Ciment de clasa 32,5 | Ciment de clasa 42,5 |
| C8/10 | Nu este prevăzut un raport maxim A/C însă acesta nu poate fi oricât de mare (recomandabil < 0,70) | 0,75 | Nu recomandăm |
| C12/15 | | 0,65 | |
| C16/20 | | 0,55 | |
| C20/25 | 0,60 | 0,50 | 0,60 |
| C25/30 | 0,50 (0,55 ^a) | 0,45 | 0,50 |
| C30/37 | 0,55 (0,50 ^a) | Nu recomandăm | 0,47 |
| C35/45 | 0,45 | | 0,40 |

^a – când se utilizează un aditiv antrenor de aer

Pentru respectarea unor cerințe speciale privind asigurarea impermeabilității betonului este foarte important să reduceți la minimum posibil raportul A/C, bineînțeles cu păstrarea cerințelor de consistență dorite pentru beton (măsurabile prin clase de consistență). Practica ne arată faptul ca obținerea unui beton având un anumit grad de impermeabilitate „P” la valoarea prescrisă a presiunii maxime a apei de 4 N/mm² (adica P₄¹⁰), de 8 N/mm² (adica P₈¹⁰) sau de 12 N/mm² (adica P₁₂¹⁰) se face și prin controlul clasei de rezistență a acestuia, în corelație bineînțeles și cu raportul A/C care trebuie să fie cât mai redus.

Tabel 2: Valori orientative ale raportului maxim A/C și clasei minime de beton pentru obținerea unor anumite grade de impermeabilitate „P” pentru o valoare prescrisă limită de pătrundere a apei de 10 cm

| Gradul de impermeabilitate dorit al betonului | Valoarea prescrisă a adâncimii limită de pătrundere a apei (cm). | Presiunea maximă a apei pe standul de încercare | Raportul orientativ(*) maxim A/C | Clasa minimă orientativă(*) a betonului |
|---|--|---|----------------------------------|---|
| P ₄ ¹⁰ | max. 10 cm | 4 N/mm ² | 0,60 | C16/20 |
| P ₈ ¹⁰ | | 8 N/mm ² | 0,50 | C25/30 |
| P ₁₂ ¹⁰ | | 12 N/mm ² | 0,45 | C30/37 |

(*) – întotdeauna este necesară o verificare experimentală, în laborator, în conformitate cu SR EN 12390-8 și Anexa X din NE 012/2:2010.

În nici un caz nu se poate utiliza o compoziție de beton având un raport A/C mai mare decât valoarea maximă prevăzută, corespunzător claselor de expunere „X”, de CP 012/1:2007 (Anexa F).

Raportul A/C luat în considerare la proiectarea compoziției trebuie să aibă cea mai mică valoare posibilă care satisface cerințele betonului:

- pe considerente de durabilitate (adică să nu fie depășit raportul A/C maxim prevăzut în CP 012/1:2007 corespunzător clasei de expunere „X”);
- privind atingerea clasei sale de rezistență (conform Tabelului 1) și

- pe considerentul obținerii unui grad de impermeabilitate „P” (unde este cazul).

Este important de remarcat, încă o dată, importanța deosebită a parametrului „A/C” în stabilirea compoziției betonului. Pentru aceeași cantitate (dozaj) de ciment și aceeași tasare, un raport A/C mare înseamnă o rezistență la compresiune redusă¹⁵, pe când un raport A/C mic înseamnă o rezistență la compresiune mare. Aceste corelații între dozajul de ciment, tasare, raportul A/C și rezistența la compresiune arată importanța care trebuie acordată întotdeauna utilizării corecte a unui aditiv (super) plastifiant eficient în compoziția betonului precum și controlului strict asupra A/C.

G. Stabilirea dozajului minim de ciment

Stabilirea dozajului minim de ciment trebuie să fie făcută în conformitate cu prevederile Anexei F din CP 012/1:2007, corespunzător unor clase de expunere „X” și în corelație cu clasele minime de rezistență ale betonului. Acest dozaj minim prevăzut de CP 012/1:2007 nu trebuie înțeles, în nici un caz, a fi dozajul la care se atinge respectiva clasă de rezistență, ci un dozaj de ciment sub care nu se poate coborî pe considerente de asigurare a durabilității. Respectarea cerinței de dozaj minim de ciment nu exclude, în nici un caz, respectarea întregului set de cerințe reglementat, adică și a clasei minime de rezistență a betonului, a raportului maxim A/C etc. *Acestea reprezintă un ansamblu (set) unitar de cerințe, care nu se exclud una pe alta și pe toate trebuie să le respectați!*

Valorile oferite de CP 012/1:2007 în Anexa F pentru dozajele minime de ciment sunt corespunzătoare agregatelor a căror dimensiune maximă este între 20 și 32mm. Prin urmare, betonul preparat în trei sorturi (0-16mm) ar trebui să aibă un dozaj de ciment modificat, buna practică arătând faptul că dozajul minim trebuie să fie mai sporit față de limitele (minime) prevăzute în Tabelele F.1.1. și F.1.2. din CP 012/1:2007.

Este foarte important să fie respectate aceste cerințe privind dozajul minim de ciment.

Tabel 3: Dozajul minim de ciment în funcție de clasa de expunere „X” la acțiunea mediului înconjurător

| | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Clasa de expunere „X” | X0 | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XD1 | XD2 | XD3 | XS1 | XS2 | XS3 |
| Dozaj minim de ciment [Kg/m ³] | - | 260 | 260 | 280 | 300 | 300 | 320 | 320 | 300 | 320 | 320 |
| Clasa de expunere „X” | XF1 | XF2 | XF3 | XF4 | XA1 | XA2 | XA3 | XM1 | XM2 | XM3 | |
| Dozaj minim de ciment [Kg/m ³] | 300 | 320 | 320 | 340 | 300 | 320 | 360 | 300 | 320 | 320 | |

Odată stabilită combinația de clase de expunere „X”, în care urmează a fi exploatat betonul, trebuie să identificați în Anexa F a CP 012/1:2007 valorile de dozaj minim corespunzătoare acestora, iar pentru stabilirea compoziției trebuie să rețineți valoarea maximă¹⁶ a dozajului de ciment. De exemplu, pentru combinația de clase de expunere frecvent întâlnite în practică XC4+XF1+XA1 dozajul minim de ciment este același, respectiv 300Kg/m³.

15 La toate termenele de încercare, în special la 28 de zile. Aceasta arată o utilizare nejudicioasă a cimentului.

16 Acea valoare care este acoperitoare pentru toate clasele de expunere „X” în care urmează a fi exploatat betonul.

H. Stabilirea consistenței betonului prin intermediul claselor de tasare („S”)

Consistența betonului este prevăzută de către proiectant în funcție de tipul de element turnat (formă, dimensiuni și desimea armăturilor) și tehnologia de turnare. Consistența betonului este stabilă, în prezent, prin clase de tasare „S” (definite în tabelul 3 din CP 012/1:2007) situația fiind oarecum similară și în vechea reglementare (NE 012/1999) care prevedea tot clase de tasare, codificate însă cu „T”.

Analizând comparativ prevederile NE 012/1999 și CP 012/1:2007 se observă că T3 este identic cu S2. Se mai observă și că T3/T4 și T4 sunt parțial acoperite de S2 și S3, iar T4/T5 este acoperit parțial de S3 și S4, ceea ce poate genera unele confuzii. CP 012/1:2007 introduce și o clasă de tasare „S5” cu valori foarte ridicate („nelimitate”) ale tasării (>220mm).



Betoanele vârtoase¹⁷, uscate, care au clase de tasare „S1” și „S2”, sunt transportate cu bena și sunt puse în opera cu sisteme de mașini specializate, care asigură o vibrație puternică și în întreg volumul de beton. Începând cu clasa de tasare „S3” (inclusiv) betoanele pot fi pompate, iar cu cât tasarea măsurată este mai mare, cu atât va fi mai ușoară această operațiune tehnologică.

Practica de șantier a arătat că trebuie făcută o corelație între tipul de elemente turnate și tasarea necesară a betonului, care să ofere un minim de efort de compactare la locul de punere în opera, tabelul următor fiind informativ.

Tabel 4: Stabilirea informativă a corelației dintre tipul de elemente turnate și consistența betonului (prin clase de tasare „S”) la locul de punere în operă

| Tipul de elemente turnate (descriere sumară) | Clasa de consistență „T” [mm] | Tasare după „T” [mm] | Tasare după „S” [mm] | Clasa de tasare „S” |
|--|-------------------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Fundații din beton simplu sau slab armat, betoane masive | T2 [30 ± 10] | 20 ... 40 | 10...40 | S1 |
| | T3 [70 ± 20] | 50 ... 90 | 50...90 | S2 |
| Fundații din beton armat, stâlpi, grinzi, pereți structurali (turnare cu bena) | T3 [70 ± 20] | 50 ... 90 | 50...90 | S2 |
| | T3/T4 [100 ± 20] | 80 ... 120 | Nu are corespondent. Se recomandă S3 | |
| Fundații din beton armat, stâlpi, grinzi, pereți structurali realizați cu beton pompat, recipienti și monolitizări | T4 [120 ± 20] | 100 ... 140 | 100...150 | S3 |
| Elemente sau monolitizări cu armături dese sau cu dificultăți de compactare, elemente cu secțiuni reduse | T4/T5 [150 ± 30] | 120...180 | 100...150 | S3 |
| | | | 160...210 | S4 |
| Elemente pentru a căror realizare tehnologia de execuție impune betoane foarte fluide | T5 [180 ± 30] | 150 ... 210 | 160...210 | S4 |
| | | | > 210 | S5 |

Tabelul de mai sus nu exclude transmiterea de către proiectant sau executant a unor valori în mod special dorite pe șantier ale clasei de tasare „S”, în funcție de specificul (dotarea) acestuia și tipul de elemente turnate, astfel încât betonul să poată fi transportat și pus în operă în condiții optime. Comunicarea clasei de tasare „S” se face prin intermediul comenzii adresate stației de betoane. *În acest context trebuie să verificați și prevederile CP 012/1:2007, în special # 5.4.1.*

17 De exemplu, betoanele rutiere.

Față de NE 012/1999, noul normativ CP 012/1:2007 face ca T3 să fie inclus în S2, iar S3 să acopere o gamă largă de clase de tasare (T3/T4, T4 și T4/T5). Prin urmare, este (poate) indicat să se specifice în comanda de beton, alături de clasa de tasare „S”, intervalul sau valorile tasării [mm] între care trebuie să se încadreze betonul, cu referire și la vechile clase de tasare „T”, așa cum este în exemplul de mai jos.

Clasa tasare S3 (100 – 140mm), echivalentul fostei clase T4

La stabilirea consistenței betonului „S” în laborator și „pe stație” trebuie avută în vedere o anumită reducere a acesteia pe măsura creșterii duratei de transport prin pierderea unei părți din apa de consistență, pierdere care este mai mare cu cât temperatura mediului înconjurător este mai mare (pentru durată egală de transport).

Deși reglementările tehnice nu sunt foarte explicite în acest sens, este important de precizat și faptul că respectiva consistență a betonului (definită prin clasa de tasare „S” și interval de valori) trebuie asigurată, logic, la locul de punere în operă, în funcție de condițiile de transport (întâlnite pe traseu) și de punere în opera (dotarea șantierului). *Ar trebui să colaborați din punct de vedere tehnic în mod continuu cu executantul și să faceți tot timpul (anumite eventuale) corecții „pe stație”, în funcție de durata de transport a betonului și de temperatura atmosferică. Aceste corecții ar trebui să se refere la prezența și/sau dozajul unor aditivi.*

I. Stabilirea diametrului maxim al granulei agregatelor folosite

Dimensiunea maximă (\varnothing_{\max}) a granulei de agregat se stabilește în funcție de o serie de constrângeri geometrice (dimensiunea cea mai mică a elementelor, distanța dintre barele de armătură și mărimea stratului de acoperire cu beton a armăturilor) aplicând relațiile de mai jos:

$$\begin{array}{ll} \varnothing_{\max} < 1/4 D & \text{[mm]} \\ \varnothing_{\max} < d - 5\text{mm} & \text{[mm]} \\ \varnothing_{\max} < 1,3 c & \text{[mm]} \end{array} \quad \text{în care:}$$

D = dimensiunea cea mai mică a elementului structural [mm];

d = distanța dintre barele de armătură (cu excepția grupării barelor) [mm];

c = grosimea stratului de acoperire a armăturilor cu beton [mm].

Pentru betoanele preparate conform CP 012/1:2007 se pot utiliza granule până la max. 63mm, practica arătând o mare pondere a cererii de betoane cu diametrul granulei maxime (\varnothing_{\max}) de 16 sau 22,4mm.

Cu cât dimensiunea maximă a granulei de agregat este mai mare, cu atât potențialul de contracție al betonului este mai redus, iar compoziția mai eficientă sub aspect tehnico-economic. La comandarea betonului în stație, în funcție de constrângerile geometrice anterior enunțate, se recomandă să se urmărească folosirea betonului cu cea mai mare dimensiune a granulei maxime (\varnothing_{\max}).

Desigur, nu se pot anticipa care vor fi comenzile de beton ce vor trebui onorate din acest punct de vedere. Este recomandabil să aveți – pentru o aceeași clasă de beton „Cx/y” – toate variantele de compoziții. Pentru a fi eficient pompate, betoanele trebuie să aibă $\varnothing_{\max} < 1/3$ din diametrul minim al coloanei instalației de pompare.

J. Stabilirea cantității orientative necesare de apă de amestecare [„APA”]

Cantitatea orientativă de apă de amestecare „APA” [l/m³ beton] se stabilește în funcție de clasa de rezistență a betonului „Cx/y” și clasa dorită de tasare a betonului „S”, după cum urmează:

Tabel 5: Stabilirea cantității orientative de apă „APA” pentru obținerea unei clase de tasare „S”

| Interval de clase de rezistență „șintă” ale betonului | Cantitatea orientativă de apă [l/m ³] ce poate fi folosită pentru a obține clasa de tasare „S” (sau de tasare „T” conform NE 012/1999, ieșit din vigoare) | | | |
|---|---|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| | T2 [20...40mm] | T3 [50...90mm] | T3/T4 [80...120mm] | T4 [100...140mm] |
| | S1 (*) [10...40mm] | S2 (*) [50...90mm] | Nu este prevăzută clasa S2/S3 | S3 (*) [100...150mm] |
| [C8/10...C20/25] | 140 | 150 | 160 | 180 |
| [C20/25...C35/45] | 150 | 160 | 170 | 185 |
| Mod de transport | Bena acoperită | | Automalaxor (beton pompabil) | |

(*) – în conformitate cu #5.4.1. din CP 012/1:2007 se admit unele abateri, la stație. Aceste abateri admise (Tabelul 11 din CP 012/1:2007) nu sunt luate în considerare în acest tabel.

La cantitatea de apă orientativă, care reiese din tabel, se pot aplica următoarele corecții:

- reducere de 5%, dacă se folosesc sorturi 0-31,5mm;
- spor de 5%, în cazul folosirii sorturilor 0-16mm;
- spor de 10%, în cazul folosirii sorturilor de piatră sparta 8-16mm, respectiv 16-25mm.

Nu trebuie să utilizați - încă de la prima malaxare a compoziției - o cantitate prea mare de apă în beton, iar această apă trebuie adăugată, treptat, urmarind încorporarea unui minim posibil din punct de vedere cantitativ, în vederea obținerii consistenței dorite. Consistența dorită a betonului este obținută prin efectul prezenței apei și a părții fine ($\phi < 125\text{mm}$) din compoziție, iar efectul aditivului (super) plastifiant este esențial în asigurarea plasticității / fluidității amestecului, prin mecanismele sale specifice. *Este recomandabil să folosiți apă potabilă în compoziția betonului.*

K. Stabilirea maselor volumice ale agregatelor și cimentului utilizate

Densitatea (masa volumică) este o caracteristică specifică materialelor de construcție ce poate fi determinată, ușor și repede, în laborator, devenind astfel foarte utilă controlului producției. În cazul agregatelor livrate într-o stație de beton, masa lor volumică depinde de distribuția granulometrică, de forma granulelor precum și de greutatea specifică a rocii de baza, din care provine agregatul. În conformitate cu SR EN 12620:2003, pentru a putea fi utilizate în betoane, orice sort de agregate utilizat trebuie să prezinte o masă volumică mai mare de 2.000 Kg/m³.

În Declarația de Performanță emisă de orice producător de agregate certificat, pentru fiecare sort livrat, pot fi declarate două valori ale masei volumice:

- facultativ (rezultatele pot fi însă transmise la cerere): **masa volumică în vrac**, care se determină conform prevederilor SR EN 1097-3:2002;
- obligatoriu: **masa volumică reală**, care se determină conform prevederilor SR EN 1097-6:2002.

Tabel 6: Stabilirea orientativă a intervalelor de existență (minim – maxim) pentru masele volumice declarate

| Masa volumică | Interval orientativ | Ce înseamnă? |
|------------------------------|---------------------------------|--|
| Masa volumică în vrac | 1.500 – 1.650 Kg/m ³ | Cât cântărește 1m ³ de agregat perfect uscat (în etuvă) |
| Masa volumică reală | 2.400 – 2.700 Kg/m ³ | Cât cântărește 1m ³ de agregat compact (roca) |

Ambele valori ale maselor volumice este necesar să fie cunoscute cât mai exact pentru a putea proiecta corect compoziția de beton. Întrucât metodele de determinare a celor două mase volumice implică utilizarea etuvei, uneori pot apărea anumite confuzii. Prin urmare, o prezentare sumară a metodelor este binevenită.

Masa volumică se calculează, normal, plecând de la raportul masă/volum.

Pentru un sort, conform SR EN 1097-3:2002, **masa volumică în vrac** reprezintă valoarea obținută prin împărțirea masei agregatului uscat în etuvă, necompactat, ce umple un vas de volum dat, cunoscut, la volumul vasului.

Pentru un sort, conform SR EN 1097-6:2002, **masa volumică reală** se stabilește calculând raportul între masa eșantionului uscat în etuvă și volumul pe care acesta îl ocupă în apă, așadar inclusiv volumul porilor deschiși. Volumul pe care îl ocupă agregatul **este considerat a fi ca și cum acesta ar fi compact** și se calculează cântărind masa volumului de apă dezlocuit.

Pentru stabilirea compoziției betonului:

- dacă **masa volumică în vrac** a sortului nu este transmisă prin intermediul Declarației de Performanță atunci aceasta se poate cere producătorului sau se poate determina în laborator, conform SR EN 1097-3:2002. **Este recomandabil să cereți masa volumică în vrac producătorului de agregate.**
- **masa volumică reală** este transmisă obligatoriu prin intermediul Declarației de Performanță.

În cazul cimentului, pentru inventariere de cantități / volume se poate utiliza o valoare medie a masei volumice „în vrac” de aproximativ 1.450Kg/m³ cu mențiunea că această valoare nu se regăsește în reglementări ci doar în literatura tehnică. Cimentul este un material mai fin măcinat decât filerul de calcar, pentru care este prevăzută în SR EN 1097-3:2002 (Anexa A) o metodă de măsurare a masei volumice reale, prin dispersarea în kerosen. Dacă se dorește, informativ, metoda respectivă poate fi aplicabilă și la ciment.

Tabel 7: Stabilirea orientativă a masei volumice reale a cimentului în funcție de tipul acestuia

| Masa volumică | CEM I | CEM II/A |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Masa volumică reală | ~3.100 Kg/m ³ | ~3.000 Kg/m ³ |

Cimenturile Portland unitare (CEM I) au o masă volumică reală ușor mai mare (~3.100Kg/m³) decât cimenturile cu adaos (~3.000Kg/m³) tip CEM II/A, acestea fiind și valorile luate în considerare la proiectarea compozițiilor de beton. Din această diferență a maselor volumice, la egal dozaj și clasă de rezistență a CEM I și CEM II/A, rezultă un volum mai ridicat de (pastă de) ciment folosind CEM II/A (comparativ cu CEM I) cu consecințe benefice în ceea ce privește consistența (lucrabilitatea) betonului.

L. Stabilirea granulozității agregatului total

Granulozitatea reprezintă - conform SR EN 12620 - distribuția dimensională a granulelor de agregat exprimată în procente de masă [%] care au trecut printr-un ansamblu stabilit de site (de dimensiuni convențional stabilite prin SR EN 933-2:1998). Sortul unui agregat (sau clasa sa de granulozitate) reprezintă totalitatea granulelor care trec prin sita superioară (D) însă sunt reținute de sita consecutiv inferioară (d) și se notează cu d/D. Spre exemplu sortul 4-8mm reprezintă totalitatea granulelor care trec prin sita de 8mm însă sunt reținute pe sita de 4mm.

În practică este posibil ca un sort livrat într-o stație de beton să conțină o cantitate foarte redusă de granule de agregat, atât mai mici decât limita inferioară „d”, cât și mai mari față de limita superioară „D”. Aceste mici

cantități de agregat aflate în afara limitelor sortului „d/D” ajung să fie utilizate în beton și prin urmare trebuie determinate exact și luate în considerare în compoziție.

Distribuția granulometrică totală a agregatelor influențează proporțiile în care se găsesc cimentul și apa în compoziția de beton și are un rol determinant asupra lucrabilității, densității și nivelului contracțiilor betonului. Pentru obținerea unui beton cu un potențial minim de contracție se recomandă alegerea dimensiunii maxime a granulei de agregat (\varnothing_{max}) cât mai mare, iar a conținutului în părți fine ($\varnothing < 125mm$) cât mai redus.

O distribuție echilibrată, continuă, a sorturilor asigură o densitate mare compoziției betonului. Scopul este ca nisipul și pasta de ciment (mortarul) să umple cât mai bine spațiile dintre agregatele cu dimensiuni mari, creșterea densității având efecte benefice asupra rezistenței la compresie.

Stabilirea raportului între sorturile folosite în compoziție se face în urma încadrării curbei granulometrice (totale) a agregatului utilizat în graficele (zonele) prezentate în CP 012/1:2007, Anexa L (normativă). Încadrarea sorturilor de agregate disponibile (sau dorite a fi utilizate) în zonele granulometrice favorabile sau utilizabile prezentate de CP 012/1:2007 conduce, în final, la obținerea unor ponderi [%] ale fiecărui sort în total agregate.

O anumită dificultate poate consta în faptul ca exista - până în 2007 - o practică națională reglementată¹⁸ privind încadrarea curbei agregatului total în zone de granulometrie stabilite pe baza procentelor de treceri în masă [masă, %], iar noua reglementare (CP 012/1:2007) oferă zone de granulozitate exprimate în procente de treceri în volum [vol, %]. Trebuie acceptat faptul că utilizarea pentru caracterizarea agregatului a procentelor de treceri pe site în volum [vol, %] este mai orientată spre maximizarea densității betonului decât utilizarea procentelor de treceri pe site în masă [masă, %], fiind astfel un element de progres tehnologic.



Tabel 8: Sorturi de agregate de balastieră, respectiv carieră, întâlnite în practică

| | | | | | |
|----------------------------|-------------------|------------|---------|-----------------|-----------------|
| Sorturi [mm] de balastieră | 0/4 | 4/8 | 8/16 | 16-22,4 (16/25) | 16/31,5 |
| Descriere | nisip | mărgăritar | pietriș | | |
| Sorturi [mm] de carieră | 0/4 | | 4/8 | 8/16 | 16-22,4 (16/25) |
| Descriere | nisip de concasaj | | | criblură | |

Distribuția granulometrică a agregatelor se determină în laborator conform SR EN 933-1, prin sitarea fiecărui sort de agregat (dorit a fi utilizat) pe site standardizate conform SR EN 933-2. Determinarea inițială constă – pentru fiecare sort - în cântărirea restului rămas pe fiecare sită folosită.

Obiectivul final este, totuși, să se treacă de la resturile pe site evaluate în unități de masă [Kg] la evaluarea acestora în unități de volum [m^3] (prin intermediul masei volumice în vrac) și raportarea la întreg (100%).

Realizarea analizei granulometrice se face cu ajutorul sitelor de 0,063mm (cu sita de protecție), 0,125mm, 0,250mm, 0,500mm, 1mm, 2mm, 4mm, 8mm, 16mm, 22,4mm, 31,5mm. Pentru a caracteriza mai bine agregatul, se pot folosi și site intermediare, cu efectuarea corecțiilor necesare în evaluările ulterioare.

Discuție privind conținutul de părți fine dintr-un sort de agregate și compoziție de beton

SR EN 12620 definește a fi partea fină din agregat, tot ceea ce trece prin sita de 0,063mm („filer”). În acest standard, părțile fine pot fi considerate ca nedăunătoare atunci când – în sort - conținutul total este mai mic de 3%, o serie de alte cerințe fiind prevăzute în Anexa A, care trebuie analizată cu atenție. Aceasta arată

18 Conform NE 012/1999.

necesitatea sitării sorturilor (acolo unde este cazul) și pe ultima sită - de 0,063mm – și evaluarea acestei ponderi a părții fine în compoziția betonului.

CP 012/1:2007 definește¹⁹ ca parte fină a compoziției betonului tot ceea ce trece prin sita de 0,125mm, acest interval (0...0,125mm) fiind și zona granulometrică ce se asociază dimensional cu cimentul²⁰.

Rolul părții fine este să acționeze ca un lubrifianț între granulele mari de agregate, să îmbunătățească lucrabilitatea și să rețină apa în compoziție (să prevină mustirea). Evaluarea cantităților de parte fină²¹ din agregat este o operațiune laborioasă - în special evaluarea fracției 0...0,063mm - însă trebuie efectuată.

Zonele granulometrice impuse agregatelor utilizate la prepararea betonului din CP 012/1:2007 (Anexa L, normativă) se opresc cu limitele domeniilor favorabile/utilizabile la limita de 0,25mm trasând, punctat, „tendințe” până la limita de 0,125mm. Reglementarea limitează superior – cumulat - cantitățile de parte fină din agregate cu cele de ciment (integral).

Tabel 9: Conținutul maxim de părți fine din beton de clasa max C35/45, conform CP 012/1:2007 (Anexa F)

| Dozaj de ciment [Kg/m ³ beton] | Conținut maxim total de părți fine din beton (trecere prin sita 0,125mm) |
|---|--|
| ≤ 300 | 400 Kg/m ³ beton |
| 300 ... 400 | dozajul de ciment + 100 Kg/m ³ beton |
| ≥ 400 | 500 Kg/m ³ beton |

Stabilirea curbei de granulozitate a agregatului total prin încercări

Curba de granulozitate a agregatului total [trecuri în vol, %] se stabilește astfel încât să se încadreze în zona favorabilă (respectiv utilizabilă) în conformitate cu prevederile CP 012/1:2007 (Anexa L, normativă) urmărindu-se maximizarea densității betonului. Limitele (favorabile / utilizabile) acestor zone în funcție de dimensiunea maximă a granulei sunt prezentate (ca minime și maxime) în tabelele următoare.

Tabel 10: Limitele zonelor de granulozitate pentru agregate 0-8mm (Fig. L.1 / CP 012/1:2007) în cazul folosirii unei compoziții granulometrice continue. Pentru compoziții discontinue este necesară consultarea reglementării.

| Zona de granulozitate | | Treceri (vol, %) prin sita de [mm] | | | | | | 100 |
|-----------------------|-----|------------------------------------|------|-----|----|----|----|-----|
| | | 0,125 | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 4 | |
| Favorabilă | Min | [2] | 5 | 14 | 21 | 36 | 61 | |
| | Max | [5] | 11 | 26 | 42 | 57 | 74 | |
| Utilizabilă | Min | [5] | 11 | 26 | 42 | 57 | 74 | |
| | Max | [9] | 22 | 39 | 57 | 71 | 85 | |

Notă: valorile limitelor aflate între paranteze „[]” sunt informative. Conținutul maxim admis de părți fine se verifică în conformitate cu prevederile tabelului F.3.1. din Anexa F (normativa) a CP 012/1:2007.

19 Diferit față de SR EN 12620.

20 Cimentul are dimensiuni ale granulelor majoritar în intervalul 0-0,1mm (adica 0-100μm) și poate fi considerat integral a reprezenta parte fină în compoziție, conform de altfel #3.1.48 din CP 012/1:2007.

21 Adică ceea ce trece pe sita de 0,125mm.

Tabel 11: Limitele zonelor de granulozitate pentru agregate 0-16mm (Fig. L.2 / CP 012/1:2007) în cazul folosirii unei compoziții granulometrice continue. Pentru compoziții discontinue este necesară consultarea reglementării.

| Zona de granulozitate | | Treceri (vol, %) prin sita de [mm] | | | | | | | |
|-----------------------|-----|------------------------------------|------|-----|----|----|----|----|-----|
| | | 0,125 | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| Favorabilă | Min | [2] | 3 | 8 | 12 | 21 | 36 | 60 | 100 |
| | Max | [5] | 8 | 20 | 32 | 42 | 56 | 76 | |
| Utilizabilă | Min | [5] | 8 | 20 | 32 | 42 | 56 | 76 | |
| | Max | [9] | 18 | 34 | 49 | 62 | 74 | 88 | |

Notă: valorile limitelor aflate între paranteze „[]” sunt informative. Conținutul maxim admis de părți fine se verifică în conformitate cu prevederile tabelului F.3.1. din Anexa F (normativă) a CP 012/1:2007.

Tabel 12: Limitele zonelor de granulozitate pentru agregate 0-22,4mm (Fig. L.3 / CP 012/1:2007) în cazul folosirii unei compoziții granulometrice continue. Pentru compoziții discontinue este necesară consultarea reglementării.

| Zona de granulozitate | | Treceri (vol, %) prin sita de [mm] | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|------------------------------------|------|-----|----|----|----|----|----|------|
| | | 0,125 | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 22,4 |
| Favorabilă | Min | [2] | 2 | 5 | 9 | 17 | 28 | 47 | 78 | 100 |
| | Max | [5] | 8 | 19 | 30 | 39 | 51 | 68 | 89 | |
| Utilizabilă | Min | [5] | 8 | 19 | 30 | 39 | 51 | 68 | 89 | |
| | Max | [7] | 17 | 31 | 45 | 57 | 70 | 82 | 94 | |

Nota: valorile limitelor aflate între paranteze „[]” sunt informative. Conținutul maxim admis de parti fine se verifică în conformitate cu prevederile tabelului F.3.1. din Anexa F (normativa) a CP 012/1:2007.

Tabel 13: Limitele zonelor de granulozitate pentru agregate 0-31,5mm (Fig. L.4 / CP 012/1:2007) în cazul folosirii unei compoziții granulometrice continue. Pentru compoziții discontinue este necesară consultarea reglementării.

| Zona de granulozitate | | Treceri (vol, %) prin sita de [mm] | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|------------------------------------|------|-----|----|----|----|----|----|------|
| | | 0,125 | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 |
| Favorabilă | Min | [2] | 2 | 5 | 8 | 14 | 23 | 38 | 62 | 100 |
| | Max | [5] | 8 | 18 | 28 | 37 | 47 | 62 | 80 | |
| Utilizabilă | Min | [5] | 8 | 18 | 28 | 37 | 47 | 62 | 80 | |
| | Max | [7] | 15 | 29 | 42 | 53 | 65 | 77 | 89 | |

Notă: valorile limitelor aflate între paranteze „[]” sunt informative. Conținutul maxim admis de părți fine se verifică în conformitate cu prevederile tabelului F.3.1. din Anexa F (normativa) a CP 012/1:2007.

Reglementarea CP 012/1:2007 nu stabilește zone de încadrare a curbei agregatului total pentru diferite clase de tasare „S” și dozaje de ciment așa cum făcea NE 012/1999, lăsând astfel o anumită libertate operatorului privind efectuarea unor corecții, în funcție de experiența sa tehnică.

Conținutul maxim admis de părți fine (total particule agregat ce trec prin sita de 0,125mm + ciment) este limitat, în funcție de dozajul de ciment, în conformitate cu prevederile Tabelului F.3.1. din CP 012/1:2007, după cum s-a mai arătat.

În urma stabilirii granulozității agregatului total reies ponderile (%) cu care diferite sorturi de agregate intră în compoziția betonului, aceste ponderi constituindu-se în date importante (de intrare) în calculul compoziției.

Plecând de la masele resturilor pe site, pe care le determinați, putem să colaborăm - folosind un program de calcul tabelar - în vederea stabilirii granulozității agregatului total, respectiv a ponderilor sorturilor de agregate.

Etapa a II-a: Calculul componentelor (stabilirea propriu-zisă a compoziției inițiale)

M. Evaluarea cantității de ciment („CEM”) necesare

$$CEM = \frac{APA}{A/C}, \text{ în care :}$$

APA = cantitatea orientativă de apă de amestecare [litri], determinată conform punctului J;
A/C = valoarea cea mai mică dintre A/C pentru asigurarea condiției de clasă (conform punctului F) și de durabilitate²² (Anexa F din CP 012/1:2007). Se vor urmări și prevederile Tabelului nr. 1.

Cantitatea de ciment „CEM” [Kg/m³] trebuie comparată întotdeauna cu dozajul minim [Kg/m³] admis de CP 012/1:2007 (Anexa F). În funcție de clasele de expunere „X” în care va fi exploatat betonul livrat și trebuie adoptată cea mai mare valoare dintre acestea. Valoarea respectivă „CEM” se reține și se folosește, în continuare, în calcule.

Este importantă utilizarea – pentru verificare – corelațiilor care prezintă (prin teste de laborator efectuate pe compoziții preparate în laborator) legătura ce se poate stabili între dozajul unui ciment de clasa de rezistență 32,5 respectiv 42,5 și rezistența la compresiune pe beton, la 28 de zile, pentru rapoarte A/C aflate în domeniul reglementat²³. *În funcție de solicitări se poate face o discuție tehnică în care să vă prezentăm aceste corelații.*

Analizând, pentru un tip de ciment, corelația „dozaj ciment – rezistență beton” se stabilește un anumit grad de încredere în faptul că, utilizând dozajul de ciment determinat „CEM”, este posibilă obținerea unei rezistențe suficiente și corespunzătoare²⁴ obținerii clasei de beton Cx/y dorite.

Este important de remarcat faptul că la baza evaluării cantității de ciment din compoziție stă raportul A/C, ca principal parametru ce definește durabilitatea betonului.

N. Evaluarea cantității necesare (totale) de agregat în stare uscată „AGG” [Kg]:

$$AGG = \gamma_{AGG} \left(1 - \frac{CEM}{\gamma_{CEM}} - \frac{APA}{\gamma_{APA}} - P \right), \text{ în care:}$$

AGG = cantitatea necesară (totală) de agregate în stare uscată [Kg];

γ_{AGG} = masa volumică reală²⁵ a agregatelor [Kg/m³], determinată cf. SR EN 1097-6;

CEM = cantitatea de ciment necesară [Kg], evaluată anterior conform punctului M;

γ_{CEM} = masa volumică reală a cimentului ($\gamma_{CEM} = 3.000 \dots 3.100$ Kg/m³, în funcție de tipul cimentului).

Tabel 14: Masele volumice reale ale cimentului, în funcție de tipul acestuia

| Tipul cimentului | Masa volumică reală „ γ_{CEM} ” |
|------------------|--|
| CEM I | 3.100 Kg/m ³ |
| CEM II/A | 3.000 Kg/m ³ |

APA = cantitatea orientativă de apă de amestecare [litri] determinată conform punctului J;

γ_{APA} = masa volumică (reală) a apei ($\gamma_{APA} = 1.000$ Kg/m³);

P = volumul de aer oclus²⁶. Uzual acesta reprezintă ~2% dintr-un metru cub de beton, adică 0,02m³. O parte importantă a aerului oclus se elimină la compactarea betonului prin vibrare.

La stabilirea granulozității [trecheri, vol %] sorturilor (respectiv a agregatului total) se va folosi masa volumică.

22 Corespunzător claselor de expunere „X” în care va fi exploatat betonul livrat.

23 Rapoarte A/C mai reduse decât valoarea maximă admisă conform CP 012/1:2007.

24 Având o marjă de siguranță suficientă, de 6-12MPa întrucât suntem în etapa încercărilor inițiale.

25 Masa volumică reală a sorturilor este preluată din Declarația de Performanță a producătorului sau poate fi determinată, în caz de dubiu.

26 Goluri de aer în beton, care nu sunt produse intenționat.

în vrac (masa volumică a sorturilor uscate în etuvă), iar la stabilirea cantității totale de agregate „AGG” se va folosi **masa volumică reală** (masa volumică a rocii compacte).

Practic, masa totală de agregate „AGG” [Kg] determinată reprezintă o multiplicare a densității în stare compactă cu volumul „absolut” (adică de 1m³ din care se scade volumul ocupat de ciment, de apă și de aer, ultimele două neputând prezenta o densitate „în vrac”, adică în stare afânată).

Desigur, când sorturile provin din mai multe tipuri de roci (silicioase, bazaltice etc.), evaluarea masei volumice reale se poate face prin determinarea acestora ca medie ponderată, plecând de la ponderea fiecărui tip de agregat în total compoziție. Când nu există date disponibile pentru masa volumică reală a diferitelor tipuri de roci se pot folosi orientativ valorile din tabelul de mai jos, însă o determinare precisă este necesară.

Tabel 15: Mase volumice reale, informative, aproximative, ale diferitelor tipuri de roci

| Tipul rocii | Masa volumică reală [γ_{AGG}] |
|----------------------------|--|
| Silicioasă (de balastieră) | 2.400 ... 2.700 Kg/m ³ |
| Granitică | ~2.700 Kg/m ³ |
| Bazaltică | ~2.900 Kg/m ³ |

Odată cunoscută cantitatea necesară (totală) de agregate în stare uscată „AGG” [Kg/m³], cunoscând anterior ponderile [%] cu care intră fiecare sort, trebuie stabilite - pentru 1m³ de beton - cantitățile de agregate [Kg/m³] din fiecare sort ce urmează a fi utilizat.

În cazul utilizării aditivilor antrenori de aer, „P” care este volumul total de aer (oclus și antrenat) se evaluează conform tabelului prezentat în continuare care este și o măsură (aproximativă și informativă) a eficienței unui antrenor de aer (oarecare, dozat conform specificațiilor tehnice) în funcție de dimensiunea maximă („ \emptyset_{max} ”) a granulei de agregat folosite.

Se observă că pe măsura creșterii „ \emptyset_{max} ” conținutul de aer oclus și antrenat se reduce, interpolarea între valori fiind posibilă, pentru un calcul exact. Facem mențiunea că, după realizarea compoziției de beton în laborator, conținutul „P” de aer oclus și antrenat se determină în mod real, conform SR EN 12350-7:2003, putându-se face astfel toate corecțiile necesare.

Tabel 16: Conținutul „P” orientativ, preliminar, de aer oclus și antrenat în funcție de dimensiunea maximă a granulei

| Dimensiunea max. a granulei („ \emptyset_{max} ”) | 8mm | 16mm | 31,5mm | 71mm |
|---|-----|------|--------|------|
| Conținut de aer oclus și antrenat „P” | 7% | 5% | 4,5% | 3,5% |

O. Evaluarea masei volumice (aparente) [Kg/m³] pentru betonul proaspăt

$$\gamma_{BET} = AGG + CEM + APA, \text{ în care:}$$

γ_{BET} = masa volumică (aparentă) a betonului [Kg/m³];

AGG = cantitatea necesară (totală) de agregate în stare uscată [Kg/m³], evaluată anterior conform punctului N;

CEM = cantitatea de ciment necesară [Kg/m³], evaluată anterior conform punctului M;

APA = cantitatea orientativă²⁷ de apă de amestecare [l/m³], determinată conform punctului J.

Această evaluare a masei volumice a betonului are scopul de a avea o estimare preliminară, orientativă, o masă volumică prea redusă (de exemplu sub 2.200Kg/m³) semnalând o eroare de calcul sau de apreciere. *Având masa volumică determinată se pot compara masele volumice ale cuburilor de beton (15x15x15cm) prelevate pentru încercare cu o valoare „țintă”, aceasta fiind o măsură rapidă și orientativă de verificare, întotdeauna, a corectitudinii compoziției betonului proaspăt preparat.*

P. Inventarierea finală a datelor de intrare în testele de laborator

27 Cantitatea este orientativă întrucât asupra acesteia se vor mai efectua unele corecții.

În urma parcurgerii etapelor anterioare ar trebui să existe stabilite toate detaliile tehnice necesare pentru a se începe partea experimentală - de preparare, testare și corecție a compozițiilor în laborator.

Se recomandă completarea unui tabel sintetic care să conțină datele de care aveți nevoie pentru a demara testele de laborator pentru o compoziție de beton „Cx/y” dorită.

Tabel 17: Conținutul orientativ al unei scripte de laborator privind întocmirea unei compoziții de beton

| Parametru de compoziție | Valoare/m ³ beton | Clasa betonului dorită Cx/y |
|---|--|--------------------------------|
| Cantitate de APA [litri] | | |
| Cantitate de ciment „CEM” [Kg] | | |
| Raportul A/C maxim | | |
| Cantitate de aditiv(i) [litri] | | |
| Agregate | | |
| Total cantități de agregate / sorturi „AGG” [Kg] | | Observatii |
| Sort 1 (0/4mm) | Pondere în total [%] | |
| | Cantitate/m ³ : [Kg] | Determinată/Declarată |
| | Masa volumică reală [Kg/m ³] | Declarată |
| | Masa volumică în vrac [Kg/m ³] | Determinată |
| Sort 2 (4/8mm) | Pondere în total [%] | |
| | Cantitate/m ³ : [Kg] | Determinată |
| | Masa volumică reală [Kg/m ³] | Declarată |
| | Masa volumică în vrac [Kg/m ³] | Determinată/Declarată |
| Sort 3 (8/16mm) | Pondere în total [%] | |
| | Cantitate/m ³ : [Kg] | Determinată |
| | Masa volumică reală [Kg/m ³] | Declarată |
| | Masa volumică în vrac [Kg/m ³] | Determinată/Declarată |
| Sort 4 (16/31,5mm) / (16/22,4mm) | Pondere în total [%] | |
| | Cantitate/m ³ : [Kg] | Determinată |
| | Masa volumică reală [Kg/m ³] | Declarată |
| | Masa volumică în vrac [Kg/m ³] | Determinată/Declarată |
| Beton | | |
| Clasa de tasare dorită a betonului „S” | | ... mm |
| Masa volumică (aparentă) a betonului [Kg/m ³] | | |
| Alte informații: | | |

Etapa a III-a: Efectuarea de încercări preliminare de laborator asupra compoziției inițiale

CP 012/1:2007, în Anexa A, ia în considerare experiența tehnică anterioară a laboratorului în ceea ce privește rezultatele unor încercări precedente sau a unei experiențe de lungă durată cu un ciment similar, de exemplu în ceea ce privește clasa de rezistență a acestuia. *Vă rugăm să ne consultați ori de câte ori doriți să schimbați tipul de ciment sau clasa de rezistență a acestuia, pentru a vă furniza informații tehnice de natură a face această tranziție cât mai sigură și mai ușoară.*

Q. Stabilirea pragului de rezistență minim²⁸ necesar pentru atingerea clasei „Cx/y” dorite

Conform Anexei A (normative) din CP 012/1-2007, pentru a exista siguranța atingerii clasei de beton „Cx/y” dorite în practică - adică „pe stație” și „în șantier” - rezistența la compresiune la 28 de zile a compoziției inițiale de beton, preparată în laborator, trebuie să prezinte o medie („ f_{cm} ”) a rezistențelor superioară celei caracteristice („ f_{ck} ”), criteriul de acceptare fiind dat de relația:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 6 \dots 12 \text{ MPa}, \text{ în care}$$

f_{cm} = rezistența medie (aritmetică) la compresiune a betonului, determinată prin încercări pe cuburi;

f_{ck} = rezistența caracteristică la compresiune (pe cuburi este f_{ckcub} / pe cilindri este f_{ckcil}).

Ideea de la care se pleacă este ca această marjă de siguranță de **6 ... 12MPa** trebuie să satisfacă acele criterii de conformitate prevăzute la #8.2.1. din CP 012:1/2007, fiind necesar ca respectiva marjă de siguranță să fie în jur de dublul abaterii standard așteptate, sau de cel puțin **6** până la **12MPa**, în funcție de instalațiile de producție, materialele componente și de informațiile disponibile referitoare la variațiile parametrilor materiilor prime.

Cu cât siguranța din punct de vedere tehnic în instalațiile de producere ale betonului este mai crescută, cu atât mai redusă poate să fie această marjă de siguranță, către valoarea inferioară de **6 MPa**. Dacă procesul de producere al betonului nu este automatizat, iar instalația de producere a betonului a (mai) furnizat în trecut anumite erori²⁹, marja de siguranță trebuie să fie apropiată valorii superioare de **12MPa**.

În urma determinărilor (efectuate pe betonul proaspăt și întărit) trebuie stabilit – în laborator deocamdată - dacă respectiva compoziție satisface toate cerințele specificate (clasa de tasare etc.).

Trebuie îndeplinite cerințele specificate având în vedere faptul că la trecerea din laborator „pe stație” anumiți parametri cantitativi și calitativi ai betonului oricum vor suferi modificări. În laborator, cu cât cerințele se situează mai echilibrat față de limitele de variație cu atât mai puține corecții vor fi necesare „pe stație”, de exemplu în ceea ce privește clasa de tasare a betonului.

28 Determinat prin încercări inițiale ale rezistenței la compresiune a betonului la 28 de zile.

29 De exemplu, de dozare sau de malaxare.

R. Stabilirea numărului de determinări („cuburi”)

Conform Anexei A din CP 012/1:2007, pentru fiecare încercare inițială a unui beton (pentru „o clasă de beton”) trebuie realizate minim trei amestecuri identice (denumite în continuare „serie de testare”), iar din fiecare amestec trebuie confecționate și supuse la încercări minim trei epruvete pentru fiecare termen de încercare. Așadar, pentru un termen de încercare (ex. 28 zile) se vor avea la dispoziție nouă rezultate ale rezistenței la compresiune din trei amestecuri (identice).



Betonul amestecurilor identice se va numi în continuare „compoziția inițială”.

Pentru o nouă clasă de beton „Cx/y” se prepară minim trei amestecuri identice (o „serie inițială de testare”) de beton în vederea încercării, astfel încât să existe o suficientă bază experimentală pentru a decide trecerea, în siguranță, „pe stație”. *Trebuie să aveți în vedere întotdeauna faptul că trecerea din laborator „pe stație” trebuie să se facă de o manieră sigură întrucât betonul preparat, cu „compoziția inițială”, devine practic beton livrat.*

Este recomandabil să preparați inițial un singur amestec pe care să urmăriți cu atenție obținerea parametrilor compoziționali doriți pentru beton. Dacă acest amestec este corect din punct de vedere experimental se pot prepara și celelalte două amestecuri identice, aparținând seriei inițiale de testare.

Se pot face bineînțeles și alte amestecuri - suplimentare față de cele (minim) trei identice - diferența dintre amestecuri putând fi dată de tipul de aditiv, de exemplu. Nu se recomandă însă să existe mai mult de o „variabilă” între două amestecuri succesive pentru a putea controla și înțelege bine consecințele unei singure schimbări compoziționale.

În afara stabilirii rețetelor amestecurilor identice, experiența tehnică a operatorului este foarte importantă în identificarea corectă a ceea ce devine diferit de la un amestec la altul prin modificarea unui singur parametru compozițional. Rostul efectuării amestecurilor suplimentare este de a se testa - folosindu-se de exemplu același dozaj și tip de ciment – și alți aditivi (de exemplu) respectiv de a se demara o optimizare a „compoziției inițiale”. În cazul obținerii, cu una din noile compoziții, de rezultate „mai favorabile” decât cu „compoziția inițială” se pot face încă două compoziții care se testează, inițiindu-se astfel o nouă serie de testare.

Logic este ca acest număr de amestecuri (compoziții) suplimentare să acopere toate combinațiile practic posibile, de exemplu – pentru un lot de ciment – să fie acoperite toate posibilitățile de aprovizionare cu aditiv (super) plastifiant sau toate sursele de (sorturi) agregate. *Desigur, astfel, activitatea de laborator devine intensă, însă nu trebuie pierdut din vedere obiectivul final, respectiv stabilirea unei compoziții sigure pentru clasa de beton „Cx/y”.*

Din fiecare amestec se confecționează minim trei cuburi pentru fiecare termen de încercare al rezistenței la compresiune (ex. la 28 de zile), media aritmetică a rezultatelor încercărilor constituindu-se în rezistența la compresiune, la termenul stabilit, a amestecului respectiv. Anterior deciziei de trecere „pe stație” trebuie să existe minim nouă cuburi de beton testate la 28 de zile, dintr-o serie de testare, iar rezultatele individuale precum și media lor trebuie să îndeplinească cerințele reglementate de CP 012/1:2007 (Anexa A).

S. Stabilirea cantităților de beton preparate pentru verificarea compoziției, în funcție de capacitatea betonierei

Pe piața utilajelor de construcție se găsește un număr mare de tipuri de betoniere în ceea ce privește capacitatea lor (130, 180, 250, 300, 400, 500 etc. litri) de malaxare, ce pot fi folosite în laborator. Buna practică arată că pentru asigurarea unei bune omogenități a amestecului, betonierele trebuie încărcate sub 50% din capacitate și să se respecte un timp suficient, minim, de malaxare. Pe de altă parte trebuie preparată o cantitate cât mai mare de amestec fiind corect să fie luată pentru a fi testată doar o parte redusă (de exemplu maxim un sfert) a amestecului preparat și nu întreaga cantitate.

Buna practică mai arată și faptul că un amestec trebuie să aibă minim $0,03\text{m}^3$ ($30\text{ litri} = 30\text{dm}^3$) precum și că o bună omogenizare a compoziției poate fi asigurată cu o betonieră de capacitate mare.

Prelevarea din malaxor a betonului pentru testare trebuie să se facă într-o cantitate suficientă, de cel puțin 1,5 ori cantitatea necesară pentru încercări, conform SR EN 12350-1.

De cele mai multe ori capacitățile betonierelor care pot fi folosite în laboratoare sunt oferite de producători în litri (dm^3), așa că, și cantitatea minimă de beton se va corela cu această capacitate minimă. Orientativ sunt prezentate cantitățile de ciment necesare efectuării unui amestec de beton.



Tabel 18: Cantitatea minimă de ciment pentru prepararea unui amestec de beton

| Capacitatea betonierei folosite | Cât înseamnă 30dm^3 | 50 % din capacitate înseamnă | Cantitate minimă amestec beton ce se recomandă a fi preparat | Nr. min de cuburi ce pot fi prelevate | Cantitate ciment/amestec în ipoteza utilizării a 20% ciment din total beton |
|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| 130 dm^3 | 23% | 65 dm^3 | 40 dm^3 ($0,04\text{m}^3$) | 6 (2 termene) | 20 Kg |
| 180 dm^3 | 17% | 90 dm^3 | 50 dm^3 ($0,05\text{m}^3$) | 9 (3 termene) | 25 Kg |
| 250 dm^3 | 12% | 125 dm^3 | 60 dm^3 ($0,06\text{m}^3$) | 12 (4 termene) | 30 Kg |
| 300 dm^3 | 10% | 150 dm^3 | 60 dm^3 ($0,06\text{m}^3$) | 12 (4 termene) | 30 Kg |
| 400 dm^3 | 7,5% | 200 dm^3 | 60 dm^3 ($0,06\text{m}^3$) | 12 (4 termene) | 30 Kg |
| 500 dm^3 | 6% | 250 dm^3 | 60 dm^3 ($0,06\text{m}^3$) | 12 (4 termene) | 30 Kg |

Evaluările orientative de mai sus vă ajută în momentul în care solicitați probe de ciment, agregate etc. pentru efectuarea unor încercări în laborator, o serie de 3 cuburi (un termen de încercare) însemnând $3 \times 0,15 \times 0,15 \times 0,15 = 0,01\text{m}^3$ beton (10 dm^3 de beton).

În general o bună pregătire a testelor vă scutește de multe probleme ulterioare.

Pentru stabilirea timpului minim de malaxare se vor respecta indicațiile producătorului betonierei dublate de o decizie a operatorului, în funcție și de aspectul vizual al betonului malaxat. Oricum, un timp de malaxare de minim 1 minut de la introducerea ultimului component trebuie asigurat.

T. Efectuarea încercărilor de laborator asupra betonului proaspăt

Efectuarea încercărilor de laborator trebuie precedată de primirea, consultarea și arhivarea literaturii de promovare tehnică (fișe tehnice, manuale de utilizare etc.) a producătorilor de ciment, agregate și aditivi.

Odată stabilită teoretic compoziția inițială (Etapa I) se asigură, în interiorul unei incinte ventilate, o uscare completă a cantităților de agregate pe sorturi ce vor fi utilizate și se verifică starea de conservare a cimentului precum și termenul său de valabilitate. Se verifică și termenul de valabilitate al aditivului/aditivilor ce urmează a fi folosiți.

Se verifică starea tehnică a betonierei, rigiditatea reperelor (palete etc.) de amestecare din interior.

Se verifică starea de curățenie a interiorului betonierei, a recipientilor, echipamentelor și sculelor ce vor fi utilizate. Nu se acceptă să existe în interiorul betonierei resturi de mortar etc. sau de apă de spălare.

Se ung interioarele cuburilor cu agent de decofrare.

Pentru „prima compoziție” a „seriei inițiale de încercare” se introduc componentii amestecului în malaxorul curat, urmărindu-se succesiunea de mai jos:

- se introduce întreaga cantitate de agregate uscate și se începe malaxarea în vederea amestecării uniforme a acestora;
- se introduce treptat cimentul evitându-se formarea de cocoloașe și se mai malaxează încă minim 1 minut de la introducerea ultimei cantități de ciment;
- după amestecarea completă a sorturilor și cimentului (constatare vizuală) se dispersează – uniform - o jumătate din apa de preparare, fără aditivul adăugat;
- se continuă malaxarea minim 1 minut urmărindu-se umezirea uniformă a suprafeței granulelor de agregat mare;
- se introduce treptat și restul apei în care este dispersat aditivul și se mai malaxează încă minim 1 minut.

Pe timpul malaxării trebuie urmărit (vizual) să nu existe zone din compoziție fără apă de consistență sau zone cu diferențe de consistență. Betonul trebuie să aibă un aspect uniform în timpul malaxării precum și la oprirea acesteia.

Dupa terminarea malaxării se încep seriile de determinări pe betonul proaspăt, respectându-se standardul de eșantionare (SR EN 12350-1) și de metode de determinare (seria SR EN 12350-2...7).

Este utilă înregistrarea temperaturii betonului proaspăt care trebuie să fie în intervalul +5...30°C.

Caracterizarea consistenței betonului prin determinarea tasării (clasei de tasare „S”)

Se efectuează determinarea consistenței betonului prin încercarea de tasare, conform SR EN 12350-2, cu trunchiul de con Abrams.

Dacă în urma încercării betonul este prea vârtos (tasarea prea redusă), întreaga cantitate se poate pune din nou în malaxor și, în măsura în care mai există posibilitatea creșterii³⁰ raportului A/C, se va adăuga, treptat și măsurat, acest rest de apă și aditiv în malaxor, continuându-se malaxarea. Cantitatea de aditivi și apă adăugată se înregistrează, reprezentând o corecție de rețetă de preparare aplicată raportului A/C inițial, efect al neatingerii consistenței dorite. O altă posibilitate este de a se majora dozajul de ciment, aportul unei cantități suplimentare de ciment (ca parte fină) fiind benefic asupra lucrabilității betonului și reducerii raportului A/C.

30 Prin adăugarea de apă (și aditiv până la valoarea maximă recomandată de producător) până la obținerea raportului A/C maxim reglementat de CP 012/1:2007, păstrându-se o rezervă întrucât va urma o corecție de umiditate la trecerea pe stație.

Dacă intervalul de tasare dorit (clasa „S”) nu este obținut - la raportul A/C maxim - cu primul aditiv testat (dozat la maxim), iar creșterea rezonabilă a dozajului de ciment nu aduce efectele pozitive scontate, se va refăce compoziția inițială de beton prin schimbarea aditivului cu unul de generație superioară (de exemplu), până la obținerea tasării dorite care se recomandă a fi în apropierea mijlocului intervalului clasei³¹. În această succesiune de decizii, necesar a fi luate în timp scurt, o mare importanță o are experiența operatorului. *Vă rugăm să ne contactați pentru a vă face cele mai bune recomandări tehnice.*

Odată stabilită compoziția care oferă posibilitatea încadrării în clasa de tasare dorită se trece la efectuarea restului de determinări, conform reglementărilor în vigoare și cerințelor proiectului.

Caracterizarea consistenței betonului prin alte metode standardizate

Determinarea consistenței prin metoda timpului VE-BE (conform SR EN 12350-3) și prin metoda gradului de compactare (conform SR EN 12350-4) este mai puțin utilizată pentru caracterizarea betoanelor uzuale, fiind în general, specifice betoanelor rutiere, vârtoase, turnate cu cofraje glisante. Aceasta însă nu exclude folosirea acestor metode pentru caracterizarea betonului, dacă reglementările tehnice sau proiectul de execuție le prevăd, în laborator, pe stație și la locul de punere în operă.

Determinarea consistenței prin metoda masei de răspândire (conform SR EN 12350-5) poate fi utilizată cu succes pentru caracterizarea consistenței betonului fluid de clasă de consistență „S5” și cu tasare mai mare de 220mm, preparat cu diametrul granulei de max. 63mm și pentru care diametrul răspândirii este în intervalul 340-630mm. Acest beton foarte fluid nu mai poate avea, bineînțeles, consistența caracterizată prin metoda care folosește conul Abrams.

Determinarea densității betonului

Determinarea densității se face conform SR EN 12350-6, mai puțin pentru betoanele cu aer antrenat și cele foarte compacte - care nu pot fi compactate prin procedee normale.

Scopul acestei determinări este - pentru betoanele fără aer antrenat - să avem o valoare reală a respectivei caracteristici și să o comparăm cu valoarea densității betonului determinată prin calcul.

Este de așteptat ca valoarea determinată a densității betonului de clasa C8/10-C35/45 să fie în intervalul 2200-2400Kg/m³. În plus, odată determinată densitatea betonului în laborator se poate controla rapid fluxul de producție prin efectuarea determinării „pe stație” ori de câte ori este nevoie. Testarea este ușor de făcut, iar rezultatele fiind obținute rapid pot fi susținute decizii operative.

Determinarea conținutului de aer antrenat

Betonul expus ciclurilor de îngheț-dezghet trebuie să înglobeze un conținut controlat (măsurabil prin SR EN 12350-7) de aer antrenat³², pentru a avea o microporozitate favorabilă rezistenței la această agresiune.

Analizând Anexa F a CP 012/1:2007 se observă că în clasele de expunere XF2 și XF3 se pot utiliza două tipuri de compoziții (una cu aer antrenat și una fără aer antrenat), iar în clasa de expunere XF4 este obligatorie utilizarea antrenorului de aer. Deși aditivii de antrenare a aerului oferă și o anumită plasticitate amestecului, utilizarea pe lângă aceștia a unui (super) plastifiant rămâne obligatorie.

Dispersarea aditivului antrenor de aer în compoziție se va face cu atenție întrucât prezența sa oferă un anumit efect de plastifiere de natură a reduce cantitatea de apă de preparare. Efectul de plastifiere al compoziției se manifestă la câteva minute de la dispersarea în masa de beton fiind în acest sens utilă respectarea unei perioade

31 De exemplu, pentru clasa de consistență S3 (tasare între 100-150mm), este oportun ca betonul să aibă o tasare în jur de 125mm.

32 Bule de aer microscopice încorporate intenționat în beton, când se face amestecarea, de obicei prin utilizarea agenților tensioactivi: bulele sunt practic sferice și diametrul lor este în general cuprins între 10 μm și 300 μm.

de așteptare din partea operatorului. Este util ca antrenorul de aer să fie dispersat, diluat, înainte de dispersarea celei de a doua părți a apei de preparare și înainte de dispersarea întregii cantități de (super) plastifiant.

Se va avea în vedere faptul că ambii aditivi au un efect sinergic, de plastifiere (fluidificare) a compoziției de beton și că dispersarea aditivului (super) plastifiant trebuie făcută după³³ inițierea și propagarea efectului de producere a microbulelor de aer antrenat.

Utilizarea unui antrenor de aer va conduce inevitabil la reduceri ale rezistențelor la compresiune la toate termenele de încercare ale betonului. Ca ordin de mărime - la egal dozaj de ciment și raport A/C - utilizarea corectă a unui antrenor de aer reduce cu ~5MPa rezistența la compresiune a betonului în intervalul de rezistențe 15-40MPa. Fenomenul este normal din punct de vedere tehnic și trebuie gestionat în mod corespunzător prin primirea unor estimări concrete asupra acestei reduceri, oferite de producătorii de aditivi.

Reglementările tehnice oferă, în general, un conținut minim de aer antrenat, valoarea maximă fiind valoarea minimă +4%. Atunci când se cere proiectarea obligatorie³⁴ a unui beton cu aer antrenat, valorile minime ale volumului de aer antrenat în funcție de dimensiunea maximă a agregatelor sunt următoarele, conform CP012/1:2007:

Tabel 19: Valori medii și individuale ale aerului antrenat în funcție de dimensiunea maximă (\varnothing_{max}) a granulei de agregat

| Dimensiunea maximă a agregatelor (\varnothing_{max}) | Aer antrenat (% de volum) ca valori medii | Aer antrenat (% de volum) ca valori individuale |
|--|---|---|
| 8 mm | $\geq 6,0\%$ | $\geq 5,5\%$ |
| 16 mm | $\geq 5,5\%$ | $\geq 5,0\%$ |
| 22 mm | $\geq 5,0\%$ | $\geq 4,5\%$ |
| 32 mm | $\geq 4,5\%$ | $\geq 4,0\%$ |

Pentru această etapă, de determinare a eficienței unui aditiv antrenor de aer pe o compoziție de beton, se face o determinare a unor valori ale conținutului de aer antrenat în laborator urmărindu-se obținerea valorilor medii din tabelul anterior.

„Pe stație” și mai ales la locul de punere în opera („în șantier”) o parte din conținutul de aer antrenat se (poate) pierde pe timpul transportului din diferite cauze. De aceea este necesară monitorizarea conținutului de aer antrenat tot timpul, la livrarea betonului din stație precum și la locul de punere în operă, făcând corecțiile necesare în funcție de timpul de transport și temperatura mediului.

Srijinul tehnic pe care îl puteți primi de la producătorii de aditivi este esențial în aceste sens, iar la livrarea unui beton cu aer antrenat este importantă efectuarea determinării în stație, precum și la locul de punere în operă, la prima livrare, în vederea efectuării unor eventuale corecții cu privire la dozajul de aditivi. Este util, de asemenea, să întrebați producătorii de aditivi care este exact perioada de timp după care aditivul antrenor de aer începe să acționeze și să formeze structura specifică în matricea de mortar.

33 De la caz la caz însă după câteva minute de la introducerea antrenorului de aer.

34 Așa cum este în clasa de expunere XF4, de exemplu.

U. Efectuarea încercărilor de laborator asupra betonului întărit

Determinarea rezistenței la compresiune (încercări inițiale) la 28 de zile

Rezistența la compresiune a betonului se determină conform SR EN 12390-1 în majoritatea covârșitoare a cazurilor pe baza încercării efectuate pe cuburi cu latura de 150mm și nu pe cilindri, aceasta fiind tradiția națională.

Probele trebuie confecționate și conservate conform SR EN 12390-2 pentru a se preveni litigiile.

Pentru identificarea compoziției de beton apte să îndeplinească cerințele de clasă este obligatorie efectuarea determinării rezistenței la compresiune la 28 de zile pe un număr de minim trei cuburi, oricare alte valori obținute la alte termene oferind doar informații în baza cărora nu se poate decide nimic din punct de vedere tehnic. *Prin urmare, este necesar întotdeauna să vă luați măsuri privind asigurarea unei perioade de timp suficiente, alocată încercărilor de laborator, astfel încât să nu fiți nevoiți să decideți sub presiunea unor termene strânse.*

Media „ f_{cm} ” valorilor rezistențelor la compresiune individuale³⁵ trebuie comparată cu valoarea rezistenței caracteristice la compresiune „ f_{ck} ”, urmărindu-se dacă relația de mai jos este satisfăcută la 28 de zile.

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 6 \dots 12 \text{ MPa} , \text{ în care}$$

f_{cm} = rezistența medie (aritmetică) la compresiune a betonului, determinată prin încercări pe cuburi;

f_{ck} = rezistența caracteristică la compresiune (pe cuburi);

Tabel 20: Intervalul în care trebuie să se afle rezistența medie „ f_{cm} ” la compresiune, pe cuburi, la 28 de zile, în cazul efectuării încercărilor inițiale. Marja minimă de siguranță este de 6MPa.

| Clasa de rezistență „Cx/y” | Rezistența caracteristică minimă „ f_{ck} ”, la 28 zile [MPa] | Intervalul în care trebuie să se afle rezistența medie „ f_{cm} ”, determinată, la 28 zile [MPa] |
|----------------------------|---|--|
| C8/10 | 10 | 16 ... 22 |
| C12/15 | 15 | 21 ... 27 |
| C16/20 | 20 | 26 ... 32 |
| C20/25 | 25 | 31 ... 37 |
| C25/30 | 30 | 36 ... 42 |
| C30/37 | 37 | 43 ... 49 |
| C35/45 | 45 | 51 ... 57 |

Daca relația de mai sus este satisfăcută, se consideră **compoziția inițială** testată corespunzătoare asigurării cerinței de clasă de rezistență „Cx/y” și se trece la întocmirea scriptelor de identificare completă a acesteia. Se trece la prepararea restului de două compoziții aparținând „**seriei inițiale de testare**”, pentru confirmare.

Efectuarea unor determinări ale rezistenței la compresiune la alte termene de încercare decât 28 de zile

Pentru cunoașterea modului de evoluție a rezistenței la compresiune pentru diferite amestecuri de beton se pot efectua, în laborator, teste de rezistență la compresiune atât la termene mai reduse cât și mai mari de 28 de zile. În cazul efectuării unor determinări ale rezistenței la compresiune a betonului la 7 zile, buna practică arată faptul că aceasta ar trebui să fie, pentru cimenturi CEM II/A, minim 65% din rezistența la compresiune la 28 de zile însă - în nici un caz - determinările la 7 zile (sau la alte termene) nu pot fundamenta o decizie tehnică în ceea ce privește stabilirea clasei betonului, care se face exclusiv la termenul de 28 de zile.

Privind betonul preparat „pe stație”, în cazul efectuării unor încercări asupra rezistenței la compresiune la 2 zile, valorile obținute pot fi raportate la rezistența determinată la 28 de zile, iar valorile raportului pot fi luate

35 Pentru fiecare cub încercat.

în considerare, informativ, pentru stabilirea duratei minime de tratare a betonului pe șantier conform Tabelelor 13, 14, 15 și 16 din NE 012/2:2010.

Este recomandabil să ajutați executantul lucrării, prin transmiterea informației privind viteza de evoluție a rezistenței betonului livrat, măsurată prin raportul dintre rezistența la compresiune la 2 și 28 zile. Orientativ, desigur, se pot face în laborator determinări ale rezistenței la compresiune atât la 2 cât și la 7 zile pe amestecurile de beton analizate, însă importante sunt valorile obținute „pe stație”.



Determinarea masei volumice a betonului întărit

Determinarea masei volumice (densității) se face în conformitate cu SR EN 12390-7, standardul prezentând metode pentru determinarea acesteia în trei stări: „ca atare” (după decofrarea din tipare a epruvetelor), în stare saturată și în stare complet uscată (în etuvă).

Masa volumică a betonului „ca atare” furnizează informații utile asupra compoziției în special în cadrul controlului producției betonului putând semnaliza, operativ, anumite erori de dozare a componentelor dacă este determinată sistematic. *Întrucât este o determinare ușor de efectuat se recomandă să o realizați ori de câte ori este posibil, precum și pe toate cuburile ce urmează a fi testate pentru rezistența la compresiune.*

Masa volumică a betonului „uscat în etuvă” respectiv „saturat cu apă” reprezintă mase volumice „reper” și este util să fie determinate, măcar informativ, pentru a avea referințe în momentul controlului pe flux. În special masa volumică a betonului „saturat cu apă” este utilă pentru controlul producției datorită ușurinței efectuării determinării în laborator.

Determinarea rezistenței betonului la penetrarea apei

Rezistența la penetrarea apei se determină pe epruvete preparate din compoziții încercate (sau care vor fi încercate) privind rezistența la compresiune, metoda și criteriile de conformitate trebuind să facă obiectul unui acord între elaboratorul specificației tehnice și producător. Ca metodă standardizată, rezistența betonului la penetrarea apei se poate determina în conformitate cu SR EN 12390-8 folosind și informațiile din Anexa X a NE 012/2:2010.

Determinarea rezistenței la penetrarea apei este obligatoriu să fie făcută în momentul în care se pregătește o compoziție de beton pentru o structură aflată în contact cu apă³⁶, iar cerințele proiectului impun anumite exigențe din acest punct de vedere. Într-o anumită măsură încercarea de rezistență la penetrarea apei oferă informații și cu privire la porozitatea capilară a matricii de piatră de ciment, fiind utilă - ca informație adițională - în momentul luării deciziei de schimbare a unui tip de ciment, de exemplu.

Decizia de a utiliza sau nu o compoziție de beton „candidat” (care trebuie să îndeplinească o anumită cerință privind rezistența la penetrarea apei) se ia în mod direct, în funcție de capacitatea acesteia de a asigura un anumit grad de impermeabilitate „P”, prescris. Anumite informații - care să sprijine decizia - se pot obține și indirect - analizând comparativ performanțele betonului „candidat” cu cele ale unui beton „martor”, care a oferit satisfacție în laborator și în exploatare un număr suficient de ani (eventual în lucrări similare). Condiția este, bineînțeles, ca respectivul ciment să poată fi utilizat în clasele de expunere „X” în care va fi exploatat betonul, în conformitate cu prevederile Anexei F din CP 012/1:2007.

36 Sau alte lichide, așa cum sunt bazinele, de exemplu.

Determinarea rezistenței la uzură

Ca metodă, rezistența betonului la uzură se poate determina în conformitate cu SR EN 13892-3.

Încercarea se efectuează pentru betoanele posibil a fi expuse la uzură și încadrabile în una din clasele de expunere XM1, XM2 sau XM3. Condiția este, bineînțeles, ca respectivul ciment să poată fi utilizat în toate clasele de expunere „X” în care va fi exploatat betonul, în conformitate cu prevederile Anexei F din CP 012/1:2007, precum și să existe acceptare în conformitate cu reglementările naționale aplicabile (de exemplu conform NE 014:2002).

Utilizarea unor sorturi de agregate mari corespunzătoare ca duritate și formă (agregate dure, concasate) este deosebit de importantă pentru succesul testului, o decizie corectă din punct de vedere tehnic și pentru asigurarea durabilității îmbrăcăminții rutiere.

Determinarea rezistenței la îngheț-dezghet

Testarea rezistenței la îngheț-dezghet a compoziției de beton se face în conformitate cu prevederile standardului național SR 3518:2009.

În paralel - în sistemul național de standarde - sunt în vigoare SR CEN/TR 15177:2016 precum și SR CEN/TS 12390-9:2009 care prevăd noi metode de testare a betonului, verificarea durabilității acestuia putându-se face prin aplicarea unor criterii de performanță provenite din literatura de specialitate, neprevăzute în respectivele standarde însă utilizate pe plan european. Pentru toate compozițiile, folosirea exclusivă a unui ciment acceptat de către CP 012/1:2007 în clasele de expunere specifice atacului (XF1, XF2, XF3, XF4) este obligatorie, indiferent de rezultatul testării.

Toate noile compoziții de beton care ajung să fie livrate în elemente/structuri supuse fenomenului de îngheț-dezghet, dată fiind agresivitatea fenomenului pe cuprinsul țării noastre, ar trebui testate.

V. Luarea deciziei de trecere din laborator „pe stație” a compoziției

Decizia de trecere „pe stație” a compoziției inițiale de beton calculate, preparate și testate în laborator se ia numai după ce toate rezultatele obținute pe seria inițială de testare (de minim trei amestecuri identice) confirmă îndeplinirea cerințelor din reglementările tehnice aplicabile, cerințele proiectului (executantului) și exigențele dorite de operator. Această decizie poate fi însoțită și de efectuarea calculului economic, de evaluare preliminară a costurilor unitare (la m³) de producere a betonului.

Efectuarea unor corecții asupra conținutului de apă de preparare urmare a umidității agregatelor

Înainte de trecerea la producția „pe stație” a compoziției inițiale, care a satisfăcut cerințele identificate pentru betonul proaspăt și întărit, este necesară efectuarea unei corecții privind conținutul de apă de consistență a betonului. Aceasta corecție are ca scop, întotdeauna, diminuarea cantității de apă de preparare și nu sporirea ei urmărindu-se obținerea unui raport A/C situat întotdeauna sub limita maximă admisă de CP 012/1:2007 (Anexa F) corespunzătoare clasei/claselor de expunere „X” în care urmează a fi exploatat betonul.

În urma suitei de determinări pe beton proaspăt și pe beton întărit ați stabilit și verificat, prin intermediul seriei inițiale de testare, o compoziție (inițială) care îndeplinește toate exigențele cerute. Asupra acestei compoziții (inițiale) trebuie însă să faceți o corecție privind umiditatea, întrucât în amestecul din laborator ați folosit doar agregate uscate (ceea ce reprezintă o situație ideală). Această corecție, fiind de reducere a cantității de apă de preparare, va avea efect benefic asupra rezistențelor la compresiune la toate termenele precum și asupra altor caracteristici ale betonului care privesc durabilitatea, întrucât se reduce (de fapt) raportul A/C.

În padocurile neacoperite ale stației toate agregatele sunt expuse precipitațiilor. În mod particular în nisip, care prezintă fenomenul de coeziune aparentă, este sporită cantitatea de apă absorbită prin comparație cu agregatul grosier. Cu alte cuvinte, datorită dimensiunilor reduse ale granulelor de nisip, între acestea sunt reținute pelicule de apă liberă ce pot conduce la un aport important de apă în compoziția betonului, dacă nu se fac corecțiile necesare.

Uneori se întâmplă și ca agregatele livrate să aibă deja, pe cale naturală, o umiditate ce trebuie luată în considerare în compoziție după cum și umiditatea „artificială” a agregatelor stropite (practic aproape saturate) în padocuri (pentru a le reduce temperatura³⁷) trebuie să genereze corecții importante asupra raportului A/C.

Stațiile moderne au sisteme (senzori) de determinare continuă a umidității în zona benzilor dozatoare și pot face necesarele corecții („ajustări”) în mod continuu, chiar în timpul producerii betonului. Calibrarea și funcționarea corectă a acestor senzori – în mod particular a senzorului care sesizează nivelul de umiditate în nisip – este deosebit de importantă.

Ajustarea se referă întotdeauna la reducerea cantității de apă de preparare cu o cantitate suficientă - care deja este conținută în agregate - astfel încât obiectivul de nedepășire a raportului A/C maxim reglementat să fie îndeplinit. Reducerea cantității de apă de preparare conduce la reducerea consistenței, prin urmare, trebuie ținută sub control și această caracteristică a betonului, urmare a corecției efectuate.

Apa din compoziția betonului poate îmbrăca următoarele forme:

- apa din interiorul agregatelor (localizată în pori, poate fi îndepărtată complet doar prin uscare în etuvă);
- apa aflată pe suprafața agregatelor (poate fi îndepărtată prin uscare / ventilare naturală);
- apa adăugată controlat.

Pentru a înțelege în mod corect corecția necesară privind conținutul de apă al compoziției de beton preparate în stație, prin comparație cu cea pregătită în laborator, trebuie trecute întâi în revistă anumite definiții:

- **Cantitatea totală de apă** din beton reprezintă însumarea cantității de apă adăugată, de apă conținută în și la suprafața agregatelor, de apă din aditivi și adaosuri utilizate sub formă de suspensii și de apă rezultată din adăugare de (fulgi de) gheață sau din încălzire cu vapori (dacă este cazul);
- **Cantitatea de apă eficace** reprezintă diferența dintre cantitatea totală de apă conținută în betonul proaspăt și cantitatea de apă ce poate fi absorbită de agregat (care nu participă la reacțiile chimice de hidratare a cimentului fiind absorbită și reținută în porii agregatului);
- **Raportul apă/ciment (A/C)** reprezintă, într-un metru cub de beton, raportul dintre cantitatea de apă care reacționează cu cimentul [litri] și cantitatea de ciment [Kg]. Cu alte cuvinte, doar apa eficace participă la hidratarea cimentului, iar dozajul de apă din calculul raportului A/C reprezintă chiar cantitatea de apă eficace.

Prin cantitatea de apă eficace se înțelege, așadar, cantitatea de apă aflată pe suprafața agregatelor (ce poate fi eliminată prin uscare/ventilare naturală) precum și cantitatea de apă adăugată de operator în compoziție.

În cantitatea de apă eficace nu se consideră apa aflată în porii granulelor (care oricum nu interacționează cu cimentul) și care este îndepărtată doar prin uscare în etuva ventilată, un timp suficient, la $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Prin urmare, decizia de utilizare în compoziții de laborator a agregatelor uscate prin ventilare naturală este corectă sub aspectul controlului aplicat raportului A/C. Agregatele uscate în etuvă folosesc doar la determinarea volumelor resturilor pe site prin încercarea standardizată respectivă.

Este important de reținut următoarele aspecte privind stabilirea compoziției betonului:

- **Pe sorturi, determinarea maselor resturilor pe site s-a făcut după uscarea agregatelor în etuvă.**

37 Vara, în condiții de caniculă, pentru respectarea condiției de temperatură maximă a betonului la livrare. Temperatura betonului proaspăt trebuie să fie în intervalul $5-30^\circ\text{C}$ în momentul livrării. Se va vedea și #5.2.8. din CP 012/1:2007.

Determinarea maselor urmărește - prin intermediul **masei volumice în vrac** - determinarea volumului resturilor pe sită respectiv încadrarea curbei granulometrice [% , în volum] a agregatului total în domenii de încadrare favorabilă/utilizabilă etc. În final se urmăresc strict volume, iar SR EN 206-1 care oferă domenii de încadrare raportate la treceri prin sită [% , în volum] aduce un progres față de domeniile de încadrare vechi (NE 012/1:1999), care se bazau pe treceri prin sită [% , în masă], sub aspectul maximizării densității betonului, după cum s-a mai arătat. Cu toate acestea, pentru o anumită masă volumică în vrac și pentru un anumit rest pe sită, există o dependență liniară între masă și volumul acestuia.

- **Sorturile folosite în amestecurile de laborator sunt uscate în mod natural și nu în etuvă, apa aflată la suprafața agregatelor fiind eliminată însă nu și apa conținută în porii acestora.**

Astfel, aceste sorturi vor conține, inevitabil, o anumită cantitate de apă în porii agregatelor, în plus față de sorturile uscate în etuvă. Apa conținută în porii granulelor este însă bine fixată în structura acestora, nu va reacționa cu cimentul și nu poate fi luată în considerare în evaluarea raportului A/C, neparticipând la hidratarea cimentului. În continuare această umiditate se va numi „umiditate de laborator”, agregatele trebuind să fie „vizibil uscate” în momentul luării deciziei de utilizare în amestecurile de laborator.

- **La producerea betonului „pe stație” sorturile de agregate din padocuri vor avea o umiditate „naturală” mare, efect al precipitațiilor, în cea mai mare parte a anului.**

Această umiditate „naturală” este mai ridicată la nisip și mai scăzută la sorturile mari, pe măsură ce cresc limitele granulometrice ale sorturilor umiditatea așa zis „naturală” diminuându-se.

În padocuri umiditatea „naturală” variază mult în funcție de condițiile meteorologice.

Ca ordin de mărime, în condiții meteo obișnuite, umiditatea „naturală” a sorturilor are ca ordin de mărime valorile din Tabelul 20, determinarea exactă a acesteia precum și efectuarea în mod continuu a corecțiilor privind dozajul de apă pe fluxul de producere a betonului fiind întotdeauna necesare.

Tabel 21: Ordine de mărime pentru umiditatea „naturală” a sorturilor de agregate

| Sort [mm] | 0/4 | 4/8 | 8/16 | 16/22,4 | 16/31,5 |
|--------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| Umiditate naturală | 1...10% | 1...5% | 1...2% | 0,5...1% | maxim 1% |

Pentru fiecare sort, diferența de umiditate „W” dintre umiditatea „naturală” (din padocuri) și umiditatea „de laborator” (agregate vizibil uscate, în interiorul laboratorului, folosite la prepararea compozițiilor) trebuie luată în considerare la efectuarea de corecții asupra conținutului de apă.

În continuare se oferă un exemplu de corecție (la m³ beton) ponderată, aplicată cantității de apă:

- cantitatea orientativă de apă „APA” rezultată din calcule: 194 litri;
- cantitatea de ciment CEM II/A-S 32,5R rezultată din calcule: 431 Kg;
- raport A/C = $194 / 431 = 0,45$;
- cantitatea de aditiv lichid raportată la masa de ciment : 2,5 litri;
- masa totală a agregatului = 1650Kg;
- pondere agregat 0/4mm = 40% → $0,4 \times 1650 = 660$ Kg;
- pondere agregat 4/8mm = 20% → $0,2 \times 1650 = 330$ Kg;
- pondere agregat 8/16mm = 40% → $0,4 \times 1650 = 660$ Kg;
- agregat 0/4mm – W = 2% → $0,02 \times 660$ Kg = 13,2 litri apă;
- agregat 4/8mm – W = 1,5% → $0,015 \times 330$ Kg = 4,95 litri apă;
- agregat 8/16mm – W = 1,0% → $0,01 \times 660$ Kg = 6,6 litri apă;
- total apă în agregat = $13,2 + 4,95 + 6,6 = 24,75$ litri.

Corecția aplicată cantității orientative de apă este de 24,75 litri.

Prin urmare, cantitatea de apă adăugată va fi de $194 - 24,75 = 169,25$ litri de apă / m³ beton.

Aceasta este cantitatea de apă necesară la prepararea „pe stație” a compoziției betonului din exemplul nostru.

Efectuarea unor corecții asupra compoziției betonului preparat în stație în vederea asigurării „cubajului”

Un metru cub de beton livrat reprezintă cantitatea de beton proaspăt care ocupă un volum de un metru cub, după compactare. Pentru a elimina posibilitatea ca o compoziție stabilită în laborator (pentru 1m³ de beton) la trecerea „pe stație” să nu conducă la exact 1m³ de beton livrat, se poate face o corecție.

Dupa calculul și efectuarea corecțiilor finale asupra compoziției betonului în laborator, „pe stație” este necesară verificarea finală a „cubajului” de beton și efectuarea unor eventuale corecții proporționale de cantități astfel încât în momentul începerii livrării betonului să existe certitudinea livrării numărului cerut de metri cubi de beton. Pe de altă parte trebuie înțeles și acceptat faptul ca vibrarea betonului conduce la reducerea volumului acestuia, ordinul de mărime nefiind mare (doar de câteva procente), în funcție de cantitatea de aer oclus și de consistența sa.

Desigur, înainte de toate se verifică din punct de vedere metrologic toate cântarele și dozatoarele, asigurând pentru fiecare din acestea faptul că se încadrează în toleranțele prevăzute la #9.7 din CP 012/1:2007.

Toate corecțiile efectuate sunt ca ordin de mărime sub 5% și nu au ca scop modificări ale ponderii (%) componentelor amestecului ci eventuale foarte mici majorări ale dozajelor. Dacă aceste corecții nu sunt efectuate există oarecum riscul ca după livrarea unei cantități (mai mari) de beton să fie semnalată de pe șantier neumplerea completă a cofrajelor de volume precis stabilite. Există desigur și abordarea inginerescă de a se comanda, funcție de necesitățile operative ale șantierului, o ultimă cantitate de beton „acoperitoare” („de completare”) însă scopul acestui ghid este de a oferi informații cât mai exacte.

Cu prima ocazie, de exemplu la prima livrare, se reproduce „pe stație” compoziția inițială care a satisfăcut exigentele „Cx/y”. Se umple un volum cunoscut (suficient de mare) cu beton vibrat și se determină masa betonului care umple 1m³. Densitatea betonului se determină conform SR EN 12350-6, valoare care se monitorizează în timp.

În final, compoziția calculată, verificată în laborator, trecută în producție curentă „pe stație” și asupra căreia s-au efectuat toate corecțiile intră în producție curentă, în nomenclatorul stației.

Este important de reținut că în această broșură nu sunt prezentate modul de încadrare a betonului în clase de cloruri, controlul conformității, criteriile de conformitate etc., așadar consultarea și respectarea tuturor reglementărilor tehnice aplicabile este obligatorie pentru atingerea obiectivului de proiectare compozițională, preparare și livrare a unui beton conform. *Verificați, încă o dată, înainte de prima livrare, ca betonul să îndeplinească toate cerințele prevăzute de reglementările în vigoare, aplicabile. Este recomandabil să însoțiți la locul de punere în opera primul transport de beton preparat după noua compoziție, pentru a face operativ eventuale corecții etc.*

Sperând că aceste recomandări și informații minime vă sunt utile, așteptăm orice posibile întrebările la adresa de e-mail tehnic@heidelbergcement.ro.

Mult succes!



Contact:

HeidelbergCement România S.A.

Sediul central:

Soş. Bucureşti-Ploieşti 1A,
Bucharest Business Park, intrarea C, et. 1,
sector 1, 013681 Bucureşti, România

Tel: +40 21 311 59 76, +40 21 311 59 75

Fax: +40 21 311 59 74, +40 21 311 59 73

E-mail: heidelbergcement@heidelbergcement.ro

Pentru consiliere tehnică privind cimentul CARPATCEMENT®, contactați Departamentul Consultanță Tehnică prin fax: +40 21 311 59 74 sau prin e-mail: tehnic@heidelbergcement.ro.

Bibliografie:

- CP 012/1:2007 – Cod de practică pentru producerea betonului;
- NE 012/2:2010 - Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 2: Executarea lucrărilor din beton;
- GP 115/2011 - Ghid de proiectare pentru controlul fisurării elementelor masive și pereților structurali de beton armat datorită contracției împiedicate;
- NE 012/1999 – Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat (Partea I – beton și beton armat);
- Dan Paul Georgescu – Îndrumător de proiectare a durabilității betonului în conformitate cu anexa națională de aplicare a SR EN 206-1. Clase de durabilitate. Tipografia Everest 2001;
- A.M. Neville – Proprietățile betonului - Ediția a IV-a, Editura Tehnică;
- Ion Ionescu, Traian Ispas – Proprietățile și tehnologia betoanelor, Editura Tehnică, 1997;
- Literatura tehnică a HeidelbergCement România S.A..

ATENȚIE! Acest document nu conține toate informațiile referitoare la produsele noastre și posibilitățile de utilizare ale acestora. Scopul său este de a oferi informații și recomandări tehnice generale, care nu au valoare comercială și nu produc consecințe juridice. Este obligația utilizatorului să consulte și să respecte toate reglementările tehnice în vigoare. Asigurați-vă că sunteți în posesia ultimei versiuni a documentului, accesând site-ul www.heidelbergcement.ro.

***Ai o profesie care îți oferă mândrie!
Muncești pentru Oameni, pentru siguranța și bunăstarea lor!***

***Ești privilegiat!
Efortul muncii tale - în proiectare, în execuție sau ca furnizor de beton - se materializează în ceva concret, palpabil, uneori chiar grandios: o clădire monumentală, o amenajare hidrotehnică complexă, un baraj sau un pod care dăinuie peste generații.***

Satisfacția ta că ai pus trudă și suflet, că ai participat direct la construirea unui obiectiv pe care toată lumea îl vede, îl folosește, îl apreciază și uneori chiar îl admiră, este o împlinire profesională cât se poate de specială a profesiei tale, o împlinire sufletească de care nu mulți au parte.

***Dintre toate materialele de construcții din lume cel mai durabil și eficient rămâne tot betonul corect preparat, pus în operă și întreținut în mod corespunzător.
Urmărește în tot ceea ce faci să asiguri durabilitate, siguranță și confort!***

***Lucrările tale sunt chiar parte a vieții Oamenilor!
Pentru că lucrările tale devin nu doar amintirile tale ci și ale lor!***

„Nimic durabil nu se poate întemeia pe indiferență.” — Octavian Paler

