

INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA" TIMISOARA  
FACULTATEA DE CONSTRUCTII

ING. KRECK IOAN ANTONIU ANDREI

TEZA DE DOCTORAT

CONTRIBUTII LA TEHNOLOGIA BETONULUI USOR  
CU GRANULE DE LUGOJ

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

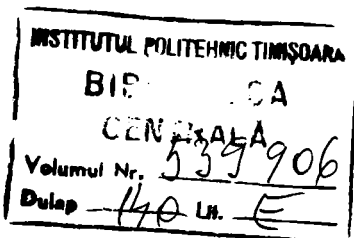
CONDUCĂTORI ȘTIINȚIFICI:

PROF. EM. ING. CONSTANȚIN AVRAM

PROF. DR. DOC. ING. IOAN FILIPCI

M.C. AL ACADEMIEI R.S.R.

Timișoara 1989



## CAP.1 INTRODUCERE

Problema dezvoltării tehnologiilor noi de realizare a structurilor din beton, capătă un sens nou în condițiile actuale când, exigențele în construcții au crescut și când, betonul clasic trebuie să fie reconsiderat pentru a putea ține pasul cu progresul tehnic, performanțele ridicate și foarte diferite ce se realizează în toate domeniile /59/, /191/.

Noile cerințe de a realiza construcții ușoare, cu consumuri specifice reduse de resurse (materiale, energie și manoperă) impun - în paralel cu elaborarea noilor soluții constructive - introducerea unor noi materiale și punerea la punct a unor noi procedee tehnologice eficiente, care să permită transpunerea în practică a soluțiilor concepute.

În acțiunea de valorificare la maximum a proprietăților betonului și a materialelor componente, pe baza relației dintre structură, proprietățile și regulile tehnologice de confecționare și punere în operă, în ultimul timp, alături de betonul obișnuit, preparat cu agregate grele, atât pe plan mondial și mai recent și în țara noastră au apărut tipuri noi de betoane, create în urma preocupărilor orientate spre îmbunătățirea caracteristicilor și performanțelor acestui material /2/, /42/, /44/, /47/, /303/, /355/.

Astfel, pentru ameliorarea unora din dezavantajele betonului greu obișnuit (greutatea proprie mare și capacitate de izolare termică redusă), pe baza progreselor înregistrate în studiul betonului, s-a trecut la utilizarea betoanelor ușoare preparate cu agregate poroase /39/, /55/, /60/, /93/, /122/, /174/, /130/, /275/, /303/, /352/, material deosebit de eficient, datorită atât proprietăților sale fizico-mecanice (densitate aparentă redusă, deformabilitate ridicată și absorbție mare de energie) cât și a celor termice (conductibilitate termică redusă).

Datorită acestor avantaje în prezent, betonul ușor, în special cel care conține agregate artificiale pe bază de argilă expandată cunoscut sub diverse denumiri (cheranizit, leca, izol, claydite, etc.) în străinătate și granulat în R.S.R.), constituie în multe țări dezvoltate unul din principalele materiale moderne de construcții cu mari perspective de dezvoltare și perfecționare în viitor /23/, /29/, /41/, /48/, /60/, /91/, /122/, /174/, /260/, /275/, /303/, /339/, /354/.

În țara noastră - pe baza progreselor înregistrate pe plan mondial în folosirea betoanelor ușoare, a studiilor și lucrărilor experimentale executate la București, Cluj-Napoca, Timișoara și Iași, a dezvoltării producției de granulat și elaborării standardelor și primelor normative, începând din anul 1975, s-a trecut la utilizarea pe scară industrială a betonului ușor cu granulat, obținându-se, în special la construcții de locuit și social-culturale, realizări deosebite la Timișoara /61/, /79/, /127/, /165 Cluj-Napoca /301/, /309/, /312/, /327/, Iași /14/, /73/, /136/, /199 /205/, și în alte localități din țară /52/, /124/, /224/, /249/.

1.1. Definierea și clasificarea betoanelor ușoare cu agregate poroase și deosebirile față de betonul obișnuit. Betoanele ușoare cu agregate poroase

sunt betoane preparate cu folosirea exclusivă sau numai parțială a agregatelor ușoare cu structură poroasă naturală (diatomit, tufuri vulcanice, scorii bazaltici, etc.) sau artificiale (produse secundare industriale: zgură de cazano, steril ars de cină de cărbune, deșeurii carbonice etc., precum și produse fabricate în mod special: argile, gisturi și gisturi argilcose expandate, zgură expandată, perlit expandat, cenuși de termocentrale, etc.).

În general se consideră betoane ușoare cele care au densitatea aparentă sub  $2000 \text{ kg/m}^3$  /7/, /23/, /96/, /174/, /191/, /303/ în unele țări (URSS, RDG, Franța) limita superioară a densității aparente fiind stabilită la  $1900 \text{ kg/m}^3$  /21/, /173/, /367/.

Principalele criterii de definire și clasificare a acestor betoane sunt densitatea aparentă, rezistența la compresie și coeficientul de conductivitate termică, care împreună determină și domeniile de utilizare a lor.

Din acest punct de vedere, betoanele ușoare, conform normelor CEB /46/, pot fi de:

-Categoric I, betoane ușoare de rezistență (de structură "S"), la care, proprietățile de rezistență sunt pri ordinale, fiind destinate realizării structurilor construcțiilor; celelalte caracteristici (densitate aparentă și izolare termică), constituinte din elemente favorizante pentru utilizarea lor, conferind betoanelor cu  $\rho_b = 1600 \dots 2000 \text{ kg/m}^3$  și rezistența la compresie de  $20 \dots 70 \text{ N/mm}^2$ ;

-Categoric II, betoane ușoare de rezistență și izolație (de structură și izolație "SI"), la care se acordă importanță egală atât caracteristicilor de rezistență cât și a celor de densitate

și de izolare termică, îmbinându-le judicios în realizarea în special a elementelor de închidere a construcțiilor, cuprinzând betoanele cu  $\rho_b = 1450 \dots 1600 \text{ kg/m}^3$  și cu rezistențe la compresivune de  $10 \dots 20 \text{ N/mm}^2$ .

-Categorii III, betoane ușoare de izolație (izolație „I”), la care proprietățile de izolare sînt primordiale, sînd  $\rho_b < 1400 \text{ kg/m}^3$  și rezistențe la compresivune de  $0,75 \dots 5 \text{ N/mm}^2$  și care se folosesc ca straturi de izolare termică pentru pereți și acoperișuri.

Pe principii asemănătoare, sînd cu precizarea și a coeficientului de conductivitate termică ( $\lambda$ ), se face clasificarea betoanelor ușoare în recomandările

RILEM /47/, /361/, redată în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1

Clasă	Tipul de beton ușor	Densitatea aparentă în stare uscată maximă $\rho_b$ $\text{kg/m}^3$	Rezistența la compresivune minimă $R_c$ $\text{N/mm}^2$	Coefficientul de conductivitate termică maximă $\lambda$ $\text{W/m}\cdot\text{K}$
I	Structură 4,5*	2000	15 (17)	nu se recomandă
II	Structură și izolatoare „II”	nu se recomandă	2,5	0,15
III	Izolatoare „I”	nu se recomandă	0,5	0,05

Norma românești/96/, /366/, de asemenea consideră ca betoane ușoare, cele cu densități  $< 2000 \text{ kg/m}^3$ , clasificîndu-le în următoarele două categorii: ușoare cu  $\rho_b = 1000 \dots 2000 \text{ kg/m}^3$  și

Tabelul 1.1.

foarte ușoare, avînd  $\rho_b = 500 \dots 1000 \text{ kg/m}^3$ , distingînd în cadrul fiecărei categorii, clase de densitate din  $100$  în  $100 \text{ kg/m}^3$ . În plus, standardul STAS 3622-79 /366/ prevede și o categorie intermediară de betoane semigrele, situate între ușoare și grele, cu  $\rho_b = 1001 \dots 2200 \text{ kg/m}^3$ .

Normativul C.155-81 /96/, în cazul utilizării agregatelor artificiale poroase produse în prezent în țara noastră (granulit clasele A 3 a și A 3 b, zgură expandată și nisip perlitic) cu sau fără adaos de cenugă de centrale termoelectrice și respectiv apurant, prevede posibilitatea realizării următoarelor tipuri de betoane ușoare compacte:

- betoane de izolație cu sau fără micropori înlobați în masa betonului BG-CT-75, BZE-CT 50 și BZE-CT 75, cu  $\rho_b = 1350 \dots 1500 \text{ kg/m}^3$  și  $\lambda = 0,25 \dots 0,36 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ;

- betoane de izolație și rezistență cu sau fără micropori înlobați în masa betonului, BG-CT-P100, BZE-(CT)100, BG-(CT)150, BG-(CT)200, BZE-(CT)100 și BZE-(CT)150, cu  $\rho_b = 1300 \dots 1950 \text{ kg/m}^3$  și  $\lambda = 0,30 \dots 0,63 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ;

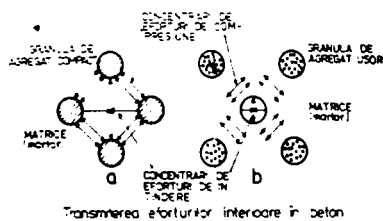
- betoane de rezistență compacte, BG-(CT)150, BG-(CT)200, BG-(CT)250, BG 300, BG 400 și BG 450, cu  $\rho_b = 1700 \dots 1950 \text{ kg/m}^3$  și  $\lambda = 0,44 \dots \text{W/m}\cdot\text{K}$ .

Bogatul sortiment de agregate ușoare (în special cele

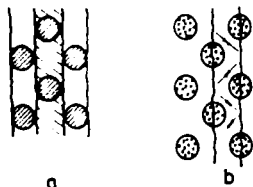
artificiale) existent în țările industriale puternic dezvoltate, oferă posibilitatea realizării celor trei categorii de betoane, corelînd astfel în mod favorabil proprietățile de rezistență și de izolație cerute diferitelor elemente de construcții.

Performanțele granului produs în țara noastră în betoanele de rezistență sînt comparabile cu cele ale agregatelor similare din alte țări (Keramzit în URSS și Polonia, Korlin în Olanda, Leca în Norvegia, Suedia și Danemarca, Argex și Isal în Belgia, Argilexpen și Agri în Franța, Liapor în Spania, etc.). Densitatea mare a betonului de granulit, realizat în condiții de producție de 1300 - 1950 kg/m<sup>3</sup>, și reduc înăi eficiența la realizarea elementelor cu funcțiuni de rezistență și izolație, unde sînt necesare și se realizează în practică, pe plan mondial, densități de 1300...1600 kg/m<sup>3</sup> /23/, /47/, /303/. Cu acest agregat se pot realiza asemenea betoane numai cu ados de spumant și la preparare, care creează micro-pori în structura acestora / 56/, /96/, /330 a/.

Alcătuirea structurală a betonului ușor, bazată pe o rezistență mai mare a pietrei de ciment, respectiv a mortarului întărit (matricei), în raport cu rezistența granulelor de agregat poros, precum și deformabilitatea mai mare a acestora, conduc la o deosebire esențială față de betonul obișnuit, în modul de preluare și transmitere a eforturilor de către diferiții componenți din interiorul secțiunii de beton ușor (fig.1.1).



Transmisia eforturilor interioare în beton



Modul de rupere a betonului

Fig.1.1 Transmisia eforturilor interioare și ruperea betonului greu (a) și cel ușor (b).

Astfel, la betonul obișnuit, solicitat la compresiune (fig.1.1.a), granulele de agregat se încoră cu eforturi de compresiune mari, ce se transmit de la granulă la granulă, prin stratul de mortar, care este solicitat la compresiune, perpendicular pe planul lui. La betonul ușor, matricea mai rigidă decât granulele de agregate poroase, se opune mai mult deformării și formează o structură cutată de tip figure (fig.1.1. b), care, peis și transmite cea mai mare parte din eforturi, agregatul poros participă numai la consolidarea sistemului spațial creat de matrice, matricea fiind solicitată cu preponderență la compresiune sau întindere în planul ei.

Caracterul rupei la betonul ușor, datorită alcătuirii structurale și modului de transmitere a eforturilor interioare descris mai sus, este esențial diferit de cel al betonului obișnuit.

Astfel, ruperea betonului obișnuit se produce prin dezvoltarea treptată a microfisurilor existente în matrix înainte de aplicarea încărcării, formate la suprafața de contact dintre mortar și agregate și respectiv în mai mică măsură în mortar, fisuri care se unesc și traversează complet elementul, ocolind granulele de agregate (v.fig.1.1.a) /29/, /343/.

În cazul betonului ușor, ruperea are loc de obicei prin ruperea granulelor de agregat poros, a căror rezistență este mai mică decât cea a matrixului, ruperea fiind cauzată de eforturile de întindere ce apar în agregat. Microfisurile din granule de agregat ajungând la marginea acestora, inițiază microfisuri în mortarul înțărțit și unindu-se cu acestea formează o rețea densă (fig.1.1.b), care progresaază foarte repede, determinând caracterul de cedere bruscă a betoanelor ușoare /208/.

Legea cunoscută de la betonul obișnuit, în conformitate cu rezistența mecanică a acestuia poate fi considerată egală cu cea a matrixei, la betoanele ușoare, este valabilă numai până la așa numita „rezistență limită” (fig.1.2-zona I) /354/. Dincolo de această limită, contribuția agregatelor la preluarea eforturilor interioare se diminuează, ce generează solicitarea suplimentară a mortarului. În această situație, rezistențele betonului (la rupere), este inferioară efortului unitar din matrixa de mortar (fig.1.2-zona 2), odată cu creșterea solicitării diferența accentuându-se până la imposibil (fig.1.2-zona 3).

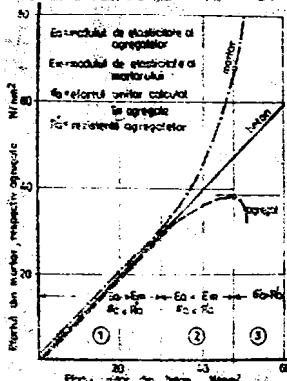


Fig.12. Repartizarea solicitării între agregate și mortarul de leagătura în funcție de leagătura în betonul cu granule.

din atr.1.1.1. /171/, /173/, /174/, /275/, /278/, /351/, /354/, /356/, rezultă că în tehnologia betonului ușor compact nu se poate aplica în

mod esențial de cea a betonului obișnuit, însă proprietățile speciale ale agregatelor ușoare poroase, influențează în mod preponderant tehnologia și în final proprietățile betonului confecționat cu aceste agregate.

## 1.2. Stadiul actual al utilizării betoanelor ușoare cu agregate poroase.

1.2.1. Realizări în străinătate. Deși cunoscut deja la mijlocul secolului trecut /29/, /183/, /264/ ; folosirea în construcții a betonului ușor marchează un salt calitativ și cantitativ abia după cel de al doilea război mondial, odată cu dezvoltarea industrializării, chemată să rezolve marile volume de construcții și în special lipsa de locuințe. Elementele prefabricate din beton ușor cepă în această perioadă, o utilizare largă în special în SUA și în URSS. Cu toate că primele construcții din beton ușor precomprimat apar abia în anul 1960, domeniul de aplicare al acestuia s-a extins în scurt timp foarte mult, cuprinzând elemente pentru planșeele și scopuri pentru clădirilor, poduri, piloți, palplanșe, piloni, traverse pentru cale ferată, elemente pentru structuri flotante și altele/79/, /372/.

Utilizarea betoanelor ușoare arată o tendință de creștere/233/. În prezent domeniul cel mai important de folosire a lor este producerea elementelor de închidere și de compartimentare. În medie în lume circa 25% din pereții pe bază de beton se produc din betoane ușoare. Din elementele structurale prefabricate circa 8% se fabrică din betoane ușoare iar în S.U.A. ponderea acestora s-a ajuns la 25%. În Uniunea Sovietică 65% din pereții exteriori și 95% din elementele spațiale se produc din beton ușor.

Din prognozele întocmite se poate constata univoc, că în perioada următoare betoanele ușoare se vor folosi în măsură mai mare /47/, /204/. La fabricarea agregatelor în sfârșit de argilă și giet, în primul rând se vor folosi deșeurile industriale ca cenuga de termocentrală și sterilul de mină asigurându-se astfel valorificarea lor și limitarea zonelor pe care sînt depozitate /29/, /197/, /233/.

Dintre construcțiile numeroase și foarte variate realizate din beton ușor de rezistență și izolație rezistentă cu argila expensivă și performanțele obținute, prezentate în literatura de specialitate consultată pe domenii de utilizare, și țări se remarcă următoarele lucrări mai deosebite: /2/, /3/, /7/, /21/, /29/, /41/, /45/, /46/, /47/, /58/, /60/, /79/, /88/, /93/, /122/, /169/, /174/, /178/, /183/, /184/, /233/, /259/, /260/, /264/, /275/, /305/, /313/, /315/, /339/, /372/.

a.) Construcții și elemente din beton ușor de rezistență

În S.U.A. : Clădirile „One Shell Plaza Building” din Houston cu 52 etaje de 220 m înălțime (fig.1.3/a) și „Mariner City” din Chicago cu 65 etaje și 180 m înălțime, scoperișul pavilionului Broadmoor Hotel Din Colorado Springs, cu deschidere de 56x53 m, cupole sălii de spectacole a Universității din Illinois cu diametrul de 180 m, serogara aeroportului din New-York cu o suprafață de 4500 m<sup>2</sup>, având o parte în consolă de 24 m, vase de transport și construcții marine (platforme de foraj, recipiente flotante, etc.).

În U.R.S.S.: panouri mari și elemente spațiale pentru construcții de locuințe, scoperișul pavilionului expozițional din Breven de 46x46 m, podurile de mari deschideri, etc.

În Australia: blocurile din Sidney, „Australian Square Tower” cu 50 etaje și 184 m înălțime și „Park-Regis” cu 50 de niveluri și înălțime de 140 m.

În Anglia: elemente prefabricate precomprimate la scoperișul în consolă de la stadioanele din Doncaster și Leopardstown, spitalul Guys cu 27 etaje și 142 m înălțime din Londra și clădirile multietajate pentru birouri la Londra și Croydon.

În R.F.Germania: pasarelă cu deschidere de 152 m la Wiesbaden din beton ușor precomprimat, idem pod pe autostradă la Cittelde, clădire de locuit cu P+7 E la Manovra și cu P+9 E la Hamburg, scoperișul hangarelor de la aeroportul Frankfurt pe Main cu deschidere de 135 m, silozuri din elemente prefabricate.

În țările nordice: plăci sandwich de scoperiș și de plajou, pereți exteriori și interiori pentru clădiri civile, pasarele pentru autostrăzi, grinzi prefabricate tipizate.

În Franța: panouri exterioare sandwich sau monostrat, planșee prefabricate tip delă, suprastructuri de poduri din elemente precomprimate.

În Austria: trambulina de la Obertsdorf, Fac.de științe sc-

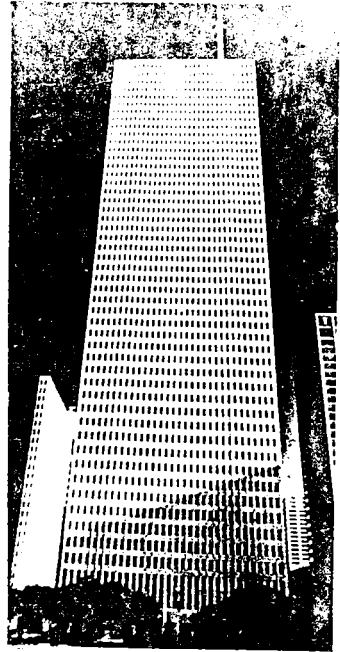


Fig.1.3.a. Clădirea „One Shell Plaza Building” din Houston



oiale și economice din Linz.

In R.D.Germană: panouri de pereți la clădiri industriale, ferme de 18 și 30 m din beton precomprimat.

In R.P.Polonă: elemente de planșeu pentru entrepozite de cereale.

In R.P.Ungară: elemente de planșeu prefabricate de tip che-son și monolite de planșeu Ciupercă la entrepozite de cereale.

b. Construcții și elemente din beton ușor de rezistență  
izolație

In Australia: panouri exterioare la o clădire de locuit cu 30 de etaje din Melbourne.

In U.R.S.S.: panouri exterioare în structură monostrat de 30-40 cm grosime din beton ușor compact (B 100 și 1300-1600 kg/m<sup>3</sup>) și din beton ușor cu exces de aer oclus prin spumare (B 35-100 și 1300 kg/m<sup>3</sup>).

In Anglia: elemente de închidere perimetrale cu structura sandwich pentru construcții de locuit sau monostrat, cu sau fără aer oclus.

In R.F.Germania: elemente de închidere exterioare la construcții social - culturale.

1.2.2. Realizări în țară. În țara noastră - deși se produc de 30 de ani agregate ușoare artificiale - acestea au o pondere redusă în totalul agregatelor/133/,/180/,/360/.

Utilizarea în construcții a betonului ușor cu granuliți a preocupat încă cu mulți ani în urmă, cercetătorii din țara noastră /3/,/200/,/210/,/211/,/297/, dar ea a fost legată de dezvoltarea producției de granuliți. Aceasta a început abia în anul 1959 în stația experimentală de la Buftea, cu o capacitate de 24.000 m<sup>3</sup>/an /60/, deschizând oles cercetărilor și experimentărilor mai vaste și în țara noastră.

Începând cu anul 1959, INCEAC București a efectuat studii și cercetări pe betoane ușoare preparate cu granuliți fabricat la Buftea/60/,/183/, contribuind la elaborarea primelor normative pentru prepararea și punerea în operă a betoanelor ușoare cu agregate minerale/358/ și respectiv, pentru proiectarea și executarea clădirilor de locuit/350/.

Cu acest beton, în perioada 1959-1964, au fost realizate următoarele elemente și construcții/60/: pereți interiori și exteriori turnați monolit, blocuri mici și plăci termoizolatoare și panouri mari portante și neportante pentru clădiri de locuit și plăci termoizolatoare pentru căptușeli la coșurile industriale.

I.C.P.M.C. București a efectuat studii de laborator și semiindustriale în stația experimentală Buftes, pentru verificarea comportării la expunere a numeroase argile din țară, materialele rezultate folosindu-le pentru încercări pe betoane.

În baza experienței favorabile acumulate s-a trecut la proiectarea primei fabrici de granulat de mare capacitate la Muregeni, care a intrat în funcțiune în anul 1964, cu o capacitate de 110.000 m<sup>3</sup>/an, începând livrarea curentă a granulatului, într-un singur sort C... Se menționează și sortul la cererea /60/,/93/.

I.C.P.M.C. București - Laboratorul de beton, în perioada 1960-1974, a efectuat cercetări privind utilizarea la prepararea betonelor ușoare a granulatului în unitățile MEFMC. Aceste cercetări au fost executate pe cercetarea în laborator a proprietăților betonelor ușoare, realizarea în fabrici și încercarea diferitelor tipuri de elemente prefabricate din beton ușor armat și precomprimat.

Comportarea „in situ” a elementelor realizate, sub acțiunea solicitărilor de scurtă și lungă durată a fost verificată pe o hală experimentală /121/,/123/.

La Cluj-Napoca, în perioada 1964 - 1974, pe baza colaborării dintre Institutul Politehnic Mec.Construcții, Filiala ICCPDC, Institutul de cercetare și proiectare, Trustul de Construcții și alte unități de execuție, au fost efectuate studii și cercetări de laborator asupra proprietăților granulatului de Muregeni, caracteristicile betonului ușor preparat cu acest agregat precum și experimentări semiindustriale și de producție curentă, realizând și cercetând o serie de elemente și construcții din acest beton /64/,/30/,/93/,/94/,/217/,/231/,/293/,/302/,/306/,/309/,/311/,/326/,/327/, ca hale industriale scoposite cu chesoane CP 1,5x6 și 12 m și elemente de 3,0x12 m, din beton ușor armat și respectiv precomprimat închise cu panouri exterioare din BG 150, ziduri antifoc BG 300, panouri exterioare auto-ortante din BG 150 în structură monostat și respectiv portante din BG 250 în structură sandvich, la blocurile de locuințe P+10 E.

În paralel grupul de Muregeni și betonul din acest agregat au fost studiate și de colectivele de cercetători din Iași, /38/,/72/,/95/,/221/,/222/,/317/,/319/, în perioada 1967-1968, realizându-se din beton ușor de rezistență cu granulat de Muregeni, marca B 250, plăcile curbe de acoperiș liftate la cinematograful Copou din Iași /14/.

După intrarea în funcțiune a unor noi capacități de producție pentru fabricarea granulatului la Iași, Lugoj, Săteu-Buzău și Cîmă-

lung, folosirea betonului ușor cu granulit s-a extins și în aceste zone ale țării, trecând din faza de aplicații locale, la aplicații de mare serie.

Astfel, în județul Timiș, ținând cont de dificultățile de aprovizionare cu agregate naturale grele ale TAGCM Timiș, și de intrare în funcțiune la I.S.C. „Mondiel” Lugoj, a liniei de fabricație a granulitului, cu o capacitate de 110.000 m<sup>3</sup>/an, în primăvara anului 1974, cu avizul favorabil al IPROTIM, T-AGCM Timiș, a început utilizarea acestui material modern la realizarea clădirilor de locuit și social culturale /7/, /17/, /49/, /79/, /135/, /137/.

În introducerea rapidă în producție a noului material, un rol folositor l-a constituit și documentarea făcută asupra rezultatelor obținute în cercetările și experimentările efectuate anterior, în acest domeniu de ICPMC București, Institutul Politehnic și Filialele ICPDSC din Cluj-Napoca și din Iași și INCERC București. Utilizarea granulitului de Lugoj s-a făcut pe baza cercetărilor și studiilor de laborator efectuate la ICPMC București și la Catedra C.C.I.A. de la Fac. Construcții din Timișoara, asupra proprietăților acestui agregat și a betonului preparat cu el /70/, /75/, /252/, studiilor și proiectelor IPROTIM /16/, /141/, /142/ și a experimentărilor de laborator și semiindustriale realizate de T-AGCM Timiș în colaborare strânsă cu aceste instituții /17/, /77/, /107/, /116/, /127/, /128/, /146/, /149/, /159/, /193/, /203/. În paralel, au fost urmărite „in situ”, pe construcțiile realizate experimental, capacitățile de izolare fonică a pereților și planșelor, de către Catedra de clădiri civile de la I.P. Iași și construcția și modul de fisurare a diafragmelor de către Catedra C.C.I.A. a Fac. Construcții din Timișoara /69/, /70/, /75/, /202/, /203/, /352/.

Pe baza rezultatelor tehnico-economice favorabile obținute la lucrările experimentale /19/, /79/, /125/, /135/, în perioada 1974-1988, au fost realizate în județul Timiș elementele prefabricate și construcțiile prezentate detaliat în Cap.6 a lucrării, valorificarea cercetărilor constând sistematic din prepararea a peste 560.000 m<sup>3</sup> beton ușor cu granulit și extracția din acest beton, cu tehnologii și în structuri diferite, peste 18.000 de apartamente în clădiri de locuit P+1E.. 10 E, peste 1000 locuri de cazare în hoteluri P+3E... 9E și alte construcții social-culturale.

Experiența și rezultatele obținute la realizarea la Timișoara în premieră pe țară, a clădirilor multietajate cu suprastructură din beton ușor cu granulit, precum și schimbul de experiență din noiembrie 1975 organizat la Timișoara în problema folosirii eficiente

te a granulitului în construcții/177/, cu deschis calea utilizării pe scară largă a acestui material și în alte zone ale țării.

În Cluj-Napoca începând cu anul 1979, Trustul de Construcții în colaborare și pe baza studiilor efectuate de I.P.T. și filiala I.C.P.D.C. din Cluj-Napoca, din beton ușor cu granulit de Mureșeni a realizat următoarele lucrări:

-blocuri de locuințe P+10E în cartierul Mănăstur având structura sistem ferugine, realizată cu ajutorul cofrajelor glicante, cu pereții exteriori de 35 cm grosime în structură monostret, din BG 200 cu  $\rho_b = 1730-1800 \text{ kg/m}^3$  și restul structurii din beton greu /170/, /301/, /303/, /374/.

-panouri exterioare prefabricate de 27 cm grosime, în structură monostret, din beton ușor de izolație-rezistență cu granulit 16.. 31 mm și cenugă de termocentră, marca B 200 și densitate aparentă  $1600..1650 \text{ kg/m}^3$ , la blocurile de locuințe P+4E cu structura din panouri mari însumând peste 2000 apartamente /95/, /303/, /306/, /312/.

În paralel la filiala ICCPDC din Cluj-Napoca s-au efectuat studii și cercetări experimentale privind particularitățile specifice ale tehnologiei betonului ușor cu granulit /94/, /102/, /103/, /161/, /223/, /317/ și referitoare la căile de îmbunătățire a caracteristicilor termotehnice ale acestui material /330/, /325/, /330a/. La Institutul Politehnic Cluj-Napoca a fost studiat în laborator comportarea betonului cu granulit la solicitări mecanice /232/, /296/, /299/ și, în situ, pe lucrări realizate, comportarea higrotermică a acestora /53/, /310/, /327/.

Comportarea higrotermică a panourilor exterioare realizate în structură monostret, a fost testată în stația higrotermică a filialei ICCPDC din Iași /35/, /93 a/.

Pe baza acestor studii și cercetări, folosind experiențe acumulate în țară, ICCPDC-Filiala Cluj-Napoca, în colaborare cu INCERC și ICPC București a elaborat Normativul privind prepararea și utilizarea betoanelor cu agregate ușoare G 155-81 /96/.

În județul Iași, după intrarea în funcțiune în anul 1976, a fabricii de granulit la IEC-Iași, pe baza rezultatelor obținute în cercetările și experimentările efectuate de ICPC București și specialiștii ieșeni de la Institutul Politehnic, ICPR, filiala ICCPDC și Trustul de construcții /72/, /84/, /93/, /102/, /205/, /208/, /221/, /223/, /316/, /317/, /318/, /319/, /321/, începând din anul 1976, conform proiectului experimental elaborat de ICPR-Iași, în colaborare cu ICPC București /110/, a început la IEC-Iași producția industrială din beton ușor cu granulit de Iași marca B 250, a panourilor mari prefabri-

este, realizându-se în municipiul Iași de către T.C. Iași pînă în anul 1978, peste 2000 apartamente în blocuri de locuințe P+4E, obținînd importante avantaje tehnico-economice /14/, /177/, /184/, /214/, /303/.

Comportarea la sarcini statice și dinamice a panourilor din beton ușor a fost verificată cu rezultatele bune la încercarea de către ICPEPC-filiale Iași pe platforma seismică a unei porțiuni de structură cu trei niveluri la scara naturală și respectiv prin comportarea blocurilor executate sau în curs de execuție în municipiul Iași, la seismul din 04.03.1977 /14/, /193/.

În paralel cu executarea panourilor mari, a început fabricarea din beton ușor cu granolit marca B 300, a cheșoanelor tip CU 1,5x6 m.

Cu granolitul produs la Fabrica din Sătuc-Buzău, începînd cu anul 1974, I.T.O. Bacău și T.C. Beoșu au realizat următoarele elemente și construcții: pereți exteriori pentru clădiri de locuit P+4E, panouri prefabricate de planșeu, elemente de închidere pentru hale industriale din beton ușor marca B 150- B 200.

Utilizînd rezultatele cercetărilor efectuate de filiala ICPEPC din Cluj-Napoca pentru prepararea betonului ușor cu granolit cu adaos de cenugă de țară locală și apuzant S.I./325/, /330 //, și în colaborare cu oceașta în anul 1981, au fost realizate în Timișoara de către Trustul de Construcții - Montaj, experimentări semiindustriale /97/, iar în anul 1983 s-a trecut în bazele de producție ale trustului la producerea din acest beton a panourilor exterioare de 32 cm grosime în structură monostrat. Astfel au fost realizate panouri exterioare autoportante din beton marca B 100, montate la blocul P+4E cu 48 apartamente nr 10 din zona Hotel Basarab Timișoara, cu disfraghe în sistem celular cu spații comerciale la parter (proiect IPROEIM T 521) și panouri exterioare portante de aceeași grosime din beton marca B 150, montate experimental la blocul S+P+4E din panouri mari (proiect IPT București T 770) nr 36 cu 20 apartamente din zona Ion Ionescu de la Brad /56/.

Pe baza rezultatelor obținute la realizarea în producție a acestor panouri IPROEIM în colaborare cu TCM Timișoara a elaborat într-un studiu /289/ o variantă a proiectului tip T 770 cu panouri exterioare portante monostrat de 32 cm grosime din beton ușor de granolit cu adaos de cenugă de țară locală și apuzant S.I. marca B 150 și proiectul re folosibil pentru clădiri de locuit P+1E în mediul rural.

Ținînd cont de rezultatele tehnico-economice favorabile obținute pînă în prezent la realizarea construcțiilor din beton ușor, studiile de perspectivă din țara noastră /114/, /285/, /359/, pre-

văd modificări calitative în producția de beton. Astfel, conform graficului din figura 1.3., se crește în ritm accentuat ponderea betoanelor eficiente, cel mai spectaculos ritm, de creștere prezăându-se betoanelor ușoare/30/.

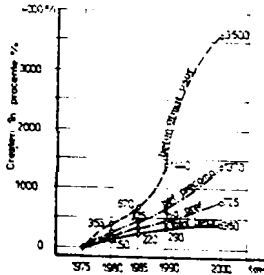


Fig.1.3 Ritmul de creștere a consumului diferitelor tipuri de betoane./180/

### 1.3. Obiectul și structura lucrării

Teza de doctorat cuprinde studiile teoretice, experimentale și realizările în producție ale autorului referitoare la tehnologia betonului ușor cu granulat de Lugoș, efectuate în perioada 1974-1988, în cadrul TAGOM Timișoara.

Cercetările efectuate și lucrările experimentale realizate în cadrul tezei de doctorat, au avut ca obiectiv analiza caracteristicilor fizico-mecanice ale granulatului produs de Intreprinderea de produse ceramice „Mondial” din Lugoș, cu influență semnificativă asupra proprietăților și tehnologiei betonului și respectiv stabilirea particularităților tehnologice de preparare, transport și punere în operă a betonului confecționat cu acest agregat, în vederea elaborării unei tehnologii specifice, adaptată materialelor și condițiilor concrete de lucru din producție.

Lucrarea este structurată pe 8 capitole.

În capitolul 1, pe baza unei documentări ample, se face prezentarea generală și clasificarea betoanelor ușoare realizate cu agregate poroase, prezentând alcătuirea structurală și descrierea acestora față de betonul obișnuit preparat cu agregate compacte de balastieră. Se prezintă de asemenea stadiul actual și perspectivele de viitor al utilizării pe plan mondial și național al acestui nou tip de beton.

Capitolul 2 cuprinde rezultatele analizei principalelor caracteristici ale granulatului produs la Intreprinderea de produse ceramice „Mondial” din Lugoș, acordându-se o atenție deosebită ca-

racteristicilor care influențează în mod semnificativ tehnologia și proprietățile betonului ușor.

Astfel, în acest capitol, după prezentarea tehnologiei de fabricație și a influenței acesteia asupra proprietăților granulitelui, sînt arătate rezultatele studiilor de laborator și experiențelor tehnologice efectuate în situ (în carieră și pe linia de fabricație), în vederea îmbunătățirii din fabricație a performanțelor (reducerea densității și mărirea conținutului de granule sub 5 mm) a acestui agregat.

Sînt prezentate rezultatele cercetărilor de laborator și experimentărilor efectuate în condiții de producție, referitoare la formă, natură suprafeței, structură, rezistență, mărirea granulelor și granulozitatea, densitatea și porozitatea granulitelui și influenței lor asupra proprietăților betonului ușor.

O atenție deosebită s-a acordat studiului porozității și legat de acesta absorbției de apă a granulitelui. Sînt astfel stabilite atât în apă cît și în betonul proaspăt mărirea totală a absorbției, evoluția ei în timp și modul de propagare și de distribuire a apei absorbite în masa particulelor de agregat. Pe baza rezultatelor obținute în acest studiu, s-a stabilit momentul și nivelul optim de preumectare a granulitelui de Lugoș, necesar pentru evitarea modificării semnificative a lucrabilității betonului proaspăt, în intervalul de timp dintre preparare și punere în operă. A fost pusă în evidență de asemenea, influența asupra proprietăților betonului ușor a fenomenului de vacuizare internă (self - vacuuming), fenomen specific agregatelor poroase. Astfel, a fost evidențiată influența pozitivă pe care o are acest fenomen, asupra diminuării separării apei, vitezei de creștere mai mare, în primele 7 zile, a rezistenței la compresiune a betonului, îmbunătățirii proprietăților pietrei de ciment și a conlocării acestuia cu granulele de agregate.

În capitolul 3, pe baza unui vast studiu experimental de laborator, efectuat pe un număr mare de probe recoltate din beton ușor preparat cu granulit aflat în trei stări de umiditate diferită și păstrat în șapte condiții diferite de tratare, se stabilește comparativ cu betonul greu influența gradului de preumectare a granulitelui în condiții diferite de tratare, asupra lucrabilității betonului proaspăt și respectiv a densității și rezistenței la compresiune a betonului întărit.

În capitolul 4, sînt prezentate rezultatele cercetărilor și experimentărilor efectuate în condiții de laborator și în producție asupra particularităților tehnologice ale betonului ușor

cu granulit.

În primul subcapitol se prezintă metoda de luare în considerare a caracteristicilor specifice aletoare ale agregatelor ușoare la stabilirea compoziției betonului ușor cu granulit bazată pe metoda volumelor absolute, completată cu testele de verificare a randamentului, densității și consistenței betonului proaspăt, sistem nou de stabilire, control și corelare operativă a compoziției acestui beton introdus în practică la lucrările TAGOM Timiș.

Sînt prezentate cercetările și experimentările efectuate în laboratoarele bazele de producție și gărierile TAGOM Timiș, în vederea stabilirii particularităților tehnologice, în toate fazele de realizare a betonului ușor cu granulit de Lugoj.

Astfel, după experimentarea și analiza critică a unui număr mare de modalități de efectuare în practică a preamezării granulatului, se prezintă tehnologia optimă de realizare a acestei operații cu ajutorul unei instalații de preamectare pe bandă, concepută și aplicată în bazele de producție a TAGOM Timiș.

În subcapitolul referitor la dozarea componentilor sînt analizate procedeele utilizate pentru dozarea agregatelor și a apei, fiind prezentate detaliat rezultatele experimentării și introducerii în producție, la TAGOM Timiș, a instalațiilor de dozare automată a apei, bazate pe legătura dintre consistența betonului și puterea absorbită din rețea de către motorul electric a betonierii.

Referitor la amestecarea betonului au fost stabilite ordinea optimă de introducere în betonieră a componentilor și influența duratei de amestecare, în funcție de felul mijlocului de amestecare.

Sînt prezentate de asemenea, rezultatele obținute de autor în îmbunătățirea procesului de formare a pietrei de ciment la prepararea betonului cu granulit prin activare hidrosonică a sistemului apă-ciment respectiv prin utilizarea unor superplastifianți indigeni.

La subcapitolul, transportul betonului, pe lângă prezentarea măsurilor specifice de lustr în cazul betonului ușor cu granulit, se arată contribuția autorului în conceperea și realizarea unei instalații brevetate de sdîngare în betoniere în timpul transportului a superplastifianților.

În subcapitolul turnarea și compactarea betonului sînt prezentate măsurile specifice betonului cu granulit, stabilite pe baza experimentărilor și utilizării în practică a acestui beton.

O atenție deosebită se acordă subcapitolului tratării betonului ușor de granulit după turnare, evidențiind comportarea mai



favorabilă a acestuia la tratamentul termic, stabilind, în condiții de producție, ciclul de tratare termică și măsurile de luat în cazul întăririi acestuia în condiții climatice naturale. În ultimul subcapitol, se prezintă metodele aplicate, specifice acestui nou tip de beton, precum și rezultatele obținute în stabilirea coeficientului de influență a naturii agregatelor, la determinarea, prin diferite metode nedistructive, a rezistenței la compresiune a betonului ușor cu granulat de Lugoj.

În capitolul 5, sînt prezentate contribuțiile autorului la tehnologia betoanelor ușoare cu granulat de izolație rezistentă. După prezentarea realizărilor obținute în țară și în străinătate, sînt arătate rezultatele cercetărilor și experimentărilor efectuate de autor la TAGOM Timiș, în colaborare cu Filiala ICCPD Cluj-Napoca și Fac. Construcții din Timișoara, pentru stabilirea condițiilor tehnologice de obținere a unor betoane cu granulat cu sdeos de cenugă de termocentrală și argument antrenor de sex, precum și realizarea din aceste betoane a unor panouri de închidere perimetrals monostat.

Capitolul 6, pune în evidență, modal de valorificare a cercetărilor efectuate, fiind prezentate tehnologiile aplicate, tipurile de structuri și elemente prefabricate realizate precum și avantajele tehnico-economice.

Astfel, sînt prezentate panourile de închidere perimetrals, clădirile multietajate din beton monolit executate cu ajutorul cofrajelor glisante, clădirile cu P+3E... la E, cu diafragma din beton monolit turnate în cofraje metalice plane, planșee și închideri perimetrals prefabricate, clădirile cu S+P+1E...3E din panouri cari precum și alte structuri și elemente diverse realizate din beton ușor cu granulat, împreună cu aspectele tehnico-economice aferente.

În partea a doua a capitolului sînt prezentate contribuțiile autorului la elaborarea actelor normative și proiectelor, precum și utilajele și instalațiile brevetate și introduse în producție pentru îmbunătățirea tehnologiei de preparare și punere în operă a acestui beton.

În capitolul 7, sînt prezentate rezultatele urmării „in situ” pe lucrări experimentale, a evoluției rezistenței la compresiune, contracției și capacității de izolare termică și acustică a betonului ușor cu granulat de Lugoj, precum și comportarea elementelor realizate din acest beton, sub încărcări statice și la acțiuni seismice.

Capitolul 8, prezintă în sinteză contribuțiile personale ale autorului și concluziile desprinse din lucrare, precum și recomandările formulate pe baza acestora privind tehnologia beton lui ușor cu gresălit de Lugoj.

539906  
140E

**CAP.2. STUDIILE PRINCIPALILOR CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE ALE GRANULITURII DE LUGOJ.**

Tolosirea eficientă în construcții a betonului ușor de rezistență cu agregate poroase, este strins legată de cunoșterea caracteristicilor fizico-mecanice ale acestor agregate și a influenței acestora asupra tehnologiei și proprietăților betonului preparat cu ele.

Natura structurii particulelor de granulit - cu înveliș exterior calcinat și rezistent, care asigură porozitatea închisă a structurii interioare, microporoase celulare - determină porozitatea și absorbția de apă mai mare și respectiv rezistența și densitatea mai redusă a acestora, proprietăți specifice, care, le diferențiază de agregatele dense de balastieră.

Aceste caracteristici specifice ale granulitului influențează preponderent proprietățile betonului proaspăt și modul de formare a structurii și prin aceasta tehnologia acestuia /47/, /122/, /174/, /183/, /223/, /245/, /271/, /272/, /317/, /318/, /331/, /336/.

**2.1. Influența materiei prime și a tehnologiei de fabricație asupra caracteristicilor granulitului.**

**2.1.1. Calitatea și modul de exploatare a argilei în carieră.** Din punct de vedere geologic, zăcămintul de argilă din cariera situată în dealul Sub-Nodos, la o distanță de cca.6 km. de I.P.C.Lugoj, aparține cuaternarului mediu inferior.

Din sondajele efectuate de ICPMS Sucresti/109/, a rezultat profilul litologic a zăcămintului, reprezentat în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1

Sondajul de structură		Caracteristici fizice		Cantități	
Simbol	Profundime (m)	Descriere	γ <sub>s</sub> (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>d</sub> (t/m <sup>3</sup> )	W (%)
A1	0-100	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1
A2	100-200	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1
A3	200-300	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1
A4	300-400	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1
A5	400-500	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1
A6	500-600	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1
A7	600-700	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1
A8	700-800	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1
A9	800-900	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1
A10	900-1000	Argilă prăfă	18,0	16,0	11,1
		cu cantități mici de nisip și carbon cald	18,0	16,0	11,1

Argilele din carieră sînt plastice, cu contracții ridicte, manifestînd sensibilitate la uscare. După ardere au rezistențe mecanice destul de ridicate (280-360 de t/cm<sup>2</sup>), absorbție de apă scăzută (10,6-11,1%) și sunet clar.

Deoarece, înălțimea de 9,00 m.a zăcămintului se împarte cu mult

înălțirea de tăiere a escavatorului și pentru că prezintă variații importante de compoziție chimică și mineralogică, exploatarea

se face prin împărțirea ei în mai multe trepte (tabelul 2.1.).

Compoziția chimică a argilei din diferite straturi ale zăcămintului este redată în tabelul 2.1. Rezultă că după conținutul procentual de principalii oxizi, argila din treptele I și II, d.p.v.d. al comportării la expandare, se încadrează în categoria argilelor cu comportare mijlocie la expandare și numai cea din treapta III, are o comportare slabă.

Această comportare este confirmată și de limitele de variație a modurilor (raporturilor între diferiți oxizi), rezultate din analiza chimică a argilei, care pentru argila din treptele I și II, în general, se încadrează în raporturile optime indicate în literatură de specialitate/60/, fiind egale cu:

$$\frac{Al_2O_3}{SiO_2} = 0,21 - 0,22 \text{ (2.1)}; \frac{CaO+MgO}{Al_2O_3+SiO_2} = 0,035-0,052 \text{ (2.2)}$$

$$\frac{K_2O+Na_2O}{Al_2O_3+SiO_2} = 0,020-0,024 \text{ (2.3)}; \frac{Fe_2O_3}{Al_2O_3+SiO_2} = 0,046-0,059 \text{ (2.4)}$$

Argila din treptele I și II se încadrează și în zonele argilelor cu proprietăți de expandare optime din fig.2.1, stabilite de Wilson și Riley/345/, argila din treapta III situându-se în afara acestor zone.

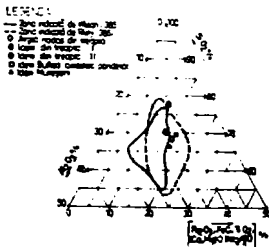


Fig.2.1: Situația argilei extrase din diferite trepte de cariere locale, de argilă Lugoj și respectiv din carierele altor formațiuni din țară, față de zonele argilelor cu proprietăți de expandare optime.

Pentru stabilirea gradului real de expandare s-au efectuat de autor, în colaborare cu I.P.C.Lugoj, încercări în scară industrială, direct pe linia de fabricație/145/, /147/, unde s-a putut determina și influența variației temperaturii de ardere, în condiții reale de producție (fig.2.2); fiind deosebit de interesantă și cu amestecuri de argilă provenite din diferite trepte de exploatare.

S-a constatat că există trei tipuri de argile, cu comportări diferite la expandare:

-argila cafenie din treapta I-a, din care, în intervalul de temperatură de 1050-1250°C, se poate obține granulat class A 3 a (curba cu linie continuă din fig. 2.2);

-argila nisipoasă cenușie din treapta II-a, din care, se poate obține granulat

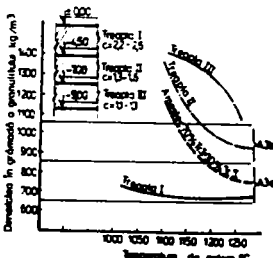


Fig.2.2. Influența compoziției argilei și a temperaturii de ardere asupra densității granulatului de Lugoj.

clasa A 3 b, numai dacă temperatura de ardere este între 1150 - 1250°C (curba cu linii întrerupte cu puncte din fig.2.2), în cazul scăderii temperaturii, gradul de expandare scade și se obține un granulat mai greu. Scăderea coeficientului de expandare, față de argile din treapta I-a, se explică prin conținutul de nisip, care fiind un degresant, favorizează pierderea gazelor din granule în timpul expandării.

Din încercările efectuate cu amestecuri de argile din treptele I și II, s-a rezultat, că numai cu un amestec de 70% argilă din treapta I și 30% din treapta II și cu asigurarea unei temperaturi minime de 1200°C, se poate produce granulat clasa A 3 a (curba cu linii întrerupte din fig.2.2).

-argile nisipoase cauză cu incluziuni calcaroase din treapta III-a, care, datorită conținutului de CaO și MgO, nu se poate folosi la fabricarea granulatului.

Încercările cu adăugarea unor agenți de expandare (praf de cărbune), în condiții de producție, nu au dat rezultate /145/.

### 2.1.2. Procesul tehnologic de fabricare a granulatului de Lugoj

Linia de fabricație a granulatului (fig.2.3), face parte din secția I-a I.P.C. „Mondial” Lugoj.

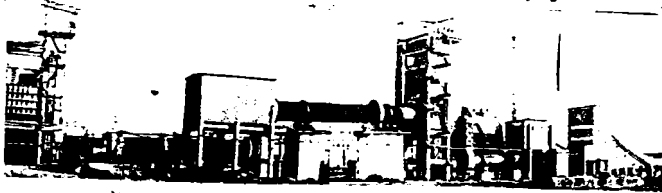


Fig.2.3.

Linia de fabricație a granulatului la I.P.C. „Mondial” Lugoj.

Procesul de fasonare a granulelor se face pe cele umede, iar uscarea și arderea în cuptoare rotative amplasate în cascadă.

Traseul tehnologic de fabricație a granulatului la această întreprindere, a fost obiectul unei analize detaliate, constituind tema referatului /145/, elaborat în cadrul etapului de pregătire. Fluxul tehnologic de fabricație este reprezentat schematic în fig.2.4.

În vederea sporirii ponderii fracțiunii 0...3 mm, deficitul în sortul 0...10 mm, în paralel cu mașina de fasonat existentă (poz.12/I din fig. 2.4), cu valțurile perforate având diametru mare, s-a introdus o mașină de fasonat suplimentară cu valțuri având diametrul orificiilor redus la jumătate (poz.12/II din fig. 2.4.). Prin această modificare, s-a mărit la 14% ponderea fracțiunii 0... 3 mm și la 40% la sortului 0... 10 mm, permițând redu-

cerea cantității adeosului de nisip de balastieră greu, la prepararea betonului de granulat și implicit a densității acestuia /145/, /147/.

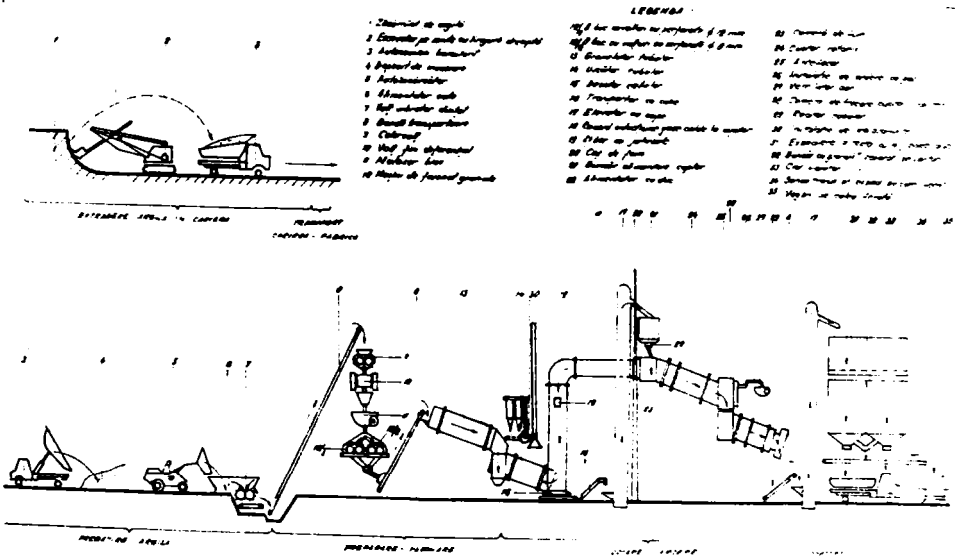


FIG. 2.4. SCHEMA TEHNOLÓGICĂ A FABRICĂRII GRANULITULUI LA I.P.C. ROMÂNIA 1969 PE UN PROCES DE PREPARARE - FĂCINARE UNED ȘI ÎMBĂRȘĂRI ÎN CUPRUL ROTATIV ÎN CĂRABĂ

2.2. Caracteristicile granulatului de Lugoș și influența acestora asupra tehnologiei și caracteristicilor betonului ușor.

2.2.1. Forma, natura suprafeței și structura granulelor.

Forma granulelor, este ovală, scutul 10... 20 mm, având raporturile dintre dimensiuni indicate în tabelul 2.2/145/.

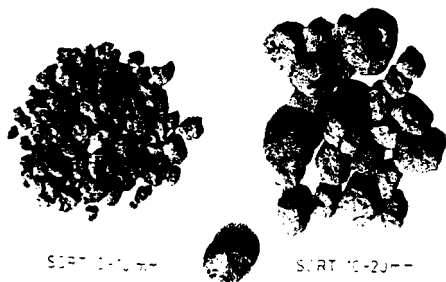
Tabelul 2.2

Raportul dimensiunilor granulelor	Rezultate determinării			Prevederi STAS 7243-80 minim 0,20
	minim	maxim	media	
b/a	0,64	0,74	0,70	
c/a	0,47	0,69	0,57	minim 0,20

Se observă că forma granulelor nu se încadrează în prevederile standardului de produs/364/. Rezultate asemănătoare au fost obținute și în studiu/104/, efectuat asupra granulatului produs la Lugoș și în alte fabrici din țară. Acesta absterne încă la micșorarea lucrabilității betonului proaspăt /145/.

Suprafețe exterioare a granulelor este vitrificată de culoare roșie-cărnăzie, lăisă sau ușor rugoasă, prezentând uneori adâncituri sau umflături locale (fig. 2.5). Granulele, în general cele mărunte (sub 10 mm), rezultate prin spargerea, sâncinte

de ardere, a granulelor mari, au surafața exterioară rugoasă în zone spărturii, dar fără pori deschizi, fiind acoperite cu înveli-



șul calcinat format la ardere. Nu mai granulele sparte după ardere, su pori deschizi în zone spărturii, cantitatea ec stors, la granulitul de Lugoj, conform determinărilor /145/, rămâne sub 8%, încadrându-se în prevederile din /364/.

Fig.2.5. Forma, aspectul exterior și în secțiune a granulitului de Lugoj.

Rezultatul suprafețe granulelor la granulitul de Lugoj, în comparație cu cea a a regatului de balezieră, este mai rugoasă/ conducând la o lucrabilitate mai redusă a betonului proaspăt, pus în evidență de autor în lucrările /145/ și /146/. În schimb, aderența mortarelor de ciment la suprafețe granulelor este mai bună, ducând la îmbunătățirea conlucrării acestora în betonul întărit /105/. A rezultat însă că suprafața cu pori deschizi din zone spărturii a granulelor sparte după ardere, duce la mărirea absorbției apei și în consecință, în cazul depășirii procentului de 10% admis de /364/, este necesară mărirea cantității apei de amestecare și respectiv a cimentului, la prepararea betonului, fapt reieșit și din rezultatele cercetărilor efectuate și prezentate detaliat în tabelul 2.5 la pct. 2.2.2.

În secțiune granulele prezintă un înveliș exterior calcinat, rezistent și relativ etang, de 0,4...c,5 mm grosime.

Acest înveliș asigură porozitatea închisă a structurii interioare slab poroasă, cu pori închiși, de culoare cenușie, a granulelor. Această constituție a structurii granulelor determină porozitatea și absorbția de apă mrită și respectiv rezistența și densitatea mai redusă a acestora, caracteristici analizate detaliat la cap.2.2.3., prezentând o mare importanță pentru tehnologia și proprietățile betonului ușor cu granulit de Lugoj /145/, /146/, /149/, /153/, /183/, /246/, /317/.

### 2.2.2. Granulozitatea și mărirea granulelor.

Conținutul pe sorturi a granulitului livrat de fabrica din Lugoj, pe o perioadă de 7 ani de urzărire, determinată zilnic de laboratorul fabricii, verificat și prin sondaj de laboratorul T-AGCM Timiș/145/ și interpretată statistic de ICPDC Filiala Cluj-Napoca

/104/ este prezentată în tabelul 2.3.

TABELUL 2.3

Anul	din agregatul total		
	Sortul		
	0...7 mm	7...16 mm	16...37 mm
1974	11	45	42
1975	23	35	-
1976	25,3	41	2,2
1977	17,0	58	14,6
	sort 0...7 mm	10...20 mm	20...37 mm
1978	30,5	51,3	7,5
1980	37,9	57,0	5,0

Rezultă că sorturile 0...7 mm, respectiv 0... 10 mm de granulat din agregatul total, rămân mult sub ponderea de 33-49% respectiv 37-56%, prevăzută de Instrucțiunile C.155-81/96/ pentru betoane BG 150- BG 300.

Analiza separată a compoziției sortului 0... 10 mm, efectuat suplimentar în laboratorul T-AGCM Timiș/145/, redată în tabelul 2.4. a arătat, că chiar dintr-un conținut foarte apropiat de maximum de 31% atins de sortul 0...10 mm, egal cu 29,63%, fracțiunea 0... 3 mm reprezintă numai 24%, ajungând la o pondere de 7,19% din agregatul total de granulat, față de minimum 12-27% prevăzută în instrucțiunile /96/.

Tabelul 2.4

Conținutul	Conținut în % de masă din agregatul total	Abateri în masă prin sibe (mm)				
		0,2	1,0	3,15	5	10
Sort 0...10 mm	29,63	3,47	10,20	23,98	63,80	99,87
Sort 0...3 mm	7,19	14,45	42,80	100,00	100,00	100,00

Din informațiile rezultate din chestionarele trimise și primite completate și de celelalte fabrici de granulat din țară/145/, rezultă că datorită limitelor procedurii de fabricație utilizat (vezi pct.2.1.), granutul produs în țară, este în general deficitar în fracțiunea 0... 3 mm.

Deficitul de perle fine din agregatul ușor se înlătură cu adaos de nisip de balastieră greu, fapt care duce la creșterea densității și conductivității termice a betoanelor ușoare realizate, în comparație cu betoanele ușoare realizate din argile expandate pe plan mondial /60/, /194/, /104/, /125/, /145/, /177/, /192/, /303/, /326/.

La T-AGCM Timiș, pentru prepararea betoanelor BG200 - BG 300, a fost necesară sporirea adaosului de nisip de balastieră 0... 3 mm, de la 23% maxim admis de /96/, la 25-35%, având ca efect, mărirea cu 10... 60 kg/m<sup>3</sup>, a densității aparente a betonului cu granulat /145/, /146/. Creșteri identice au fost semnalate și în studiul /202/.

La T-AGCM Timiș, pentru prepararea betoanelor BG200 - BG 300, a fost necesară sporirea adaosului de nisip de balastieră 0... 3 mm, de la 23% maxim admis de /96/, la 25-35%, având ca efect, mărirea cu 10... 60 kg/m<sup>3</sup>, a densității aparente a betonului cu granulat /145/, /146/. Creșteri identice au fost semnalate și în studiul /202/.

Din experimentările efectuate /145/, a rezultat că suplimentarea deficitului de granule fine, din granulat, cu nisip ușor, obținut prin concesarea granulelor mari de granulat, nu dă rezultate.

În cazul utilizării la prepararea betonului a unui granulat cu conținut de părți fine sporit parțial pe această cale, în locu nisipului de balastieră, pentru obținerea unui beton de aceeași lucrabilitate, în stare proaspătă și de aceeași rezistență, în stare întărită, este necesară majorarea conținutului apei de amestecare și implicit a dozeiului de ciment (tabelul 2.5.).



Acest rezultat a fost confirmat și de literatura de specialitate /80/, /106/, /174/, /193/, /223/, /278/, /231/, /294/, /311/, /354/, cauza fiind structura cu pori deschși a granulelor concasate de nisip de granulit. Folosirea adaosului de nisip de balastieră 0... 3 mm în cazul granu-

TABELUL 2.2

Nr. crt.	Nr. și data probei	Măsură de calitate	Compoziția betonului						Caracteristici ale betonului			
			Agregat (% volum)			Ciment			Procedee			
			Ag. 0-3	Ag. 3-5	Ag. 5-10	Clas. Ag.	Clas. C.	Clas. C.	Clas. C.	Clas. C.	Clas. C.	Clas. C.
1	MEZON 1981	BG 250	200	2.5	31.5	400	400	197	7.1	2003	256	256
2	MEZON 1981	BG 250	250	7.5	31.5	35.0	25	170	7.1	2003	256	256
3	MEZON 1981	BG 250	250	2.5	31.5	400	400	197	7.1	2003	256	256

NOTA: a) inclusiv apa absorbită de granuli

litului de Lugoj, duce la o creștere a densității betonului, în medie cu  $5 \text{ kg/m}^3$ , pentru fiecare procent de volum de nisip de balastieră introdus ca adaos /145/, /202/. Această creștere relativ moderată a densității aparente, înregistrată la betonul ușor cu granulit de Lugoj, în comparație cu cea semnalată în literatura din străinătate /278/, /354/, se explică prin densitatea mai mare a granulelor din fracțiunea fină a acestui agregat ușor, față de cea a agregatelor ușoare din argilă expandată, utilizate în străinătate /122/, /145/, /183/, /303/.

Din experimentările efectuate pe șantierele TAGCM Timiș /61/, /128/, /146/ și din urmărirea timp de 2-10 ani, a comportării în situ a construcțiilor realizate /19/, /69/, /130/, rezultă că dezavantajul creșterii moderate a densității produsă de adaosul de nisip de balastieră mai greu este compensat de: creșterea rezistenței, reducerea contracției, conferirea betonului proaspăt de calitate superioară de lucrabilitate, păstrarea coeziunii amestecului la transport și manipulare.

Pentru compensarea deficitului de părți fine din granulit-fără a mări densitatea betonului - a fost utilizată cu succes ceașca de termocentrală de la Mintia. Rezultatele cercetărilor și experimentărilor efectuate în laborator și în producție curentă sînt prezentate în /263/.

Ținînd cont de recomandările CEB /354/ și de experiența din alte țări /21/, /47/, /166/, /174/, /278/, în privința mărimii maxime a granulelor de agregat utilizate, începînd din 1978 s-a trecut la utilizarea în betoanele de rezistență preparate la TAGCM Timiș, a granulitului cu dimensiunea maximă a granulelor de 60 mm, în sorturile 0...10 mm și 0... 20 mm, respectiv 0...20 mm nesortat.

Experiența lucrărilor realizate /61/, /130/, /145/, /146/, /203/ a arătat că la folosirea acestui agregat se poate realiza un beton cu structură compactă.

Măsură a permis extinderea utilizării la prepararea betoanelor ușoare de rezistență a fracțiunii 16.. 20 mm, din agre-

gatul produs, folosit anterior, în cadrul sortului 16... 30 mm, numai pentru betoane de izolație și pentru umpluturi izolatoare. În plus, datorită densității aparente mai redusă a granulelor din sortul 10... 20 mm, în comparație cu cea a sortului 7...16 mm, a dus la diminuarea cu 15-20 kg/m<sup>3</sup> a densității aparente a betonului /145/, ceea ce pensând pe lângă mărirea acestuia ca urmare a majorării, de către fabrica din Lugoj, a densității aparente a granulelor livrat în ultimul timp.

2.2.3. Densitatea

La agregatele ușoare poroase, apar diferențe mari între valorile diferitelor categorii de densități, în comparație cu cele ale agregatelor naturale grele.

Densitatea proprie-zisă (densitatea specifică) nu diferă prea mult de cea a agregatelor grele, pentru majoritatea agregatelor ușoare, ea variind între 2390-2700 kg/m<sup>3</sup> (pentru argilă expandată fiind între 2390-2440 kg/m<sup>3</sup>)/278/.

Densitatea aparentă a agregatelor de granule reprezintă 1/2...2/3 din cea a agregatelor grele și variază invers proporțional cu granulozitatea, întrucât granulele mari au și porozitate mai mare /41/.

Tabelul 2.5 a

Nr. de laborator	Densitatea aparentă a granulelor kg/lig (cm <sup>3</sup> )			
	Sortul 0-10 mm		Sortul 10-20 mm	
	FINT	STAS 2386	FINT	STAS 2385
1	2,10	2,00	1,87	1,82
2	2,07	2,08	1,91	1,79
3	2,00	2,22	1,84	1,55
4	1,99	2,11	1,87	1,87
5	2,028	2,17	1,78	1,83
6	2,00	2,04	1,79	1,85
7	1,99	1,95	1,84	1,85
8	2,02	1,98	1,80	1,87
9	2,00	1,94	1,83	1,82
10	2,024	2,00	1,80	1,82
Medie	2,022	2,050	1,827	1,811
Maxim	2,02	2,05	1,83	1,84

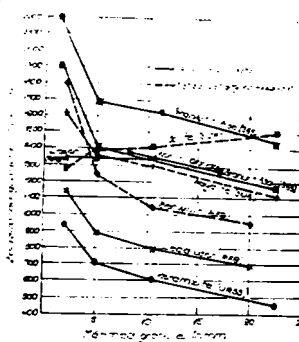


Fig. 2.5. Variația densității aparente în funcție de mărimea granulelor de argilă și fâș expandat (281)

Pentru determinarea densității aparente, în laboratorul Antreprizei 4 a T-AGCM Timiș, în afară metodei prevăzută în STAS 2386-78 /360/, s-a folosit experimental și aparatul FINT, obținând valori foarte apropiate cu o abatere în minus de 1,46% la sortul 0-10 mm și de 0,54% la 10-20 mm, redată în tabelul 2.6/a.

În fig. 2.5. este reprezentată variația densității aparente a granulelor în funcție de diametrul granulelor, în comparație cu alte agregate ușoare pe bază de argilă expandată utilizate în străinătate /275/, iar în tabelul 2.6. se vedea valorile acestei densități, pentru diferite sorturi granulare ale

TABELUL 26

Caracteristici	Sorturile de granuliți		
	0-10	10-20	20-30
Densitatea aparentă a granulelor, kg / m <sup>3</sup>	1,90-2,00	1,95-1,75	1,85-1,90
Ponderele inferioară %	17- 21	27-31	21-23

Densitatea în grămadă variază de esențență cu granulozitatea agregatelor u oare, ea variază însă foarte mult în funcție și de gradul de îndesare a granulelor,

din care cauză, este folosită numai la controlul curent al agregatelor urzătoare /133/ și numai în cazul deciziei pe bază de volum al agregatelor.

Valorile medii ale densității în grămadă în stare afânată a acestui granulitului de Lugoș și coeficienții de variație aferenți calculați în /104/, în baza datelor detaliilor predate zilnic de laboratorul fabricii pe o perioadă de 5 ani de urmărire sînt prezentați în tabelul 2.7.

TABELUL 27

Anul	Sortul					
	0-7 mm		7-16 mm		16-31 mm	
	fmed, kg/m <sup>3</sup>	Cv %	fmed, kg/m <sup>3</sup>	Cv %	fmed, kg/m <sup>3</sup>	Cv %
1972	845	2,3	740	8,5	-	-
1976	904	5,8	847	8,9	798	4,3
1977	922	-	756	-	727	-
	0-10 mm		10-20 mm		20-31 mm	
1978	995	5,6	894	6,7	745	10,2
1979	-	-	-	-	-	-
1980	985	6,4	879	7,4	-	-

Din analiza datelor rezultă următoarele:

-medie densității în grămadă în stare afânată și uscată are valori cu ceva mai mici decît prevederile STAS 7343-80, pentru clase A3b, granulitului de Lugoș încadrîndu-se în

această clasă;

-coeficienții de variație au valori mari, cuprinși între 5,6.. 8,9%, care reflectă neomogenitatea producției de granuliți în perioada de urmărire, valorile densităților avînd imprăptieri mari, cuprinse între 300...1115 kg/m<sup>3</sup> pentru sortul 0-10 mm și 700...1000 kg/m<sup>3</sup> pentru sortul 10-20 mm;

-din numărul total de probe analizate, depășesc prevederile standardului de produs /364/ pentru clasa A3b, aproximativ 25% la sortul 0-10 mm și 20% la sortul 10-20 mm.

-se observă o creștere de la an la an, a valorii densității în grămadă în stare afânată și uscată, datorită cauzelor arătate detaliat la pct.2.2.

Creșterea densității granulitului de Lugoș, împreună cu faptul înlocuirii deficitului de sort 0... 3 mm, cu nisip de balastieră, a avut ca efect majorarea densității betonului ușor corespunzător aceste depășind cu 110 - 150 kg/m<sup>3</sup> densitățile maxime admise de Instrucțiunile C-155-31 /96/, diminuînd astfel avantajele tehnico-economice a utilizării acestora /145/, /146/. Din studiul /104/, și din datele primite de la fabricile producătoare /145/, a rezultat aceleași concluzii pentru granulitul livrat de restul fabricilor din țară.

Aceste condiții fac ca sălt granulitul (v.fig.2.6), cît și betonul ușor cu granulit produs în țară (v.fig.2,7) să aibă o densitate mai mare decît agregatele ușoare pe bază de argilă expandată și respectiv betoanele ușoare realizate cu aceste agregate în alte țări, neputînd ajunge la performanțele, în special, ale betoanelor de rezistență și izolație realizate în mod curent în străinătate /193/.

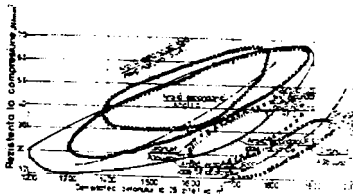


Fig.27 Corelație între rezistența la compresie și densitatea betoanelor ușoare cu argilă și sălt expandat (281)

Între densitatea aparentă și densitatea în grămadă a agregatelor ușoare există o corelație destul de strînsă, exprimată sub forma relației:

$$\rho = K \cdot \rho_{ap} \quad (2.5)$$

În care:

K-factor de corelare între 1,95-2,00 /278/, /341/

- $\rho_s$  - densitatea aparentă a agregatului în  $kg/m^3$
- $\rho_{ap}$  - densitatea în grămadă în stare afînată și uscată a agregatului, în  $kg/m^3$

În fig.2.8 este reprezentată grafic legătura între densitatea aparentă și densitatea în grămadă. Densitățile la granulitul de Lugoj, au fost determinate în laboratorul Antreprizei 4 a T-AGCM Timiș (factorul de corelare K pentru acest agregat variînd între 1,95-2,00), iar pentru agregatele ușoare din străinătate, sînt extrase din /37/, avînd valori apropiate de cele din străinătate.

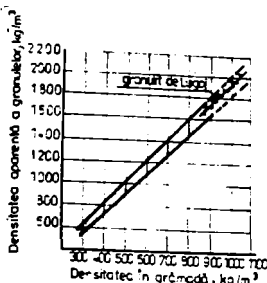


Fig. 2.8 Relația între densitatea aparentă a grănelor și densitatea în grămadă la granulitul de Lugoj în comparație cu alte argile expandate (187)

#### 2.2.4. Porozitatea și absorbția de apă.

Agregatele ușoare se caracterizează prin porozitate interioară mare a grănelor, variînd între 30-70% /47/, /174/.

Porozitatea variază cu gradul de expandare și este direct proporțională cu dimensiunea grănelor.

Porozitatea granulitului de Lugoj, în funcție de sortul grănelor și gradul de expandare variază între 17-31% (v. tabelul 2.6)

realizat la fabricare, fiind inferioară porozității agregatelor produse în alte țări pe bază de argilă expandată /47/, /278/, /354/.

Absorbția de apă, variază în limite largi cu structura poroasă a agregatelor și deci cu densitatea aparentă, fiind invers proporțională cu mărimea porilor. Ea este în general mai mică

decît porozitatea, deoarece, în mod practic, nu toți porii agregatului sînt accesibili pentru apă /174/, /331/.

Gradul de absorbție de apă al agregatelor ușoare, la o umezire continuă, poate prezenta diferite stări (v. fig. 2.9) de la uscat complet (uscat în etuvă pînă la eliminarea completă a umidității), trecînd apoi prin starea de uscat în aer (uscat liber în aer, cînd o parte din apa conținută în pori se evaporă iar restul este absorbită umplînd porii fini în zona interioară a granulelor) pînă la saturație completă, dar cu suprafața granulelor uscată și în final, la starea saturată și udă la suprafață /91/, /133/, /223/, /254/.

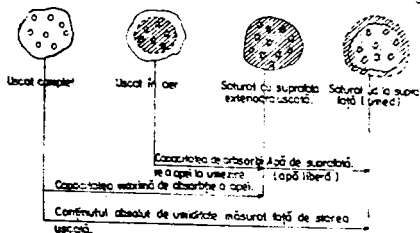


Fig. 2.9 Stările de saturație cu apă (umiditate) ale agregatului ușor poros [254]

La granulele de argilă expandată, care au un înveliș exterior vitrificat și o structură internă cu pori fini, absorbția de apă este mai redusă decît la alte agregate ușoare și este în general limitată sub 25% din masa agregatelor /174/, /223/, /254/, /303/, /354/.

Pentru cunoașterea mai exactă a absorbției de apă a granulelor de Lugaș și a influenței acestuia asupra proprietăților betonului proaspăt și respectiv asupra formării structurii celui întărit și în final a măsurilor tehnologice specifice ne-

cesare de luat, în cadrul cercetărilor și experimentărilor efectuate de autor și colaboratori au fost urmărite următoarele aspecte:

1. Primesa absorbției și evoluția ei în timp. Rezultatele determinărilor efectuate, cuprinse în tabelul 2.9 și figura 2.10, arată că absorbția

Durata imersiei în apă	Absorbția apei în % din greutate									Medie aritmetică
	Numărul determinărilor									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1 minut	165	187	60	67	425	430	630	630	620	640
5 "					450	438	425	425	415	455
10 "					475	480	480	460	460	465
15 "					500	485	500	485	475	527
30 "					510	520	515	495	525	522
7 ore	465	475	475	475	475	460	500	475	475	471
7 zile	490				500	500	500	500	500	497
7 luni					520					530
1 an					520					530
2 ani					540					540
2 ani și jumătate	545				545					547
3 ani					550					550
4 ani					560					560
5 ani					570					570
7 ani					575					575
10 ani	580				580					580
15 ani	585				585					585
20 ani	590				590					590
25 ani	595				595					595
30 ani	600				600					600

este în jurul 5-10 %, variind între 13,75-14,90% din greutate, rămînînd mult sub limita maximă de 25% admisă de STAS /364/ pentru clasele A3a și A3b.

Absorbția apei este mai mare în primele minute și ore de imersare în apă și ulterior, crește mult mai încet, fapt confirmat și în /183/, /270/, /313/, /331/. Absorbția după 5 minute de

imersare este în medie de 8,4%, reprezentând 56% din absorbția totală de 14,90%, înregistrată la 56 zile iar cea înregistrată la 30 de minute este de 9,31%, reprezentând 62% din absorbția totală.

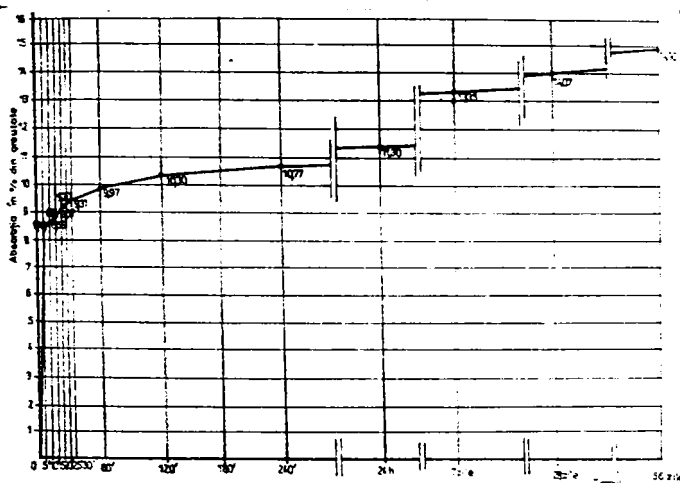


Fig. 2. Evoluția absorbției granului de Lugoj în funcție de durata de imersare în apă.

Absorbția de 9,31%, relativ mare, înregistrată în primele 30 de minute, în intervalul primelor 4 ore, crește doar la 10,77%, deci cu numai 1,46% 1,50%.

Din punct de vedere practic, pentru tehnologia betonului.

interesent este absorbția de apă a granului, care se poate produce în intervalul de timp corespunzător duratei de prelucrare (preparare, transport și punere în operă) a betonului, care, în condiții normale, variază între 0,5 și 1,5 ore /101/. În cazul granului de Lugoj, sort 5-10 mm, cantitatea de apă ce poate fi absorbită în acest interval de timp, variază între 9,31 și 10,15% din greutatea acestuia, creșterea fiind sub 1%.

Acest nivel de umiditate poate fi considerat optim pentru granulul de Lugoj, deoarece cantitatea de apă absorbită din amestecul de beton nu mai are influență semnificativă asupra lucrabilității betonului proaspăt.

Confirmarea acestei afirmații se regăsește în curbele de variație a consistenței (exprimate în variația diametrului turtei de răspândire, măsurată în cm) din figura 2.11, ridicat pe baza unor experimentări efectuate de autor la prepararea betonului cu granulit de Lugoj preumectat la diferite grade de umiditate /146/.

Rezultă că la o preumectare medie de 10%, influența absorbției granului, asupra lucrabilității betonului proaspăt, nu mai este semnificativă, variația răspândirii, pe timp de 30 de minute, rămânând sub 1 cm /146/, /159/.

Dă asemenea, experiența preparării în stațiile centralizate de betoane ale T-AGCM Timiș a betonului ușor cu granulit de Lugoj, în perioade 1974-1987, a arătat că prin asigurarea pentru granulit, prin preumectarea acestuia, cu puțin timp înainte de

prepararea betonului, a unei umidități medii de 9,30% (11,60% la sortul 0-10 mm și 8,40% la sortul 10-20 mm) /143/, absorbția

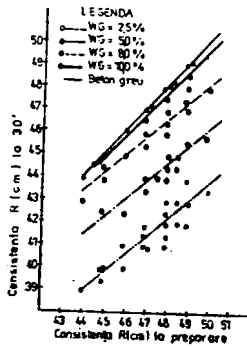


Fig.2.11. Variația consistenței betonului cu granule 0-250 la 30 minute de la preparare, în funcție de gradul de preumedare a granulelor

de către aceasta a apei ... me-tec... de beton proaspăt, în intervalul de timp între preparare și punere în operă, nu mai are influență semnificativă asupra lucrabilității betonului proaspăt /48/, /49/, /61/, /116/, /127/, /146/.

2. Modul de preparare și de distribuire în masa particulelor de granule a apei absorbite. Urmărirea acestor fenomene s-a făcut prin imersarea în apă, timp de 5... 30 minute, a unor granule de agregat cu diametre mari (între 10...20 mm), care, după scoaterea lor

din apă, au fost lăsate să se usuce în condiții de laborator, fiind apoi sectionate pentru studiul propagării apei în structura lor.

Sectionarea granulelor s-a făcut cu ajutorul unui aparat reprezentat în fig.2.12, realizat prin autodotare pe baza brevetului de invenție nr.92.420/1985 al autorului /154/. Aparatul sectionează granule prin întinderea unui fir metalic, formând o buclă în jurul granulei, care permite obținerea unei suprafețe de rupere netedă, fără deranjarea texturii interne a structurii acestora.

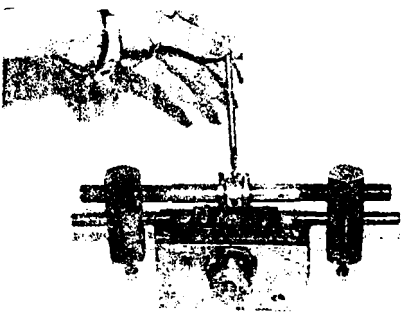


Fig.2.12. Aparatul pentru sectionarea granulelor.

a acestora, zona centrală nefiind unezită (v.fig.2.13.a);

De la compunerea unor granule sectionate imediat după scoaterea lor din apă, cu cele, și-nite diferite intervale de timp la uscare, reprezentate în fotografia din fig.2.13, s-a constatat următoarele:

- la granulele sectionate imediat după scoaterea lor din apă, apa absorbită era plisată în zona periferică

- la granulele sectionate la intervale de timp diferite de la scoaterea lor din apă, apa a fost treptat absorbită și difuzată încet în granule, umplând porii mai fini din interior, porii din zona periferică golindu-se de apă, acestea, la

o nouă imersare umplându-se cu apă din nou(v.figurile 2.13 b și 2.13.c).

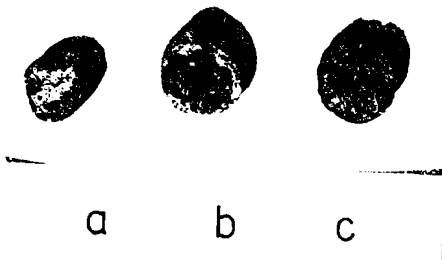


Fig.2.13. Modul de propagare și de distribuire în particule de granule a apei absorbite.

Rezultatele obținute sînt prezentate prin curbele de absorbție din figura 2.14.

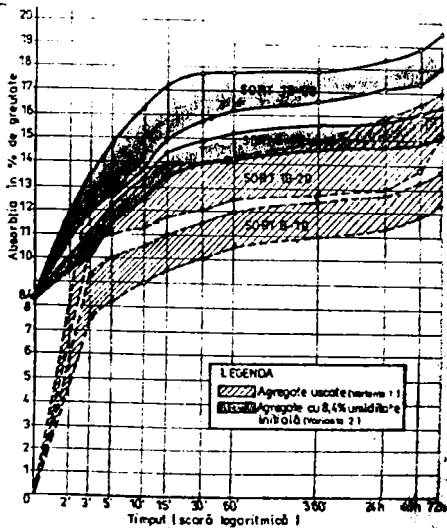


Fig.2.14. Curbele de absorbție a granulelor de Lugoș în funcție de modul de preumectare, la sorturile de 0-10mm și 10-20 mm.

Pentru a stabili influența acțiunii fenomen asupra mărimii și evoluției a sorozității apei de către granulele de Lugoș, s-a urmărit în paralel absorbția acestora, în două variante.

În varianta 1, s-a folosit granule uscate, iar în varianta 2, preumectat la umiditatea medie de 8,40% și păstrat în laborator, după preumectare, timp de 24 ore.

Așa cum se vede din absorbția granulelor uscate, după o oră de imersare în apă, ajunge la 12,50...14,25%, la sortul 0-10 mm și la 10,50...12,00%, la sortul 10-20 mm. Același rezultat prezintă, tot după o oră de imersare în apă, a ajuns la un conținut de apă de 16,20...17,75% la sortul 0-10 mm și la 14,20...15,20%, în cazul sortului 10-20 mm.

Rezultă că absorbția granulelor preumectate, în comparație cu cele uscate, după o oră de imersare în apă, s-a majorat cu 24...30% la sortul 0-10 mm și cu 26...

35%, la sortul 10-20 mm. Mărirea diametrului granulelor și respectiv a porozității acestora duce la majorarea absorbției la agregatul preumectat înainte de imersare în apă, în comparație cu cel uscat.

Concluzie importantă care se desprinde este că pentru diminuarea absorbției apei de către granulele din betonul proaspăt și a variației consistenței acestuia, are o mare însemnătate momentul preumectării granulelor și că aceasta trebuie făcută cu puțin timp înainte de prepararea betonului.



3. Absorbția în betonul proaspăt. Apa în betonul de granulat proaspăt se găsește în formele indicate în schema din fig.2.15.

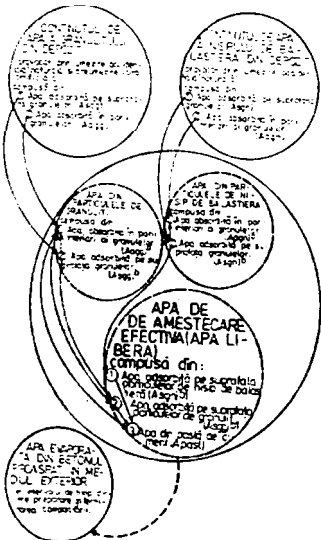


Fig.215 Apa în betonul ușor cu granulat și în timpul preparării transportului și punerii în operă

Din cantitatea totală de apă

$$A_{tot} = A_{ag} + A_{ag} + A_{past} \quad (2.6.)$$

$$\text{Unde: } A_{ag} = (A_{agg})^b + (A_{agn})^b$$

reține cantitatea efectivă de apă (apa liberă) din betonul proaspăt:

$$A_{ef} + A_{ag} + A_{past} \quad (2.7)$$

Unde:

$$A_{ag} = (A_{agg})^b + (A_{agn})^b$$

Rezultă că din cantitatea totală de apă se poate calcula cantitatea efectivă de apă (apă liberă), dacă se cunosc cantitatea de apă adsorbită de agregate.

În betonul ușor cu granulat proaspăt, datorită porozității granulelor, cantitatea apei libere, variază în intervalul de timp între preparare și punere în operă (v.fig.2.15).

La prepararea betonului, apa adsorbită pe suprafața agregatelor de agregat ( $A_{ag}$ ) - ca și în cazul betonului obișnuit cu agregate dense de balastieră - în momentul introducerii acestora în amestec se adsugă imediat apei libere. În timpul malaxării însă, o parte din apa de pe suprafața particulelor de granulat ( $\Delta A_{agg}$ ), împreună cu o parte din apa din pasta de ciment ( $A_{past}$ ), este adsorbită în porii interiori ai granulelor, scăzând volumul apei libere din amestecul de beton. Acest schimb de apă între particulele de granulat poroase și pasta de ciment din matricea de mortar, din amestecul de beton în formare, afectează volumul intergranular și trebuie ținut cont de el la stabilirea compoziției betonului ușor cu granulat și a modului de dozare a apei/149/, /219/, /273/, /316/, /329/, /347/. Pentru asigurarea omogenității betonului la preparare, este necesară cunoașterea gradului de umiditate al agregatului ușor, cât și absorbția de către acesta, a apei libere din amestecul în cursul preparării.

Granulele de agregat ușor absorb apa liberă din amestecul de beton și după terminarea preparării acestuia. Această absorbție și deci și cantitatea apei libere din betonul proaspăt,

variază în timp și este în funcție de cantitatea, porozitatea, natura suprafeței și gradul de preumezire a granulatului preum și de cantitatea apei adăugate la preparare /85/, /174/, /183/, /278/ /315/, /328/, /329/, /331/, /354/. și care în intervalul de timp între prepararea și terminarea punerii în operă, duc la reducerea lucrabilității betonului proaspăt, putând provoca dificultăți la transportul, turnarea și compactarea acestuia. Acest fenomen a fost constatat la betonul ușor cu granulat de Lugoj, utilizat în lucrările executate de T-AGOM Timiș /130/, /153/ și semnalat și în alte studii și cercetări efectuate în țară și străinătate. Rezultă că este necesară cunoașterea capacității de absorbție în betonul proaspăt a granulatului utilizat la prepararea acestuia, pentru a putea stabili componentii amestecului, în așa fel ca o anumită consistență să se realizeze la un anumit timp după prepararea betonului.

Pentru determinarea absorbției apei de către granulat de Lugoj din betonul proaspăt, care diferă de absorbția acestuia în apă, s-a efectuat o cercetare separată.

În cadrul cercetării întreprinse, s-a variat cantitatea de apă din amestec, iar conținutul de ciment și compoziția agregatului total s-au păstrat aproximativ constante (a se vedea compozițiile din tabelul 2.10).

Compoziția granulometrică a agregatului utilizat și modul de preparare a betonului au fost identice cu cele folosite în cercetarea de la cap.3.

După preparare s-a determinat consistența betonului și s-a turnat într-un vas, care s-a acoperit cu

o folie de polietilenă. La intervale de timp diferite, pe o perioadă de 3 ore de la amestecare, s-au scos de fiecare dată cca. 30 de granule cu diametral între 10... 20 mm, care s-au șters la suprafață de mortar și s-a determinat apoi, prin cântărire, cantitatea de apă absorbită în porii interiori ai acestor granule, calculând absorbția de apă în procent de greutate.

TABELUL 2.10

Nr. amestec	Dozajul de ciment kg/m <sup>3</sup>	Cantitatea apei de amestecare totale kg/m <sup>3</sup>	Agregate (% volum)		Consistența betonului proaspăt	Metoda de preparare	Cantitatea de apă adăugată la preparare
			Nisip de construcție (0-3mm)	Granulit (0,30mm-0,25mm)			
1	425	200	25	47	34	3	115
2	425	200	25	47	34	6	110
3	425	200	25	47	34	10	104
4	425	200	25	47	34	14	104

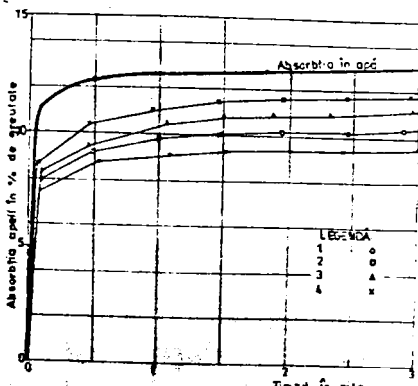


Fig. 2.10 VARIATIA ABSORȚIEI APEI DIN BETON A GRANULATULUI ÎN FUNCȚIE DE TIMP

Rezultatele obținute pentru cele patru amestecuri de beton, cu lucrabilitate diferită sînt prezentate în figură 2.16, în care, pe lângă variația absorbției de apă cu timpul a granulatului în betonul proaspăt, este prezentată și absorbția acestuia la imersie în apă.

Analizînd alura curbelor de absorbție (fig. 2.16) rezultă următoarele:

- timpul de absorbție în betonul proaspăt este același cu cel din apă, dar cantitatea de apă absorbită este mai mică cu cca. 20% în betonul proaspăt;

- absorbția de apă a granulatului din amestecul nr. 4, de consistență foarte fluidă (L 4), este mai mare decît în celelalte amestecuri, absorbția scăzînd în general odată cu reducerea consistenței și lucrabilității amestecului de beton, fapt semnalat și în lucrarea /219/.

Ținînd seama de rezultatele obținute, rezultă că pentru calculul valorii absorbției în betonul proaspăt al granulatului de Bugoj, din valoarea absorbției în apă cu aceste, se poate lua un factor de corecție (de reducere) mediu  $c \cong 0,30$ , factor care este apropiat de valoarea indicată în /278/.

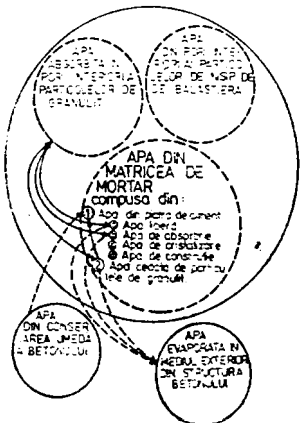


Fig. 2.17 Apa în betonul pus în operă și în perioada prizii și întăririi

În betonul proaspăt pus în operă

(v. fig. 2.17), particulele de granulat, ca urmare a fenomenului de vacuumare internă (selfvacuumare) specific agregatelor poroase-finoase și în cazul prizei, absorb o parte din apa liberă din matricea de mortar și elimină aer, contribuind, împreună cu evaporarea, la reducerea raportului efectiv apă/ciment și prin aceasta la îmbunătățirea calității pietrei de ciment // 74/, /131/, /278/, /318/. În plus, datorită acestui fenomen, prin pătrunderea ci-

mentului odată cu apa, în porii deschizi de pe suprafața granulelor de agregat ușor, pe de o parte, se îmbunătățește conlucrarea între piatra de ciment și agregat // 77/, /199/, iar pe de altă parte, se mărește rezistența granulelor de agregat ușor, prin întărirea zonei exterioare a acestora, pe adîncimea de pătrundere în ele a laptelui de ciment // 199/.

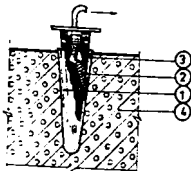
În contrast cu betoanele obișnuite preparate cu agregate dense de balastieră tratate prin vacuumare, la care prin acest tratament, una din excese din beton este extrasă definitiv, pro-

ducînd o rezistență inițială mare, dar care, la vîrste mai mari, în majoritatea cazurilor devine aproape egală cu rezistența betonului netratat/261/, la betonul ușor cu granuli, apa absorbită în porii interiori ai granulelor de agregat ușor, prin vacuumare internă, în cursul perioadei de întărire, este cedată treptat pietrei de ciment în curs de formare, asigurînd-prin udare internă- continuarea și adîncirea procesului de hidratare al particulelor de ciment, contribuind în final la creșterea în timp a rezistențelor betonului/83/,/273/,/319/. De asemenea, datorită acestui fenomen, modul de tratare și condițiile de păstrare după turnare, influențează mai puțin asupra betonului de granuli, decît asupra betoanelor grele /174/,/183/,/273/,/354/.

Pentru a putea urmări mai îndeaproape producerea în betonul ușor cu granuli a fenomenului de vacuumare internă, în figura 2.18 s-a prezentat schematic, similitudinea ce există între construcția (structura) și modul de funcționare a unei butelii de vacuumare în betonul obșnuit proaspăt și cea a granulelor de granuli poroase, din amestecul de beton ușor cu granuli /143/,/149/.



A. GRANULA DE AGREGAT POROS ABSORBANT  
1 - nucleu, 2 - strat de agregat, 3 - strat de ciment, 4 - strat de agregat, 5 - canal central



B. BUTELIA DE VACUUMARE INTERIOARA A BETONULUI  
1 - invelis vitrificat, 2 - strat de agregat, 3 - canal central, 4 - beton

Fig.2.18 Similitudinea între construcție și modul de funcționare a unei butelii de vacuumare și cea a granulei de granuli poroase în beton

Se observă că granulele de agregat poros (fig.2.18.a.), prin structura lor, îndeplinesc în ocmai funcțiile unei butelii de vacuumare (fig.2.18.b). Astfel, pânzei filtrante 1 de la suprafața buteliei de vacuumare, îi corespunde învelișul vitrificat poros 1 de la suprafața granulelor de granuli de 0,5-1,0 mm grosime în contact direct cu mortarul de ciment din beton, îndeplinind cu succes rolul de a lăsa să treacă apa și de a opri însă nisipul și particulele de ciment. Rezultatele unor cercetări recente din țara noastră /177/, au semnalat pe conturul particulelor de granuli,

formarea unei zone de cimentare pătrunse pe o adîncime de 0,1-0,8 mm, mult mai compacte și de culoare brun închis, ca rezultat al pătrunderii și opririi în acest strat a particulelor de ciment, din laptele de ciment absorbit. De asemenea, plaselor de sîră, cu ochiuri de dimensiuni variabile și crescînd spre interior, ale buteliei de vacuumare 2 din figura 2.18.b., îi corespunde zone cu pori fini de dimensiuni variabile 2 din figura 2.18.a, situat sub învelișul vitrificat de la suprafața granulelor de agregat ușor. Camerei de vacuum, formată la butelia de vacuumare, de senal din tablă perforată 3, la granuli de agregat

ușor, îi corespunde zona centrală a acestora cu pori mari, cari înmagazinează apa absorbită din mortarul de ciment 4, situat în spațiul intergranular al amestecului de beton ușor proaspăt.

Fenomenul de vacuumare internă, produs de absorbția apei de către granulele de granulit din betonul proaspăt pus în operă, contribuie în plus și la diminuarea separării apei la suprafața elementelor /279/, cu efectele lui pozitive asupra formării structurii betonului întărit.

#### Separarea apei în betonul ușor cu granulit.

În betonul ușor, preparat cu agregate poroase, unde o mare parte a agregatului are o densitate mai scăzută decât apa, acțiunea diferenței de greutate este limitată. Apa în exces însă poate să se separe și să se ridice din matrix, format din ciment și în mare parte din nisip de balastieră greu. Granulele mari de agregat ușor poroase, învelite în pasta de ciment ale matrixului, absorb însă o parte din această apă, fapt care micșorează separarea acestora.

Cercetările recente /278/ au arătat reducerea importanței a separării apei în betoanele ușoare preparate cu argilă expandată, în comparație cu betoanele grele de aceeași compoziție.

Pentru stabilirea influenței pe care o au proprietățile specifice ale granulitului de Lugoj, în comparație cu agregatele obișnuite grele, respectiv cu alte argile expandate granulate precum și ponderea acestora în amestec, asupra cantității de apă separată, s-au efectuat cercetări de laborator și experimentări în condiții de producție curentă /145/.

Cercetările de laborator au constatat în măsurarea cantităților de apă separată la patru amestecuri de beton ușor cu granulit, cu adaos de nisip greu și la două amestecuri de beton greu.

Betoanele ușoare de marcă B 250 s-au preparat cu granulit de Lugoj uscat 0-20 mm, separat în două sorturi (0-10 mm și 10-20 mm) și nisip de balastieră sort 0-3 mm, în două tipuri de compoziții: cu con. 50% și respectiv 75% agregat ușor din volumul agregatului total.

Amestecurile de beton greu de marcă B 250 s-au preparat cu agregate de râu separate în 3 sorturi.

Toate amestecurile s-au realizat cu două rapoarte a/c: 0,50 și 0,70.

La preparare, agregatele uscate s-au amestecat în prealabil, timp de un minut, cu cea. 2/3 din apa, după care, s-au adăugat cimentul și restul de apă, amestecându-le încă timp de un minut.

La fiecare amestec s-a determinat, conform TAS 5715-67,

intervale de timp de 30 minute, pînă la oprirea completă a separării.

Rezultatele obținute sînt prezentate detaliat în studiul efectuat/145/, fiind redată sintetic în figurile 2.19 și 2.20.

Din analize figurii 2.19, rezultă că viteza de separare este relativ constantă, pînă la cca. 2,5 ore la betoanele cu granulit și pînă la cca. 3,5 ore la betoanele grele, după care, separarea apei se oprește. De asemenea, a

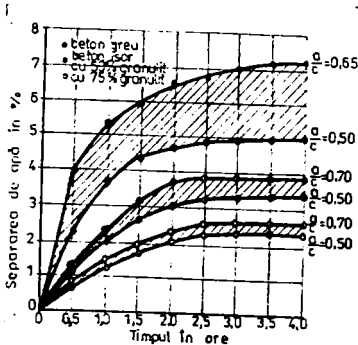


Fig. 2.19. Separarea apei în funcție de timp și ponderea în amestec a granului de Lugoș

rezultat că, în toate cazurile betoanelor cu granulit cercetate au avut o separare de apă mai scăzută în comparație cu betoanele grele, iar majorarea ponderii granului în amestecul total de agregate, a dus la scăderea cantității de apă separată. Astfel, la un volum de 50% granuli cantitatea de apă separată s-a redus cu circa trei ori iar la un volum de 75%, cu peste cinci ori, în comparație cu cea înregistrată

la betonul obișnuit greu marior.

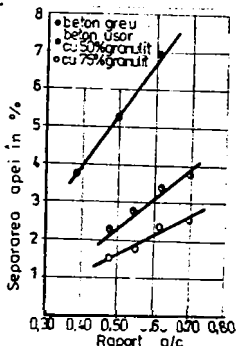


Fig. 2.20. Variația cantității de apă separată în funcție de raportul a/c și ponderea în amestec a granului de Lugoș

Din figura 2.20 se observă că la betonul cu granulit, creșterea raportului a/c contribuie, într-o mai mică măsură, la mărirea cantității de apă separată, în comparație cu betonul greu de aceeași compoziție.

Experiența în producție a T-AGOM Timiș, a confirmat de asemenea efectul favorabil pe care îl are utilizarea granului de Lugoș asupra separării apei din amestecul de beton proaspăt/145/, /149/, /143/.

Astfel, s-a constatat că, chiar în cazul în care s-a produs, imediat după turnarea betonului o separare redusă de apă, la suprafața elementelor, această apă, practic nu conține particule de ciment și ea a fost absorbită de masa de beton, în cca. 30 de minute, permițând începerea finisării elementelor.

Tot datorită absorbției apei de către agregatul poros, din peliculele de apă de la suprafața granulelor, respectiv din mortarul de ciment din imediata vecinătate a granulelor, structura acestora din urmă rezultă mai densă și mai rezistentă, contribuind

la reducerea, în această zonă, a frecvenței și a altor defecte de structură, contribuind la îmbunătățirea calității pietrei de ciment (matricei) în zonele din jurul granulelor de agregat ușor, în comparație cu cea din aceleași zone ale betonului greu, preparat cu agregate de balastieră (fig. 2.21) /183/, /199/, /218/, /278/, /318/.

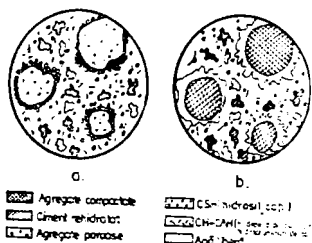


Fig. 2.21 Integrarea granulelor de agregat în pasta de ciment  
a) beton ușor cu agregat poros  
b) beton greu cu agregat compact

Acest fenomen, împreună cu o ancorare mai bună datorită asperităților și denivelărilor de pe suprafața granulelor și pătrunderii în stratul exterior al acestora a particulelor de ciment din laptele de ciment absorbit din matricea de mortar a betonului, conform semnelor din /85/, /199/, /218/, /223/, /254/, /278/, /281/,

/318/, contribuie la îmbunătățirea radicală a aderenței la interfața piatră de ciment-agregat ușor, în comparație cu betonul obișnuit.

De asemenea, acest fenomen contribuie -- pe lângă alte cauze arătate în /183/, /278/, /281/, în cap. 3 din teză, la viteza de creștere mai mare, în primele 28 de zile, a rezistenței la compresiune a betonului ușor cu granolit, comparativ cu betonul obișnuit.

Prin aceste efecte pozitive ale absorbției de către granitul de Lunaj, a apei din betonul ușor pus în operă, se explică obținerea, cu acest agregat cu rezistență proprie redusă, a mărcilor de betoane până la marca B300 inclusiv, fără măririle dozajelor de ciment folosite la betonul obișnuit /70/, /75/, /116/, /125/, /146/, /202/, /203/.

### 2.3.5. Rezistența proprie a granulelor

Această caracteristică a granulitului este influențată de grosimea și rezistența învelișului exterior vitrificat, de mărimea și forma și respectiv de structura (porozitatea) granulelor, fiind direct proporțională cu densitatea aparentă și invers proporțională cu mărimea acestora.

Dintre numeroasele metode propuse pentru determinarea acestei rezistențe (metode directe de determinare a indicelui de sfărâmare sau a rezistenței la abraziune a lui Deval și cele indirecte, în funcție de rezistența betonului /254/, /341/, /343/, ceea ce mai bună s-a dovedit metoda directă de determinare a rezistenței

la strivire în vasul de presiune, standardizată în țara noastră /362/, în forma ei îmbunătățită prin cercetările din/85/.

Rezistența la strivire a granuțului de Lugoj, conform datelor furnizate de laboratorul fabricii și determinărilor făcute pe probele recoltate prin sondaj de laboratorul T.AGCM Timiș și încercate la ICCPDC - Filiala Timișoara/145/, variază la sortul 7-16 mm, între 45... 60 daN/cm<sup>2</sup>, fiind mai mare decât rezistența minimă de 40 Da N/cm<sup>2</sup>, admisă de STAS 7343-80 /364/ pentru granuțitul class A3b.

Fragilitatea mai mare a granuțului, în comparație cu agregatele naturale grele, în cursul operațiilor de manipulare, transport și preparare a betonului, duce la sfărâmarea granulelor și în final la modificarea compoziției granulometrice a acestora, impunând luarea măsurilor specifice tehnologice arătate detaliat la cercetările prezentate la cap.4 pct.4.3.4.



### CAP.3. STUDIUL INFLUENȚEI GRADULUI DE PRUMEZIRE A GRANULITULUI ASUPRA TINUTOȘII ȘI PROPRIETĂȚILOR BETONULUI USOR.

La utilizarea agregatelor ușoare poroase pentru prepararea betonului un factor important îl constituie gradul de umiditate a acestora înainte de introducerea lor în amestec. El influențează direct cantitatea de apă care trebuie adăugată la prepararea amestecului, lucrabilitatea betonului proaspăt și proprietățile fizico-mecanice ale celui întărit /22/, /47/, /91/, /193/, /279/, /318/, /354/.

Există două soluții extreme: agregate complet uscate și agregate saturate cu apă. Ambele soluții permit curcugerea precum și posibilitatea de determinare mai exactă a cantității de apă ce trebuie adăugată la prepararea betonului, dar totodată ambele, pe lângă avantaje, au și mari inconveniente.

Folosirea agregatelor uscate, are o serie de avantaje cum ar fi: reducerea cantității totale de apă în betonul proaspăt și a umidității celui întărit, ducând la reducerea greutateii și la uscarea mai rapidă a acestuia, eliminând în plus și deficiențele mari între conținutul de umiditate a zonelor exterioare și a miezului elementelor de construcții și în acest mod, reducând tensiunile din contracție diferențiată și implicit pericolul de fisurare /23/, /193/, /354/.

Acest procedeu are însă următoarele dezavantaje:

-este costisitoare prin problemele care le pune pentru protejarea granulitului la depozitare și transport, necesitând amenajări speciale, fiind avantajos numai când granulitul este folosit la prepararea betonului imediat după fabricație;

-ridică greutatea la transportul și punerea în operă a betonului, prin pierderea în cursul acestor operațiuni, a lucrabilității, ca urmare a capacității ridicate a unor agregate ușoare de a absorbi apa din amestecul de beton proaspăt, putând provoca greutatea la compactare și hidratarea incompletă a cimentului /10/, /15/, /102/, /183/, /318/, /354/, /360/. Aceste dificultăți se reduc mult la agregatele ușoare care au o absorbție de apă redusă /23/, /193/, /364/, cum este și granulitul.

Agregatele saturate cu apă au mari inconveniente și de aceea sînt utilizate numai în cazuri cu totul speciale, cum este de exemplu punerea în operă a betonilor ușoare prin pompare

/47/,/36o/.

Utilizarea agregatelor ușoare în această stare anulează toate avantajele arătate ale folosirii agregatelor uscate, producând în plus reducerea rezistențelor mecanice ale betonului întărit, în special datorită scăderii aderenței între agregate și mortar, precum și micșorarea rezistenței la îngheț - dezgheț a acestuia, reducerea aderenței între beton și armătură și reducerea rezistenței la foc, ca urmare a umidității ridicate a betonului, prin explozia stratului de acoperire a armăturilor, la temperaturi ridicate /1o/, /15/, /23/, /183/,/191/, /341/,/354/.

Ținând cont de dezavantajele arătate a celor două soluții extreme și de recomandările din literatura de specialitate, din străinătate /15/, /46/,/174/,/275/,/354/,/36o/ și din țară/246/, /318/, rezultă că soluția cea mai adecvată, în cazul agregatelor din argilă expandată, constă într-o situație intermediară de umezire parțială cu apă a agregatelor ușoare, până la un grad de preumezire optim, corespunzător absorbției de apă a acestora, care se poate produce timp de circa 60 de minute, corespunzând cu timpul normal de preparare, transport și punere în operă a betonului. Această preumezire asigură menținerea în acest interval de timp, în limite de variație neesențiale, a lucrabilității betonului proaspăt, iar după punerea în operă, prin absorbție produce reducerea limitată a cantității de apă din amestec, îmbunătățind calitatea pietrei de ciment din structura betonului întărit /174/,/183/,/354/.

3.1. Studii experimentale de laborator

Pentru cunoașterea cât mai exactă a acestei probleme în cazul utilizării granului de Lugoș, au fost efectuate cercetări de laborator și experimentări în condiții de producție, utilizând acest agregat ușor cu următoarele trei stări de umiditate: uscat, umezit parțial și saturat complet cu apă.

Pentru studiu s-au folosit betoane ușoare cu granulat BG 250 cu compoziția stabilită în conformitate cu prevederile/96/, în ipoteza tratării termice (tabelul 3.1.).

TABELUL 3.1.

Componente	Proportia în %	Compoziția betonului în	
		Volum, dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Greutate kg/m <sup>3</sup>
Ciment Pz 25		133	400
Masă de betonieră 0-3mm	25	162	421
Granulit 0-10 mm	41	255	530
Granulit 10-20 mm	34	220	376
Apă liberă		200	200

Compozițiile în cele trei variante diferă numai prin cantitatea de apă de preamectare, consistența betonului proaspăt variind între 1,09 - 1,10 GW

și respectiv 7,0 - 7,5 cm tasare.

În paralel, cu același dozaj de ciment, s-a preparat și

amestecul de beton cu agregat greu de balastieră, de compoziție granulometrică asemănătoare și consistență practic identică.

Prepararea betonului ușor s-a făcut în betoniera de 100 l. capacitate din laborator, cu tehnologia optimă stabilită la cap. 4 pct.4.2. Astfel, înainte a fost introdus granutul și nisipul împreună cu  $2/3$  parte din apa de amestecare și s-au amestecat timp de 1 minut, apoi s-a adăugat cimentul și restul apei, continuând amestecarea încă timp de 1 minut. Preumectarea granulitului la umiditatea optimă între 9 și 10% s-a realizat cu puțin timp înainte de prepararea betonului, prin scufundarea în apă, încetă, a agregatului uscat așezat într-un ciur și scoaterea lui după un minut. Realizarea saturării complete s-a obținut prin păstrarea în apă a granulitului timp de 4 zile.

Compactarea epruvetelor în toate cazurile s-a făcut identic, pe masă vibrantă de laborator cu frecvența de 3000 vibrații/minut, timp de 15 secunde.

Variația în timp a lucrabilității betonului proaspăt, în funcție de gradul de preumectare a granulitului, a fost urmărită prin determinarea consistenței acestuia imediat după preparare și respectiv după 30 și 60 de minute. De asemenea, a fost determinată imediat după preparare, în toate ipotezele cercetate, densitatea aparentă a betonului proaspăt, iar pe cuburi de probă a fost determinată densitatea aparentă și rezistența la compresiu-ne a betonului întărit, la vârsta de 1, 3, 7, 14 și 28 zile.

Probele recoltate din betonul ușor, preparat cu granutul aflat în cele trei stări de umiditate diferite, precum și din betonul greu maritor, au fost păstrate în următoarele condiții:

1. În condiții STAS.

2. In aer, în condiții constante din laborator ( $T=20 \pm 4^{\circ}\text{C}$ ;  $U = 65 \pm 5\%$ ).

3. Tratate termic, cu abur viu, cu un ciclu de tratare format din: 3 ore așteptare, 2 ore ridicarea temperaturii, 8 ore tratare izotermică la  $(60 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  și 2 ore răcire și apoi păstrate în aer în condițiile constante prevăzute la pct.2.

4. In spațiu închis etans, realizat în jurul cuburilor, imediat după confecționare, din plăci de polistiren sudate la îmbinări, tratament prin care, s-a urmărit efectele fenomenului de vacuumare internă (selfvacuumare).

În plus la condițiile prezentate la punctul 2 s-au mai folosit variantele:

2.1. In aer, udete însă în perioada primelor 7 zile de

2.II. În ser, timp de 28 de zile și uscate apoi în etuvă, pînă la masă constantă, caracteristică necesară, conform/96/ și /366/, pentru stabilirea clasei de densitate a betonului ușor-

**3.2. Rezultate experimentale**

Variația lucrabilității betonului proaspăt, în cele trei stări de umiditate a granului, este prezentată în tabelul 3.2.

TABELUL 3.2

Varianta de preumectare a granului	Indice de compactare K <sub>12</sub>			Durata vibrației, sec.	Rezistența la compresiune la 28 zile, MPa
	imediat după preparare	La 30min.	La 60min.		
Uscat	1,20	1,26	1,29	15	31,7
	1,20	(1,28) <sup>a</sup>	(1,32) <sup>a</sup>	15	(27,6) <sup>a</sup>
Preumectat la 3%	1,20	1,25	1,28	15	27,2
	1,20	1,23	1,25	15	22,3

<sup>a</sup> Rezultatele din paranteze se referă la cazul amestecării prealabile uscată a agregatelor și a cimentului și prelucrarea probei la 60min. de la preparare.

Densitățile și rezistențele la comprimare obținute, sînt prezentate sintetic în tabelul 3.3 și detaliat, cu indicarea variației lor în timp, în tabelul 3.4.

Variația densității aparente a betonului ușor cu granulit proaspăt și întărit în funcție de gradul de preumectare a granului folosit și de condițiile de păstrare a betonului este reprezentat în fig.3.1.

Variația de timp a acestor caracteristici în perioada celor 28 de zile după turnare, în funcție de condițiile de tratare a betonului și în condiții identice de preumectare a granului folosit, în comparație cu betonul greu mator, este redată în fig.3.2.

De asemenea variația în timp a acestor proprietăți în funcție de gradul diferit de preumectare a granului, în condiții identice

Tabelul 3.3

VARIANTA	CONDITII DE PASTRARE	DENSITATEA APARENTA A BETONULUI (kg/m <sup>3</sup> )		REZISTENȚA LA COMPRESIUNE A BETONULUI LA 28 ZILE (MPa)		
		PROASPAT	INTARIT LA 28 ZILE			
1	STAS	a	2375	2317	387	
		b	2025	1925	357	
		c	2075	1890	352	
		d	2150	1965	348	
	IN AER	CONDITII CON-SUANTE (IN AER)	b	2030	1890	378
			c	2040	1890	272
			d	2171	1884	229
			e	2250	2177	219
		USCAT IN ETUVA LA 100°C DUPA 28 ZILE	b	2030	1910	278
			c	2047	1822	293
			d	2075	1828	276
			e	2120	1825	230
TRATAT TERMIC CU ABUR	b	2025	1840	273		
	c	2042	1830	271		
	d	2077	1884	269		
	e	2175	2128	269		
4	SELFVACUAT	b	2175	2016	322	
		c	2150	2098	371	
		d	2075	2088	285	
		e	2077	2088	285	

a. Agregate de balastiera uscate; b. Granulit uscat; c. Granulit preumectat; d. Granulit saturat.

gradul diferit de preumectare a granului, în condiții identice

TABELUL 3.4

Varianta	Condiții de păstrare (timp de păstrare după turnare)	Număr de probe	Densitate aparentă a betonului (kg/m <sup>3</sup> )						Rezistență la compresiune a betonului (MPa)										
			în condiții de păstrare						în condiții de păstrare carel norocitor la 28 zile										
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6					
a. AGREGATE DE BALASTIERA GRELE USCATE																			
1	IN CONDITII STAS	5	2375	2345	2336	2312	2321	2317	49	168	245	378	387						
2	IN AER IN CONDITII CON-SUANTE	5	2075	2060	2069	2180	2280	2284	2317	2330	2220	43	145	213	241	231	179	219	211
3	IN ETUVA LA 100°C DUPA 28 ZILE	5	2175	2298	2258	2246	2284	2241	120	170	219	272	247						
b. GRANULIT SI NISIP DE BALASTIERA USCAT																			
1	IN CONDITII STAS	5	2025	1970	2022	2021	1952	1825	55	170	248	328	397						
2	IN AER IN CONDITII CON-SUANTE	5	2025	1875	1917	1823	1831	1885	1912	2216	1825	57	145	217	282	315	328	322	
3	TRATAT TERMIC CU ABUR	5	2025	1958	1975	1881	1879	1879	132	179	219	228	271						
c. GRANULIT PNEUMECTAT SI NISIP DE BALASTIERA																			
1	IN CONDITII STAS	5	2075	2018	2041	2053	1998	1938	58	199	303	329	382						
2	IN AER IN CONDITII CON-SUANTE	5	2075	2017	2035	1975	1887	1890	1922	2009	1827	57	172	238	248	272	218	289	233
3	TRATAT TERMIC CU ABUR	5	2075	2018	1928	1884	1888	1875	142	193	242	252	257						
d. GRANULIT SATURAT SI NISIP DE BALASTIERA																			
1	IN CONDITII STAS	5	2125	2084	2077	2087	1973	2145	57	161	255	325	344						
2	IN AER IN CONDITII CON-SUANTE	5	2125	2054	2088	1978	1818	1922	187	202	262	272	218	289	214				
3	TRATAT TERMIC CU ABUR	5	2125	2084	2082	1895	1984	1984	55	155	210	232	255						

de tratare a betonului, este prezentată în fig.3.3.

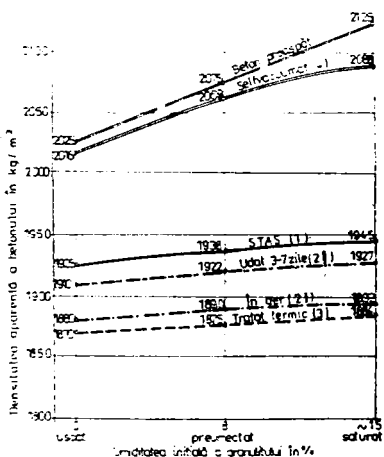


Fig. 31. Varianta densității aparente a betonului ușor cu granuli de Lugați în funcție de gradul de preumectare, a granulului și a condițiilor de păstrare a betonului

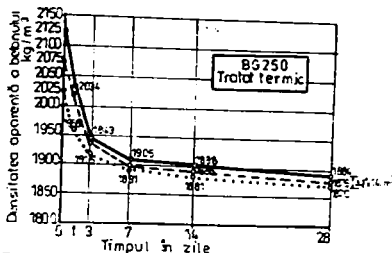
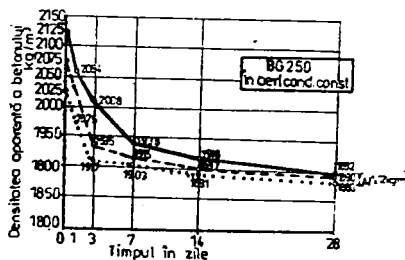
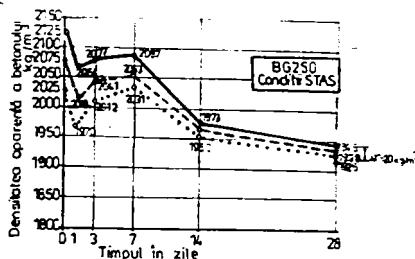
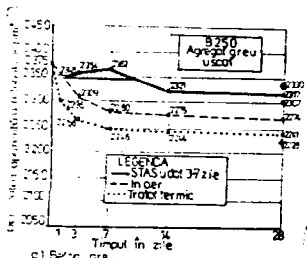


Fig. 33. Variația în timp a densității aparente a betonului ușor cu granuli în funcție de gradul de preumectare a granulului în condiții de păstrare constantă

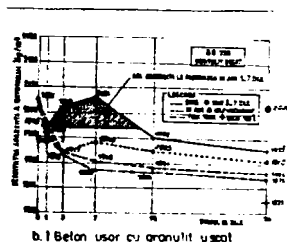
— Granulul saturat  
 - - - Granulul preumectat  
 ..... Granulul uscat

Fig. 3.2.

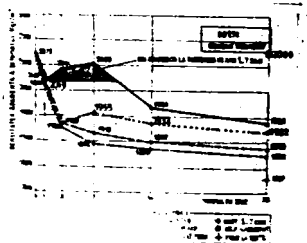
Variația în timp a densității betonului în funcție de condițiile de tratare și condiții identice de preumectare a granulului



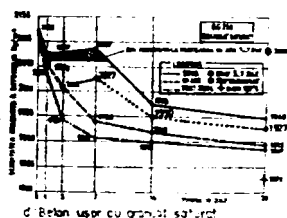
a) Beton greu



b) Beton ușor cu granuli uscați



c) Beton ușor cu granuli saturati



d) Beton ușor cu granuli saturati

Evoluția rezistenței la compresiune a betonului ușor preparat cu granuli, comparativ cu betonul greu martor, în funcție de condițiile de tratare diferite a betonului, în condiții identice de preamestare a granului studiat, este redată în graficele din fig.3.4.

Variația în timp a acestei proprietăți a betonului ușor cu granuli comparativ cu betonul greu martor, în funcție de gradul de preamestare diferit a granului folosit, în condiții identice de tratare a betonului, este reprezentată în fig.3.5.

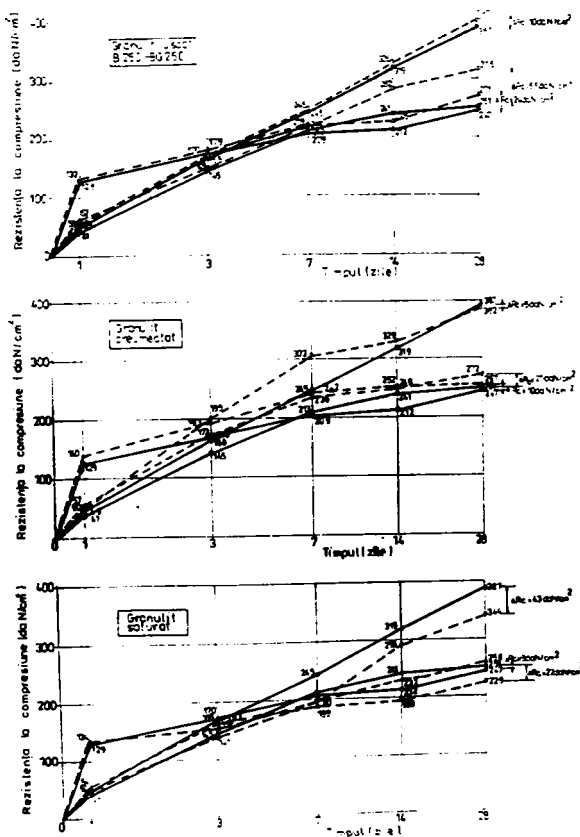


Fig.34. Variația în timp a rezistenței la compresiune a betonului ușor marca BG 250 preparat cu granuli, în cele trei stadii de umiditate comparativ cu betonul greu martor, în funcție de condițiile de păstrare.

LEGENA

- Beton greu, cu agregate de basaltică, păstrat în condiții S7AS
- Beton ușor, cu granuli, păstrat în condiții S7AS
- Beton greu, cu agregate de basaltică, păstrat în aer
- △— Beton ușor, cu granuli, păstrat în aer
- ◇— Beton greu, tratat termic în cuve cu abur cald
- ◇— Beton ușor, cu granuli, tratat termic în cuve cu abur cald

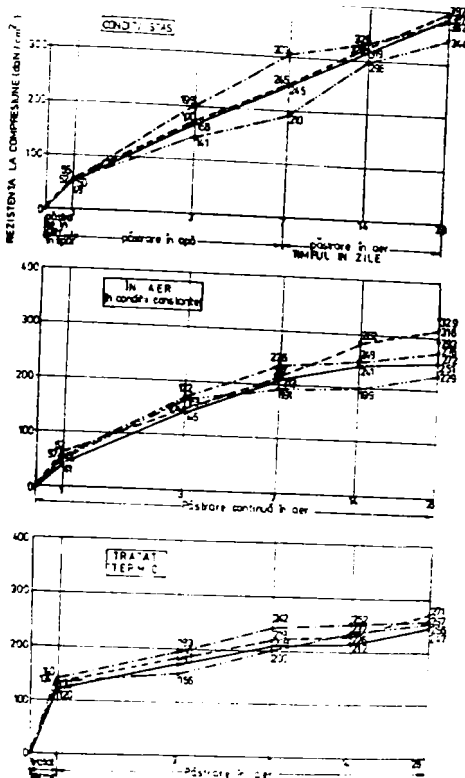


Fig. 3.5. Variația în timp a rezistenței la compresie a betonului uscat cu granulați de Luga, marca B5-250, comparativ cu betonul greu marilor furci de gradul de preumectare a granulaților în condiții identice de tratare.

Legenda:  
 - - - - - Beton greu marilor furci de gradul de preumectare  
 ——— Beton uscat în condiții identice de tratare

Relația între densitatea aparentă și rezistența la compresiune a betonului ușor cu granulit este reprezentată în graficele din Fig.3.6, pentru cazul unor stări de umiditate variabile ale granulitului și condiții identice de tratare a betonului iar în Fig.3.7, pentru cazul unor condiții de tratare diferite ale betonului și stării de umiditate identice ale granulitului.

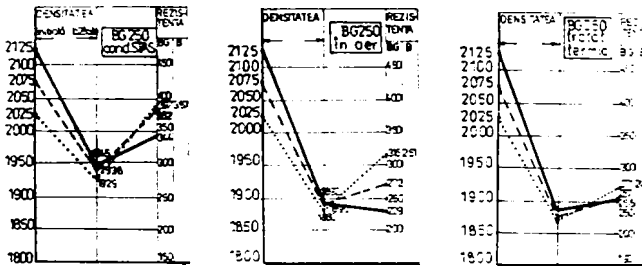


Fig.3.6. Relația între densitatea aparentă și rezistența la compresiune a betonului ușor de marca BG250, în funcție de preumectarea granulitului în condiții de păstrare identice

LEGENDA — Granulit saturat; - - - Granulit preumectat; ..... Granulit uscat

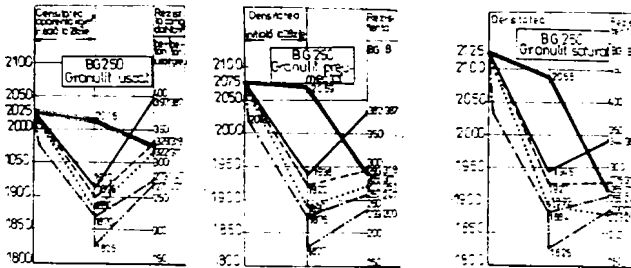


Fig. 3.7. Relația între densitatea aparentă și rezistența la compresiune a betonului ușor cu granulit de marca BG250, în funcție de condiții de păstrare diferite la stări de preumectare identice a granulitului

LEGENDA — Condiții STAS; - - - În aer udat 7 zile; ..... Uscat la 15°C; - · - · - Tratat termic; ——— Self-curing



### 3.3. Concluzii

Din analize rezultatelor obținute în cadrul cercetărilor de laborator și ținând cont de experiența câștigată la realizarea de către T-AGCM Timiș, în perioada 1974-1987, a peste 500000 m<sup>3</sup> beton ușor de rezistență cu granulit de Lugoj /19/,/61/,/130/,/145/,/146/,/149/,153/, referitor la influența gradului de preumectare a granulitului, în diferite condiții de tratare a betonului, asupra proprietăților și tehnologiei șterutului, au rezultat următoarele concluzii:

#### 3.3.1. Referitor la lucrabilitatea betonului proaspăt.

Cea mai mare pierdere de lucrabilitate în timp a prezentat-o betonul preparat cu granulit uscat, pierderea scăzând direct proporțional cu creșterea gradului de preumectare a granulitului (tabelul 3.2). Astfel, la preumectarea parțială (cca 6%), a granulitului în betonieră cu  $\frac{2}{3}$  parte din apa de amestecare, scăderea de lucrabilitate a fost moderată și numai la amestecarea preslabificată apă a cimentului cu agregate uscate, au apărut pierderi de lucrabilitate exagerat de mari, care au dus la înrutățirea condițiilor de punere în operă și la diminuarea rezistenței betonului.

În cazul utilizării granulitului preumectat la umiditatea optimă medie între 9 și 10% (v. tab. 3.2), scăderea lucrabilității betonului este redusă neinfluențând semnificativ condițiile de punere în operă și asigurând realizarea rezistențelor la compresiune prevăzute.

Utilizarea la prepararea betonului ușor a granulitului saturat, conduce la scăderile cele mai reduse de lucrabilitate dar, datorită cauzelor arătate la pct. 3.1, duce la reducerea însemnată a rezistenței la compresiune a betonului întărit.

#### 3.3.2. Referitor la densitatea aparentă a betonului

Densitatea aparentă în stare proaspătă cea mai redusă se obține la betonul ușor preparat cu granulit uscat, iar cea mai mare, cu aproximativ 100 kg/m<sup>3</sup> mai mare, când se folosește granulit saturat cu apă; densitatea betonului preparat cu granulit preumectat parțial, fiind practic egală cu media aritmetică a densității obținută în cele două situații extreme (tabelele 3.1 și 3.3). Aceste diferențe însă, după uscare, se reduc, densitățile tinzând să se egalizeze (diferențele la 28 zile variind între 10-20 kg/m<sup>3</sup>), gradul de preumectare a granulitului, neinfluențând practic densitatea betonului întărit.

Rezultatele sînt în concordanță cu concluziile cercetă-

rilor efectuate la ICCPDC - Filiala Cluj - Napoca /102/, și cu cele ale cercetărilor din străinătate /12/, /15/, /46/, /47/, /91/, /174/, /275/, /354/, /360/.

În toate cazurile de preumectare a granului și în toate condițiile de tratare studiate - cu excepție păstrării în condiții standard - densitatea betonelor scade continuu în timp, după 7 zile ajungând apropiată de cea obținută la vârsta de 28 zile (fig. 3.2 și 3.3).

În cazul păstrării în condiții STAS a betonului ușor de granulat (fig. 3.3) densitatea acestuia, în prima zi de păstrare în aer, înregistrează o scădere practic constantă (între 55... 61 kg/m<sup>3</sup>), în toate cazurile de preumectare a granului, după care, în cursul celor 6 zile de păstrare în apă, ajunge practic din nou la densitatea betonului proaspăt avut la preparare, în cazul utilizării granului uscat și respectiv reciclat, în medie, din greutatea pierdută în prima zi de păstrare în aer, circa  $\frac{1}{3}$ , în cazul folosirii granului preumectat parțial cu apă și circa  $\frac{2}{3}$ , în cazul utilizării celui saturat complet cu apă (fig. 3.2).

Creșterea densității, în perioada păstrării în apă, este mai pronunțată la betonul ușor cu granulat, decât la betonul greu (fig. 3.2), fenomen aplicat prin apă absorbită de către agregatul poros al betonului ușor, din apa de păstrare, peste cea absorbită aproximativ în cantități egale, la ambele betoane, de către matricea de mortar din structura acestora. La betonul ușor preparat cu granulat saturat cu apă (fig. 3.2.d), cantitatea de apă absorbită din apa de păstrare a rezultat foarte apropiată de cea absorbită de betonul greu mortar (fig. 3.2.a), deoarece, la ambele betoane, creșterea densității se produce numai pe seama apei absorbită de către matricea de mortar.

La 28 zile densitatea sperență minimă s-a obținut în cazul cruvetelor tratate termic și menținute apoi în aer, în condiții constante (cazul 3 tab. 3.3 și fig. 3.1), iar densitățile cele mai mari, cu 50-60 kg/m<sup>3</sup> în plus, s-au obținut în condiții de păstrare STAS (cazul 1 tab. 3.3 și fig. 3.1.). O situație intermediară a ocupat densitatea betoanelor ușoare cu granulat păstrate permanent în aer, dar udate în perioada primelor 7 zile (cazul 2. II tabel 3.3 și fig. 3.1).

Rezultă că folosirea în proiectarea structurilor din beton ușor cu granulat, a densităților obținute în condiții de păstrare STAS, este acoperitoare, densitățile acestui beton în condițiile reale de execuție - rezultând întotdeauna mai reduse, deoarece condițiile de păstrare STAS nu se pot realiza în practică.

Densitățile aparente medii ale betonului ușor de rezistență preparat cu granulit de Lugoș, obținute în stare proaspătă și întărită, au valori la limita maximă sau depășesc pe cele prevăzute în normativul C.155-81 /96/, depășind cu mult ale betoanelor ușoare de rezistență cu argilă expandată realizate în mod curent în străinătate /75/, /113/, /174/, /183/, /278/, /303/. Această situație se datorează densității mari a granulitului livrat, care depășește prevederile STAS 7343-80/34/ și respectiv deficitului de sort 0... 3 mm din compoziția granulometrică a acestuia, compensat la prepararea betonului, cu nisip de balastieră. La depășirea densității aparente, în cazul cercetării efectuate, a contribuit și dozașul de ciment majorat, aplicat neschimbat în toate cazurile de tratare studiate, rezultat din condiția obținerii mărții de B250 și în cazul tratării termice cu abur a epruvetelor.

### 3.3.3. Referitor la rezistența la compresiune a betonului

În condiții identice de căstrare în funcție de modul de preumectare a granulitului, rezistențe maxime (la 28 zile) se obțin la betoanele preparate cu granulit uscat și minime, la cele confecționate cu granulit saturat complet cu apă, iar valori intermediare se obțin la betoanele realizate cu granulit preumectat parțial cu apă, la o umiditate medie în jur de 9% (tabelul 3.3 și figura 3.5).

Aceste rezultate corespund, în general, cu cele obținute în cercetările efectuate în acest domeniu cu granulit de Mureșeni și prezentate în /102/ și /165/. Din analiza rezultatelor prezentate în /102/, s-a constatat însă, că în cazul utilizării granulitului uscat și a unui mod de preparare diferit (constând din omogenizarea prealeabilă uscată a granulitului uscat cu nisipul de balastieră și cu mentul și adăugarea ulterioară a apei numai în cursul amestecării propriu zise), rezistența betonului scade, apropiindu-se de rezistența betonului preparat cu granulit preumectat la umiditatea optimă de 9,3%. Diminuarea rezistenței betonului, în acest caz, se produce datorită tehnologiei de preparare aplicată, care duce la absorbirea de către granulit a apei din amestecul de beton proaspăt, cauzând reducerea importantă (timp de o oră de la 1,2 la 1,32 grade Welz7) a lucrabilității și înrăutățirea condițiilor de compactare și de hidratare /91/, /183/, /318/.

În funcție de condițiile de tratare ale betonului ușor cu granulit studiate (tabelul 3.3 și fig.3.4), la vârsta de 28 zile, rezistențe maxime, se obțin în condiții de păstrare STAS

(cazurile 1 b,c și d), iar minime, dar superioare mărcii proiectate, în condiții de tratament termic (cazurile 3 b,c și d). Rezistențe intermediare se obțin la betoanele păstrate permanent în aer, în condiții constante (cazurile 2 I b,c și d). Excepție de la această regulă generală fac betoanele preparate cu granulit saturat complet cu apă și păstrate permanent în aer (cazul 2 I d), la care, datorită efectelor negative pe care le are această stare de umiditate a granulitului asupra formării structurii betonului ușor se obțin rezistențe inferioare betoanelor tratate termic.

În cazul special de tratare, în care betonul a fost menținut permanent în aer, dar a fost udat cu apă, în perioade primelor 7 zile (cazurile 2 II b,c și d), în toate cazurile s-au obținut rezistențe sporite cu 4% până la 20%, în funcție de gradul de preumectare inițial a granulitului.

În condițiile de întărire a betonului complet izolat de mediul înconjurător (cazul 4 -selfvacuumarea), a rezultat că acest regim de tratare, are o influență pozitivă asupra formării structurii betonului ușor cu granulit, practic având un efect similar, cu acela a umezirii cu apă a betonului în primele 7 zile după turnare.

Evoluția în timp, în primele 28 de zile și în condiții de tratare identice, a rezistenței la compresiune a betoanelor ușoare preparate cu granulit siflet în cele trei grade de umiditate diferite, comparativ cu betonul greu martor (tabelul 3.4 și fig.3.5), duce la următoarele concluzii:

1. În cazul păstrării în condiții STAS (cazul 1)

Betonul ușor preparat cu granulit uscat (cazul 1 b), prezintă o creștere continuă a rezistenței, foarte apropiată atât de valoare, cât și ca alură, cu cea a betonului greu martor.

Betonul ușor preparat cu granulit preumectat

La o umiditate medie de cca. 9% (cazul 1 c), în perioada primelor 7 zile, prezintă o creștere mai rapidă a rezistenței, aceasta înregistrând valori majore în comparație cu rezistențele betonului preparat cu granulit uscat și respectiv cu aceea a betonului greu, cu cca. 17% la vârste de 3 zile și cu cca. 22%, la 7 zile. Ulterior, viteza de creștere se reduce, rezistențele devenind apropiate la 14 zile și ușor inferioare la 28 zile.

În acest caz, raportul  $R_{b7} / R_{b28}$ , pentru betonul ușor cu granulit de Lugoș a rezultat egal cu 0,79, față de 0,63 obținut la betonul greu martor. Valorile obținute este în concordanță bună cu cea de 0,78 indicată în /75/, pentru betonul ușor cu granulit de Lugoș și cu 0,81, prezentată în /304/, pentru betonul ușor

cu granulit de Muregeni, fiind în concordanță și cu alte cercetări, după care, rezistența la compresiune a betoanelor ușoare compacte la 7 zile atinge 75% /122/,  $\frac{2}{3}$ , /174/, 80%...90% /46/ din rezistența la 28 zile.

Creșterea mai rapidă a rezistenței în primele 7 zile la betonul cu granulit, în comparație cu betonul greu se datorează următoarelor cauze:

- la vârste mici rezistența betonului ușor este dată de agregate, care, în această fază a întăririi betonului, are o rezistență mai mare decât matricea de mortar, iar ulterior, rezistența este limitată la cea a matricei /46/, /354/, pe când la betonul greu - în fază inițială - rezistența depinde de mortar respectiv de gradul de întărire a pietrei de ciment, conlucrarea acesteia cu agregatele cu capacitate portantă mare, începând să funcționeze numai în faza avansată a întăririi;

- datorită structurii poroase, agregatele ușoare asigură un tratament interior al betonului, care constă dintr-o absorbție de apă din betonul proaspăt (v. fenomenul de selfvacuumare din cap. 2 pct. 2.3.3), produsă imediat după punerea în operă, și care provoacă accelerarea procesului de întărire și mărește rezistențele la vârste timpurii, ca urmare a reducerii raportului a/c;

- ulterior, granulitul cedează pietrei de ciment o parte din apa absorbită, favorizând adâncirea procesului de hidratare a cimentului contribuind la creșterea în continuare a rezistențelor /41/, /168/, /193/, /254/, /313/, /354/;

- datorită capacității de izolare termică a agregatelor ușoare, căldura degajată de reacțiile de hidratare a cimentului este păstrată un timp mai îndelungat în masa betonului, ceea ce accelerează procesul de întărire /275/, /278/, /291/, /351/, /354/.

Betonul ușor preparat cu granulit saturat cu apă, (cazul 1 d), datorită cauzelor arătate detaliat la pct. 2.2.3 a cap. 2, la toate vârstele înregistrează rezistențe inferioare betonului greu mortar, valoarea la vârsta de 28 de zile fiind cu cca. 14% mai redusă față de cea a betonului greu mortar.

2. În cazul căstrării betonului în aer, (cazul 2 I), în perioada primelor 7 zile, rezistențele betoanelor ușoare preparate cu granulit uscat, umezit numai prin amestecarea prealabilă cu  $\frac{2}{3}$  din apa de amestecare, în timpul preparării și respectiv cu granulit, preumezitat înainte de preparare la umiditate optimă de cca. 9%, sînt superioare decît foarte apropiate rezistențelor betonului greu mortar. Începînd însă de la vârsta de 7 zile, rezistențele betonu-

nului ușor cu granulat uscat înregistrează creșteri mari, depășind pe cele ale betonului greu mortar, cu 17% la 14 zile și cu peste 25% la 28 zile. La betonul ușor confecționat cu granulat preumectat, în această perioadă, se obțin creșteri mai modeste, de cca 3% la 14 zile și de cca. 10% la vârsta de 28 zile. Betonul ușor cu granulat saturat cu apă, în cursul primelor 3 zile prezintă rezistențe superioare betonului greu mortar, începând însă de la această vârstă, datorită cauzelor arătate în cap. 2. rezistențele acestuia cresc mai încet, rămânând chiar cu 10% sub cele obținute de betonul greu mortar, la vârsta de 28 zile.

Comportarea mai bună la păstrarea continuă în aer a betonului ușor cu granulat uscat, umectat numai în timpul preparării, se datorează cantității de apă, respectiv umidității relativ reduse între 5-6% (v. cap. 2. pct. 2.2.3), acumulate prin absorbția în porii interiori ai granulelor din apă de amestecare, în timpul preparării betonului, care, are următoarele efecte pozitive asupra formării structurii acestuia:

- la uscarea în aer, în prima perioadă, nu produce diferențe mari între conținutul de umiditate a zonelor interioare și miezul elementelor și în consecință, nu crează tensiuni mari din contracția diferențiată și deci nici fisuri /91/, /183/, /275/;

- provoacă absorbția în continuare, dar cu viteză redusă, de către granulele de agregat poros, a apei libere din betonul pus în operă, reducând raportul real de a/c și contribuind prin aceasta, la mărirea rezistenței acestuia /15/, /168/, /183/, /318/, /354/, /360/;

- cantitatea de apă absorbită, în porii interiori ai granulelor de agregat poros, înlocuiește apoi treptat - în special în perioade 7-28 zile - pierderile de apă prin uscarea și permite, chiar fără luarea unor măsuri suplimentare de tratare sau de protecție, hidratarea mai completă a cimentului și formarea în condiții corespunzătoare a pietrei de ciment din structura betonului, reducând sensibilitatea acestuia la absența umezelii /168/, /183/, /223/, /274/, /318/, /354/. Acest fapt este confirmat prin sporul redus, de numai cca. 4%, respectiv de 7,7%, produs în acest caz, asupra rezistenței betonului ușor preparat cu granulat uscat respectiv preumectat, a udării eprvetelor, în perioade primelor 7 zile, în comparație cu sporul de peste 27% rezultat în urma acestui tratament la betonul greu mortar.

Comportarea favorabilă la păstrare în aer a betonului ușor cu granulat umezit numai în timpul preparării sau preumectat înainte de preparare, în comparație cu betonul greu mortar, are o impor-

(tență deosebită asupra utilizării acestui beton în condițiile reale de execuție, care sînt mai apropiate de păstrerea în aer decît de păstrarea în condiții STAS, explicînd comportarea în situ foarte bună a construcțiilor realizate din acest beton de cître TAGOMT Timișoara (cap.7 și /19/, /129/, /130/.

3. In cazul tratării termice cu abur viu (cazul 3), rezistențele betonelor ușoare, la toate vîrstele, sînt superioare rezistenței betonului greu martor, alura liniilor de variație fiind asemănătoare. Excepția constituie numai rezistențele înregistrate în perioada imediat următoare tratamentului termic la probele prelevate din betonul preparat cu granulit umezit cu apă, care, pînă la sfîrșitul de 7 zile, inclusiv rîmîn inferioare rezistențelor betonului greu martor, ce apoi să le depășească, la 28 zile, devenind egale cu rezistența betonului ușor preparat cu granulit preumectat la umiditatea optimă și apropiat rezistenței celui confecționat cu granulit uscat, umezit numai în timpul preparării.

Comportarea mai favorabilă la traterea termică a betonului ușor cu granulit comparativ cu betonul greu martor, se datorează următoarelor cauze:

- granulitul datorită porozității granulelor - în combinație cu agregatul greu compact - absorbînd la preumectare și respectiv în cursul preparării betonului o cantitate relativ mare de apă, conține o rezervă de apă înmagazinată în porii interiori, din care completează o parte din pierderile de apă provocate de temperatură ridicată din timpul tratamentului termic, asigurînd menținerea timp mai îndelungat a apei libere necesare din beton și asigurarea reacțiilor chimice de hidratare și după terminarea tratamentului termic /47/, /90/, /378/, /313/;

- prin continuarea procesului de întărire datorită umidității rîmase în beton după tratamentul termic, o parte din defectele inițiale produse în timpul tratamentului, sînt colmatate, contribuind la creșterea rezistenței betonului și după terminarea tratării termice;

- reacțiile chimice între hidroxidul de calciu provenit din ciment și componentii mineralogici formați în timpul fabricației pe suprafața particulelor de granulit, cu activitate chimică redusă și cu viteze mici de desfășurare la temperaturi normale /200/, se intensifică mult în timpul tratamentului termic, și duc la creșterea unei aderențe de natură chimică, care, împreună cu aderența prin ancorare mai bună a agregatului cu suprafața rugoasă, contribuie la mărirea rezistenței betonului, chiar din

prima perioadă de întărire a acestuia /183/, /199/, /200/, /274/, /277/;  
 - datorită conductivității termice mai reduse a agregatului cu structură poroasă se reduce migrarea hidrosilicatului de calciu din mortar și cristalizarea lui în jurul granulelor de agregat, reducând în consecință efectele negative ale acestui fenomen, cunoscut de la betonul greu, asupra aderenței mortarului de ciment (matrixului) de agregate și în final asupra rezistenței betonului /199/;

- conductivitatea termică mai redusă însăși a betonului ușor cu granulit influențează de asemenea favorabil comortarea acestuia la tratarea termică, determinând începutul tratării, un efect de întârziere a transferului de căldură de la mediul de tratare la beton; betonul ușor înmagazinând mai încet această căldură, temperatura acestuia rămânând sub temperatura mediului de tratare. În perioada a doua a tratamentului, se produce însă un salt cu circa 10% mai mare în temperatura betonului ușor, în comparație cu cea a betonului greu tratat în aceleași condiții. Acest fenomen se datorează faptului că betonul ușor, având o capacitate mai mare de izolare termică, conservă mai mult timp căldura acumulată din exterior, cât și pe cea provenită din hidratarea cimentului și o cedează mai greu. Ca urmare temperatura betonului în această perioadă depășește temperatura mediului de păstrare (v. fig. 3.8) /47/, /223/, /275/, /351/, /354/. Această particularitate a betoanelor ușoare permite mărirea vitezei de ridicare a temperaturii și în consecință reducerea duratei totale a ciclului de tratare termică a acestora.

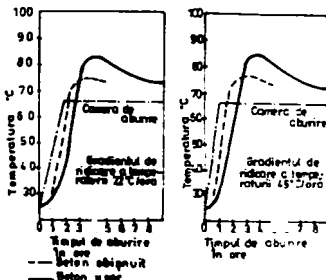


Fig.3.8 Variația temperaturii în camera de aburire și epruvete de beton [47]

Totodată, ținând cont de acest fenomen, și în cazul betonului ușor cu granulit se recomandă utilizarea în camere de tratare a unor temperaturi mai coborâte (sub 70°C), în comparație cu cele folosite la traterea betoanelor grele /47/, /149/, /183/, /274/, /275/, /351/.

Toteste aceste particularități ale comportării betonului ușor la tratare termică sînt însă mai stenuante în cazul betonului ușor de rezistență compact preparat cu granulit de Lugoj precum și cu cel livrat de alte fabrici din țară, agregat ușor cu densitate aparentă mare și cu volum de pori relativ redus, în comparație cu alte agregate pe bază de argilă expandată din străinătate.



CAP.4. CERCETARI DE LABORATOR SI EXPERIMENTARI  
ASUPRA PARTICULARITATILOR TEHNOLOGIEI  
BETONULUI USOR CU GRANULIT.

Literature de specialitate din țară/60/,/61/,/121/, /303/,/316/,/317/,/318/,/327/, și din străinătate /23/,/174/, /264/,/271/,/315/,/334/,/354/, precizează că fazele tehnologice pentru obținerea și punerea în operă a betonului ușor compact nu se deosebesc în mod esențial de cele ale betonului obișnuit cu agregate grele, prezintă însă particularități specifice, care cer o atenție deosebită în execuție.

Aspectele comune ale tehnologiilor celor două categorii de betoane pot deveni, din rutină, sursa unor greșeli și rezultate necorespunzătoare la realizarea betoanelor cu agregate ușoare, dacă nu se acordă atenție specială aspectelor ce le deosebesc.

Fazele procesului tehnologic de realizare a elementelor de construcții din beton ușor, sînt aceleași ca la betonul greu și sînt: stabilirea compoziției, prepararea betonului, transportul, punerea în operă și tratarea betonului în vederea accelerării întăririi. Proprietățile specifice ale agregatului ușor și punerea în opera pe fiecare din aceste faze, determinînd o serie de particularități.

Proprietățile specifice ale agregatelor ușoare cum sînt porozitatea și densitatea lor, mai mică decît a mortarului în care se înglobează, influențează în mod preponderent tehnologia și proprietățile betonului confectionate cu aceste agregate/10/, /11/,/15/,/47/,/85/,/146/,/173/,/174/,/183/,/218/,/278/,/318/, /328/, determinînd o serie de particularități ale tehnologiei de realizare a betonului.

Porozitatea agregatelor influențează direct modul de pregătire și de dozare a agregatelor, prepararea, transportul și tratamentul ulterior al betonului/85/,/91/,/146/,/173/,/183/, /218/,/278/,/318/,/328/,/354/. De asemenea, densitatea aparentă mai redusă a agregatelor prezintă mare importanță în ce privește compactarea betonului și formarea, inclusiv finisarea, elementelor și condițiile de întărire/47/,/173/,/183/,/191/,/278/, /318/,/354/.

La rîndul ei, tehnologia adoptată pentru realizarea betonului ușor, influențează, în mod hotărîtor proprietățile beto -

nului și deci calitățile și domeniul de utilizare.

Tehnologia betonului ușor influențează densitatea aparentă și rezistența acestuia, caracteristicile de deformare (contractie, curgere lentă, etc), precum și alte caracteristici speciale ale lui ca izolarea termică, rezistența la foc, durabilitatea, etc/69/,/75/,/197/,/193/,/203/,/279/,/281/,/316/,/319/,/354/.

La betoanele ușoare există o interdependență strânsă între proprietățile agregatelor ușoare, pe de o parte, proprietățile și tehnologia betonului ușor pe de altă parte, care își pun amprenta pe particularitățile specifice ale acestui material.

În figura 4.1. este prezentată schema logică a influenței caracteristicilor agregatului ușor și factorilor tehnologici asupra compoziției și proprietăților betonului ușor proaspăt și întărit/95/,/318/.

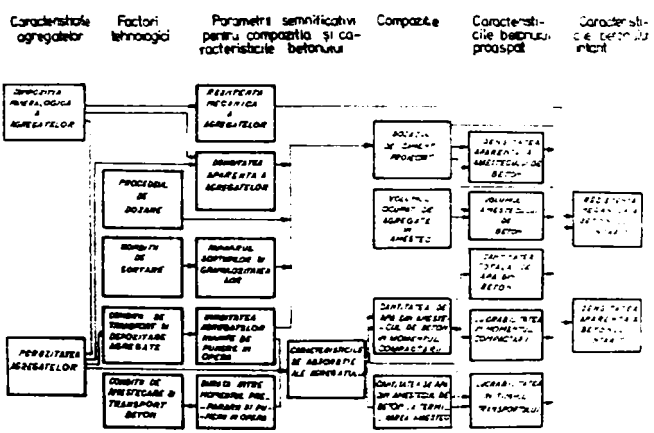


Fig.4.1 Influența caracteristicilor agregatelor și factorilor tehnologici asupra compoziției și caracteristicilor betonului proaspăt și întărit.

Particularitățile de realizare ale betonului ușor cu granulit de lugoș și a elementelor din acest beton, au constituit subiectul mai multor cercetări întreprinse de autor în cadrul TAGCM Timiș iar rezultatele obținute sînt prezentate în cele ce urmează.

4.1. Stabilirea compoziției betonului

4.1.1. Influența caracteristicilor specifice ale agregatelor ușoare asupra stabilirii compoziției betonului ușor cu granulit de lugoș.

Pentru proiectarea compoziției betoanelor, indiferent de natura agregatelor din care se realizează acestea, problema de bază o constituie stabilirea proporțiilor principalilor componenți cu scopul de a produce cât mai economic posibil un beton cu lucrabilitate corespunzătoare condițiilor de punere în operă în stare proaspătă și cu rezistențe mecanice finale și în diferite faze tehnologice.

La betoanele ușoare preparate cu agregate poroase, pe lîn-

gă cerințele menționate mai sus, se cere suplimentar, realizarea unei densități aparente cât mai reduse, proprietate necesară în special în cazul betoanelor ușoare compacte de rezistență-izolație și a celor de izolație. În plus la stabilirea compoziției acestor betoane, trebuie să se țină seama de prezența unor caracteristici specifice ale agregatelor ușoare cu structură poroasă.

Din multitudinea metodelor de proiectare a compoziției betoanelor ușoare /10/, /12/, /15/, /31/, /47/, /91/, /96/, /168/, /174/, /275/, /316/, /318/, /321/, /329/, /354/, pentru stabilirea compoziției betonului ușor cu granulit de Lugoj, a fost aplicată în lucrare, metoda volumelor absolute recomandată de prescripțiile internaționale C.E.B./45/, /354/ și care este preluată și în normativul C.155-81/96/. Metoda permite luarea în considerare a caracteristicilor specifice ale granulitului de Lugoj, stabilite în cap.2 și respectiv a variației aleatoare ale acestora în funcție de condițiile de mediu și tehnologie reale.

Relația de bază a acestei metode pleacă de la raționamentul că un  $m^3$  de beton proaspăt compact este egal cu suma volumelor absolute ale componentelor săi și se poate scrie sub forma:

$$V_c + V_{ap\grave{a}} + V_{aer} + V_{agregat\ tot.} = 1000\text{ dm}^3 \quad (4.1.)$$

Cercetările efectuate, prezentate în cap. 2, asupra caracteristicilor granulitului de Lugoj, arată că la acest agregat -și altele agregate ușoare poroase -densitatea aparentă depinde de densitatea specifică a materialului și de conținutul de goluri din structura granulelor, prezentînd valori mult diferențiate pentru fiecare fracțiune în parte; densitatea aparentă, are valori mai mari la particule fine, deoarece conținutul de goluri a acestora este mai redus, decât la granulele mari, care au un grad ridicat de expansiune. Datorită acestui aspect, spre deosebire de betonul obișnuit greu, la care, ponderes fracțiilor agregatului se poate stabili folosind densitatea în grămăduță în stare afînată - practic identică pentru toate fracțiunile - fără a avea erori la dozare, la betonul ușor cu granulit de Lugoj, pentru stabilirea ponderii acestora, este necesară utilizarea caracteristicilor de densitate aparentă a granulelor pentru fiecare sort în parte.

Volumul total de agregate, (relația 4.1.), se stabilește ca o sumă a volumului ocupat de nisipul de balastieră 0...3 mm și volumele tuturor sorturilor de granulit, stabilite pe baze ponderii procentuale ale acestora, conform formulei:

$$V_{\text{agregat tot.}} = V_{\text{nisip de balastieră 0...3 mm}} + V_{\text{granulit 0...3 mm}} + V_{\text{granulit 3...7 mm}} + V_{\text{granulit 7...16 mm}} \quad (4.2.)$$

Cantitatea în greutate a fiecărui sort de agregat rezultă prin înmulțirea volumului fiecăreia cu densitatea aparentă a granulelor din sortul respectiv.

Un alt element determinant în obținerea unor compoziții corect stabilite la betoanele ușoare cu granulit, este cantitatea apei de amestecare, care, datorită proprietăților de absorbție ale granulitului, diferă față de cea a betonului obișnuit.

La aceste betoane, în afară de cantitatea de apă necesară hidratării cimentului și asigurării lucrabilității betonului, trebuie stabilită și cantitatea de apă absorbită de granulit. Stabilirea cantității acestei ape, cât mai apropiate de cea efectiv necesară, are o influență dublă. Astfel, aceasta afectează pe de o parte, lucrabilitatea amestecului, prin cantitatea apei libere în momentul compactării, iar pe de altă parte, prin modificarea densității aparente a granulelor, influențează densitatea aparentă a betonului.

Din literatura de specialitate cit și din studiile proprii prezentate în cap.2, rezultă că la betonul ușor cu granulit de Lugoj, la cantitatea de apă introdusă în calculul inițial, trebuie să se adauge cantitatea de apă necesară asigurării absorbției granulitului în intervalul de timp între preparare și punere în operă, diminuată cu cantitatea de apă conținută de agregate în momentul introducerii lor în betonieră.

#### 4.1.2. Etapele de stabilire a compoziției betonului.

Stabilirea compoziției betoanelor cu agregate ușoare în general, și în caz particular, a celor cu granulit, se face în etape succesive.

În prima etapă, pe baza formulei (4.1.) și a prevederilor din /96/, se stabilește în laborator compoziția etalon în unități de volum și respectiv în unități de greutate, cu agregate considerate în stare uscată.

În etapa a doua, pornind de la compoziția etalon, și ținând cont de umiditățile reale pe sorturi a agregatelor, în momentul dozării și de cantitatea apei absorbite de acestea, în intervalul de timp între preparare și punere în operă, se stabilește tot în laborator, compoziția de lucru, în unități de greutate. Pe amestecuri realizate cu rețete stabilite pe baza compoziției de lucru, se verifică realizarea caracteristicilor betonului în stare

proaspătă și întărită, făcând corecțiile necesare.

Tot în această etapă, concomitent cu testele prevăzute în /96/, se face verificarea randamentului amestecului de beton proaspăt, realizat pe baza compoziției de lucru. Experiența de peste 10 ani a efectuării acestui test, în laboratoarele TAGCM Timiș /102, /425/, a arătat că acesta dă indicații imediate asupra diferențelor în plus sau în minus, ce există între densitatea aparentă reală în stare uscată și cea luată în calcul la stabilirea ponderii în greutate a sorturilor de granulat. Rezultatele obținute, permit corectarea compoziției, evitând de la început, erorile ce se produc, în stabilirea dozaajului de ciment, respectiv folosirea nerățională - în cazul unui randament scăzut - a capacității nominale a mijloacelor de amestecare.

Cantitățile totale de apă absorbite de sorturile de granulat, respectiv cantitățile în unități de greutate a sorturilor în compoziția de lucru, se stabilesc cu ajutorul umidităților optime (cap. 2 pct. 3). Experiența din producție a arătat că nivelul optim de umiditate (umed. optim = 9,30 %) - realizat în cazul presectării granulatului cu puțin timp înainte de introducerea acestuia în betonieră - simplifică metoda de stabilire a compoziției, permițând renunțarea la determinarea repetată a umidității granulatului și asigură realizarea corespunzătoare, fără variații semnificative, a densității, lucrabilității și a rezistenței betonului întărit /61/, /126/, /130/, /146/, /148/, /153/, /159/.

În etapa a treia, se face controlul compoziției de lucru și corelarea ei cu variațiile aleatoare ale caracteristicilor granulatului și ale condițiilor de mediu respectiv a tehnologiei reale. Acestea se efectuează la începerea producției curente și pe tot parcursul ei.

Pentru a putea asigura reproducibilitatea în producție curentă, la un nivel corespunzător de omogenitate, s-a caracterizat - oilor fizico-mecanice ale betonului ușor cu granulat, prevăzute prin compozițiile stabilite în laborator într-un studiu desfășurat pe o perioadă mai îndelungată de timp și asupra unui volum important de beton ușor /146/, /153/, s-au identificat factorii de influență și implicațiile acestora asupra stabilității compoziției betonului.

Pe această bază, ținând cont și de rezultatele unor studii și cercetări efectuate în această direcție în țară /95/, /115/, /133/, /316/, /319/, /329/, și în străinătate /10/, /12/, /47/, /91/, /167/, /169/, /173/, /216/, /218/, /295/, /278/, /354/, s-a perfecționat și introdus în practică la TAGCM Timiș un sistem de control al la corela-

lere operativă s compoziției betonului ușor de granolit cu variațiile aleatoare ale caracteristicilor granolitului și a tehnologiei de preparare, transport și punere în operă a betonului.

Sistemul bazat pe relația de bază(4.1) a metodei volumelor absolute, permite depistarea preventivă și corectarea operativă a abaterilor constatate în proprietățile betonului proaspăt. El constă în verificarea la preparare a densității aparente a betonului proaspăt, concomitent cu determinarea gradului de compactare Waltz al acei tuis. Astfel, rezultatele celor două teste, au devenit, la T-AGCM Timiș, condiții de recepție la livrarea betonului proaspăt /153/.

Verificarea se efectuează într-un vas prismatic din tablă, cu dimensiunile de 20x20x40 cm, astfel încât determinând volumul inițial al acesuia,  $V_0$ , greutatea proprie a vasului gol,  $G_0$  și - pentru șarja de beton  $j$  - greutatea vasului plin,  $G_j$ , simultan cu determinarea gradului de compactare  $G_{oj}$ , se poate calcula și densitatea aparentă a betonului proaspăt  $b_j$ , din aceeași șarjă  $j$ , cu relația:

$$b_j = \frac{(G_j - G_0) \times G_{oj}}{V_0} \quad (4.3)$$

unde:  $G_{oj} = \frac{40}{h_j}$  (4.4)

în care:  $h_j$  = înălțimea betonului în vas în cm, rămăsă constantă după vibraere.

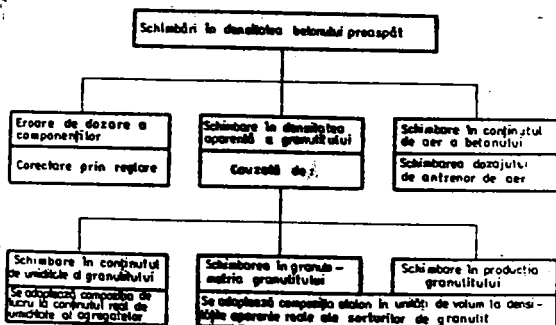


Fig. 4.2. Cauzele și măsurile de corectare a schimbărilor în densitatea betonului ușor cu granolit

Cauzele unor diferențe la densitatea aparentă a betonului ușor de granolit proaspăt, care apar între valoarea reală determinată a acestei caracteristici și cea rezultată din compoziția de lucru, respectiv măsurile de corectare necesare de luat pentru eliminarea lor,

sunt prezentate sintetic în fig.4.2.

Pentru a putea asigura menținerea caracteristicilor betonului proaspăt, în intervalul de timp între preparare și punere în operă, în afara preparării, controlul se efectuează și la punerea în operă a betonului. Astfel, la sosirea pe șantier se

determinat gradul de compactare și în funcție de variația acestuia a fost reglată cantitatea de apă de adăos/153/. Prin această măsură, se pot compensa și influențele factorilor de mediu și tehnologici ca: variațiile de temperatură, precipitațiile, durata de agitare în autobetonieră în timpul transportului și altele.

Ca rezultat al aplicării acestui sistem de lucru s-a îmbunătățit simțitor gradul de omogenitate a betonului cu granulat, atât în stare proaspătă (fig.4.11), cât și în stare întărită (tabelul 4.11).

Metoda propusă constituie pentru executanți - în comparație cu metodologia actuală de control ulterior, efectuată asupra betonului întărit - un sistem de control simplu și eficient pentru stăpânirea calității betonului, având, pe lângă operativitate și un caracter preventiv, conducând la decizii imediate privind modul de conducere a procesului tehnologic din stațiile de betoane, avertizând asupra dereglărilor și oferind indicații de corectarea acestuia, pentru a fi stabil în timp.

#### 4.2. Proasarea betonului

##### 4.2.1. Depozitarea și transportul granulatului în stații de betoane.

Din experiența de peste zece ani de utilizare, pe scară industrială, la TAGCM Timiș, a betonului ușor cu granulat de Lugoj /48/, /61/, /116/, /125/, /129/, /146/, a rezultat că în depozitele stațiilor de betoane în sfera creării compartimentelor suplimentare necesare pentru primirea și depozitarea pe sorturi a granulatului, nu sînt necesare alte amenajări, speciale (fig.4.3.), iar transportul pe orizontală și verticală se poate realiza cu dotările de la agregate grele (fig.4.4).

S-a observat însă o separare (segregare) naturală a granulelor de agregat ușor în procesul de depozitare, manipulare și haldare a granulatului. Astfel, s-a constatat că, în contrast cu agregatele de balastieră, particulele de granulat cu dimensiuni mai mici, dar mai grele, se grupează la baza haldei, iar cele cu dimensiuni mai mari, ușoare, rămîn la partea superioară a ei (fig.4.5.).



Fig.4.3. Depozitarea pe sorturi a granului la TAGOM Timiș.



Fig.4.4. Transportul pe orizontală a granului la TAGOM Timiș.



Fig.4.5. Segregarea în halde a granului.

Rezultatele determinărilor făcute asupra unor probe de granulat 0...20 mm, recoltate de la baza, respectiv vârful haldei, sînt redată în tabelul 4.1, diferențele în procente de greutate la conținutul de sort 0... 10 mm și respectiv 10... 20 mm, dintre cele două zone, depășind 39%.

TABELUL 4.1

Locul zonei de recoltare	Greutate probe kg	Conținut de sort					
		0-1mm		1-5mm		5-10mm	
		kg	%	kg	%	kg	%
De la baza haldei	500	254	0,60	271	0,25	230	0,65
De la suprafața haldei	500	-	-	304	0,60	252	0,65
Diferențe	000	-004	-0,02	-017	-0,05	-0,22	-0,06

Cu urmarea acestui fenomen, în procesul de producție, se pot realiza amestecuri de beton neomogene, d.p.v. al agregatelor.

Pentru evitarea, respectiv reducerea influenței acestui fenomen la depozitarea granului, este necesară luarea următoarelor măsuri:

- divizarea în trei sau minimum două sorturi a granului 0... 10 mm, respectiv 0... 20 mm, chiar și în cazul în care granulometria amestecului total de agregate este corespunzătoare, că prin aceasta să se reducă raportul între dimensiunile maxime și minime ale granulelor agregatului manipulat;

- fracțiunile de agregat sortat se vor depozita în halde separate;

- acordarea unei atenții mari amplasării și dispunerii granului în halde, întinzându-l cu ajutorul buldozerelor, în straturi orizontale cu grosimi elementare de maximum 30 cm grosime.

Lăsat de separarea pe sorturi, se consideră, că utilizarea



s numai două sorturi de granulit, așa cum se arată și în /326/, este posibilă datorită conținutului relativ scăzut, între 2,50 - 7,20%, de granule sub 3 mm a sortului 0...10 mm (cap.2.2.2), practic agregatul total fiind format din trei sorturi de agregate și anume: nisipul de balastieră 0...3 mm și cele două sorturi de granulit 0...10 mm (practic 3...10 mm) și 10...20 mm rezultă, că în acest caz, repararea în două sorturi elementare (0...3 mm și 3...10 mm), a sortului 0...10 mm de granulit, ar măări nejustificat numărul total de sorturi de agregate din depozit și ar complica mult procesul de manipulare a acestora, fără a avea o influență semnificativă asupra omogenității betonului /153/.

Pe viitor, pentru a putea generaliza acest sistem de lucru, se propune sortarea în acest fel, încă din fabrică a granulitului, eliminând sortul 0...3 mm, conținând mult praf și multe granule slabe și moi sparte după ardere (fără crustă rezistentă vitrificată).

La haldarea și manipularea granulitului în depozitele bazelor de producție ale trustului, determinările efectuate, conform STAS 4606-80, pe sortul 10...20 mm, pe probe luate din vagoanele C.F. și din silozul de zi, ale stației de betoane, au evidențiat creșterea, în cursul acestor operații, cu 2,4-2,2% a procentului de granule sparte /145/. Procentul maxim s-a înregistrat la baza de producție din str. Benetriadă, unde, transportul pe verticală a granulitului se face cu elevator care cu cupe, față de baza din Pratelis, la care, atât transportul pe orizontală, cât și pe verticală, se realizează cu ajutorul benzilor transportoare, demonstrând avantajul din acest punct de vedere, al acestui sistem de transport în cazul granulitului.

#### 4.2.2. Contribuții la stabilirea tehnologiei optime de preumectare a granulitului.

Preumectarea granulitului înainte de folosirea la prepararea betonului are o deosebită importanță în realizarea corepunzătoare a batcanelor ușoare (cap.2).

Având în vedere faptul că normativele din țară /96/, /191/, precum și cele din străinătate /10/, /11/, /47/, /96/, /354/, /360/, nu conțin prescripții detaliate referitoare la modul de preumectare a agregatelor ușoare, pentru stabilirea modelității de realizare a ecatei operații, în cazul utilizării granulitului de Lugoș, au fost efectuate cercetări de laborator și experimentări în condițiile reale din stațiile de betoane ale TAGOM Timiș /116/, /146/, /149/, /153/, /193/.

Au fost experimentate și analizate pentru modalități practice de preumectare.

1. Stropirea cu apă în haldele din depozit, realizată fie manual, cu ajutorul furcunului de cauciuc prevăzut la capăt cu o duză de dispersare a apei, fie mecanizat, cu un aspersor utilizat în irigații.

Pentru uniformizarea umidității granulitului, pe înălțimea haldei, acesta a fost vânturat mecanizat.

Urărirea eficacității acestui procedeu, s-a făcut prin determinarea umidității unor probe recoltate din zonele caracteristice ale haldei, pe timp de vară, la temperatura de 20-26°C, (tabelul 4.2.).

Tabelul 4.2

Umiditatea efectiv instalată (% de greutate)		
Locul (zona) de recoltare a probei în haldă		
În suprafață	În zona centrală	La baza haldei
8,7	9,9	12,5

S-au constatat diferențe relativ mari ale umidității granulitului din diferite zone ale haldei, sistem de udare nesigurând o umezire suficient de uniformă a agregatului.

În plus, datorită faptului că această umezire se realizează cu mult timp înainte de utilizarea granulitului la prepararea betonului - pe baza celor stabilite în cap.2.2.4. asupra modului de distribuire a apei absorbite în interiorul granulelor de agregat poros - acest procedeu conduce la variații importante a lucrabilității betonului proaspăt, iar în cazul unor amestecuri de consistență redusă, la reducerea cantității cimentului hidratat din betonul întărit.

De asemenea, s-a constatat că temperatura aerului exterior influențează umiditatea granulitului, realizându-se o umiditate de echilibru în agregat, în funcție de temperatura aerului și de adâncimea în grămadă. Din sondajele efectuate la stația de beton nr 2 a Antreprizei nr.4 Timișoara a TAGOM Timiș, s-au obținut, pe sorturile de granulit aflate la 0,50 m adâncime, de la suprafața haldei, datele din tabelul 4.3.

TABELUL 4.3

Sortul	Determinarea	Umiditatea în % pentru temperatura de		
		10°C	20°C	25°C
0-10 mm	1	11,5	10,5	9,1
	2	12,0	11,0	8,5
	3	11,8	11,0	9,0
	media	11,4	11,0	8,9
10-20 mm	1	9,0	8,5	7,0
	2	9,8	9,2	7,5
	3	9,5	8,4	7,5
	media	9,1	8,7	7,5

Concluziile menționate sînt în concordanță cu o serie de constatări făcute în acest domeniu în țară/102/, /103/ și străinătate/55/, /331/, /351/, /354/.

Avînd în vedere deficiențele acestui procedeu, se recomandă limitarea folosirii lui în cazurile de preparare necentralizată a betonului, la puncte de lucru izolate.

2. Stropirea cu apă a granului de pe banda de alimentare a silozului de agregate din stația de betoane, efectuată cu o cantitate măsurată de apă, la nivelul optim (cap. 2.), cu ajutorul unui dispozitiv de umectare semiautomat (fig. 4.7 și 4.8), montat deasupra benzii de alimentare, care constituie obiectul inovației autorului/162/.

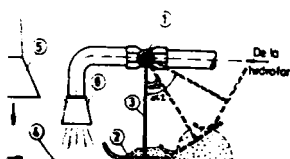


Fig. 4.7 Dispozitiv pentru preumectarea granului.  
1-cana VT; 2-palpat; 3-tijă; 4-banda transportoare; 5-jet de apă



Fig. 4.8. Dispozitiv semiautomat de umectare pe bandă a granului.

tă și uniformă a granului, cu puțin timp înainte de folosirea acestuia la prepararea betonului; la sondajele efectuate obținându-se variații de umiditate în granuli sub 1%, avantaje care au determinat introducerea lui la stațiile de betoane ale TAGOM Timișoara/161/.

3. Stropirea cu apă în silozul de agregate ale stațiilor centrale de betoane, cu ajutorul unei conducte de distribuție, în formă de inel, prevăzută cu găuri, pentru distribuirea mai uniformă a apei, amplasată deasupra nivelului maxim al granului

În situația în care, gura de descărcare a buncărului de granuli (5) este închisă și banda transportoare (4) nu primește încărcătură de material, tijele (3) are o poziție verticală, cu palpatorul (2) atârând liber deasupra benzii. În această poziție, admisia apei prin intermediul canelei (1) este oprită. La deschiderea gurii de descărcare, banda transportoare (4) în mișcare, este o cantitate de granuli, sub forma unui strat de grosime variabilă, în funcție de mărimea secțiunii libere a gurii de descărcare (5). Stratul de granuli de pe bandă, în deplasarea lui scotonează asupra palpatorului (2) și prin înclinarea lui deschide calea apei prin cană (1). Unghiul de înclinare al tijei palpatorului variază proporțional cu grosimea stratului de granuli de pe bandă și prin această modificare poziția capului canelei, reglând astfel debitul de apă pentru apă proporțional cu cantitatea de granuli aflat pe bandă. Dispozitivul elimină manopere la stropire și asigură preumectarea controlată

din siloz este reglat.

Determinările efectuate pe probele de granulat recoltate de sus, în jos, din puncte situate la cote diferite pe înălțimea silozului și la cote diferite, în cursul unei zile de lucru, au indicat variații mari în umiditatea granulatului, înregistrându-se umidități ale acestuia (în procent de greutate) între 8 și 15%, rezultând că sistemul nu permite premezirea controlată și uniformă a granulatului. Pe lângă variațiile mari ale umidității agregatului, în zonele inferioare ale silozului - în cazul unui consum redus de agregat, în anumite perioade ale zilei (de ex: noaptea) - granulatul în urma unei umectări excesive, a ajuns în stare complet saturat cu apă, situație nerecomandată (v. cap. 2).

4. Premectarea în betonieră a granulatului, s-a realizat prin aplicarea următoarei ordini de introducere în betonieră a componentilor betonului (stabilită la pct. 4.2.4.1.):

- agregatele și  $\frac{1}{3}$  din cantitatea de apă, în funcție de umiditatea inițială reală a agregatelor și amestecarea lor prealabilă, timp de cca 1 minut;

- cimentul și restul de apă, conținând amestecarea cca 1 minut, în cazul betonierelor cu amestec forțat și respectiv 2 minute, în betoniere cu cădere liberă.

Procedul, cu condiția prelungirii timpului de amestecare cu un minut, necesar pentru premectarea în betonieră a granulatului, asigură o umectare uniformă a acestuia la nivelul optim stabilit în cap 2 la pct. 2.2.4.

În cazul utilizării dozatoarelor de apă tip, standardezate, din dotarea stațiilor de betoane din țară, procedul necesită determinarea foarte frecventă a umidității variabile a granulatului și corectarea în funcție de aceasta, a cantității totale de apă de adăos, operații, care necesită mult timp și care sînt greu de realizat în practică.

Acest neajuns a fost înlăturat prin utilizarea dozatorului de apă automat, descris detaliat la pct. 4.2.3.2. În acest caz, apa se adaugă automat de dozator, în funcție numai de consistența prescrisă a betonului.

Aplicarea în practică, timp de peste 10 ani, a acestui procedeu simplu/146/, /153/, /159/, a demonstrat că acesta asigură menținerea cu modificări nesemnificative, a consistenței betonului proaspăt, în intervalul de timp între preparare și punere în operă.

#### 4.2.3. Dozarea componentilor betonului

La prepararea betonului ușor cu granulat dozarea com-

convenșilor are o importanță mare.

#### 4.2.3.1. Dozarea granulitelui

a. Dozarea gravimetrică, în cazul utilizării granulitelui umezit uniform, această operație nu a prezentat dificultăți în aplicarea ei în practică. Astfel, coeficienții de variație a densității aparente în stare proaspătă și întărită, respectiv a rezistenței la compresie la 28 zile, prezentați în tabelul 4.1.1, rezultați din interpretarea statistică a rezultatelor obținute pe sem. I. 1973, pe betoane BG200-BG300, realizate la TAGCH Timiș, /146/, /153/, atestă o omogenitate foarte bună.

A rezultat însă că o subapreciere a conținutului de apă din agregatul ușor umezit neuniform, poate conduce la creșterea nereșionabilă a consumului de ciment, deoarece la dozarea în greutate a agregatelor ușoare, volumul acestora rezultă mai mic și prin aceasta se micșorează și volumul amestecului de beton, la același dozaj de ciment. În cazul realizării unei umeziri a granulitelui, sub valoarea avută în vedere la stabilirea compoziției betonului, se ajunge la subdozarea cimentului și la neobținerea mărcilor prevăzute /146/, /149/, /153/, /159/. Rezultă că pentru a evita producerea de erozi mari, la dozarea agregatelor poroase umezite neuniform, este necesar un control continuu al umidității acestora, ceea ce este destul de dificil de realizat în practică.

b. Dozarea volumetrică a granulitelui a fost aplicată numai la punctele de lucru izolate, unde din motive tehnico-economice, nu s-a putut realiza umezirea uniformă a agregatului ușor (de exemplu la hotelul de la Muntele Mic/165/.

A rezultat că acest procedeu are avantajul de a nu fi sensibil la variațiile de umiditate ale agregatului, dând abateri mai mici (v. cap. 7), dar în schimb, aducând complicații la dozare și un consum de manoperă mai mare și respectiv o productivitate redusă.

#### 4.2.3.2. Dozarea apei

O importanță deosebită în dozarea apei o are umiditatea agregatelor poroase și modul cum se ține cont de ea.

Se cunosc mai multe procedee de dozare automată a apei, care țin cont de umiditatea agregatelor /134/. Acestea işu în considerare influența variației umidității agregatelor prin măsurarea umidității acestora înainte de introducerea lor în betonieră (procedee electrice/228/, nucleare, pe bază de radiații infraroșii, etc.) sau prin măsurarea consistenței betonului în malaxor, în timpul amestecării, bazate pe variația unui parametru

electric (intensitate sau putere) a motorului sau pe variația vitezei de rotație a sistemului de amestecare al malaxorului/99/, /110/, /153/, /216/, /233/, /285/, /292/, /333/.

Procedeele electrice, aplicabile numai pentru medii cvazi-continue, cu un număr mare de puncte de contact, nu pot fi aplicate în cazul folosirii agregatelor ușoare, la care cea mai mare umiditate este absorbită în granulele cu diametru mai mare de 3 mm, care reprezintă un mediu discontinu la trecerea curentului electric.

La măsurarea umidității agregatelor ușoare, din procedeele de dozare din prima categorie, se pot aplica numai procedeele nucleare, măsurând, cu o precizie ridicată, întreaga cantitate de apă absorbită și adsorbită de agregate. Aplicarea acestor procedee, în stațiile de betoane, prezintă însă dificultăți importante, legate de prețul de cost ridicat, de calificarea specială a personalului de deservire, precum și de măsurile speciale de protecție muncii/333/.

Procedeele de dozare a apei, bazate pe legătura dintre variația vitezei de rotație a sistemului de amestecare al malaxorului și consistența betonului, nu se pot utiliza în mod curent în producție, datorită costului ridicat al aparatajului și al întretinerii acestuia, precum și din cauză complicațiilor ce apar la aplicarea acestuia /282/, /333/.

Procedeele de dozare a apei bazate pe legătura dintre consistența betonului și un parametru electric al motorului malaxorului (putere sau intensitate) datorită simplității și costului redus al aparatajului și respectiv a siguranței în exploatare, s-au dovedit cele mai viabile în practică, motive pentru care a fost folosită de IAGCM Timiș/77/, /146/, /153/, /159/, /333/.

4.2.3.2.1. Procedeu bazat pe legătura între consistența betonului și puterea consumată de motorul malaxorului, pleacă de la constatarea că există o legătură de proporționalitate între puterea consumată de motorul malaxorului ( $P$ ), consistența betonului și cantitatea de apă introdusă în beton ( $s_p$ )/99/. În condiții egale, unei anumite valori  $P$  îi corespunde întotdeauna aceeași consistență. Dozarea apei se poate face astfel din condiția realizării unei anumite consistențe, prescrisă în prescripții.

Dozarea apei, în cadrul experimentărilor/153/ s-a realizat automat, cu ajutorul aparatului de dozare a apei ADA-1 din fig.4.9, realizat și brevetat de I.Ș. Timișoars, în colaborare cu IICPBC Filiala Timișoara/285/.

Cercetările s-au efectuat în condiții de producție curentă la o stație de betoane tip Nicolina, dotată cu malaxoare cu ax vertical, de 500 l. capacități.

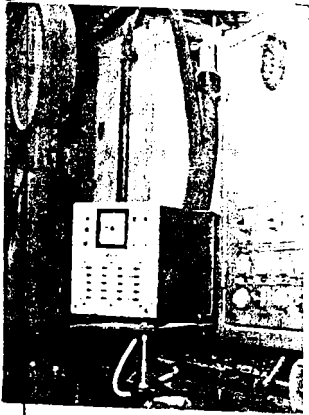


Fig.4.9. Dozatorul automat de apă ADA-1.

Procedeeul a fost aplicat atât la betoane bignuile grele cî și la betoane ușoare cu granuilit de lungoj. În ambele cazuri, s-au recoltat probe pentru stabilirea consistenței betonului.

Rezultatele experimentărilor cu betoane obișnuite grele, la care dozarea apei s-a făcut cu ADA-1, sînt reprezentate în histograma de frecvență din Figura 4.10, în care variațiile răspîndirii  $R_p$ , față de valoarea prescrisă sînt exprimate în cm.

Se observă că acestea se caracterizează printr-o distribuție de tip Gaussian, cu un maxim clar conturat, cu gruparea strîns a rezultatelor în jurul acestei valori. Peste 95% din totalul rezultatelor s-au

situat într-un interval de răspîndire de  $\pm 3$  cm. Cauzele imprăcițiilor pot fi atribuite atât erorilor inerente ale procedeeului cît și celor sferele determinării consistenței betonului prin metoda răspîndirii.

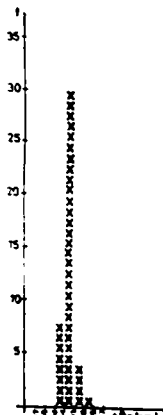


Fig.10 Distribuția consistenței betonului cu agregate obținute marca B250

Determinarea stabilității procedeeului s-a efectuat în două etape:

În etapa I(1975), s-a utilizat granuilit nepreumectat, iar dozarea apei s-a realizat cu prototipul instalației ADA-1, la care acționarea vanelor pentru admisia, reducerea debitului și oprirea admisiei apei, s-a făcut manual, pe baza semnalelor optice emise de dozator. Variația răspîndirii betonului este reprezentată în fig.4.11.a.

În etapa II(1978), s-a folosit granuilit preumectat uniform, iar dozarea apei s-a făcut complet automat, de ADA-1, aceasta comandînd direct deschiderea vanelor, reducerea debitului și oprirea admisiei apei. Variația răspîndirii betonului este reprezentată în fig.4.11.b.

Comparația făcută între distribuțiile rezultatelor înregistrate în cele două etape, arată că imprăcițiile înregistrate

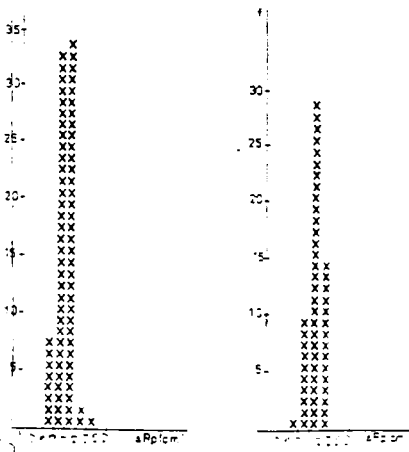


Fig. 4.11. Distribuția consistenței betonului ușor cu granuli de Lugo, B6 250  
a) cu granuli nepreumechtați  
b) cu granuli preumechtați

în etapa II-a, datorită preumechierii granuliților și cenzurilor complet automate ale distribuției apei sînt mai reduse.

4.2.3.2.3. Procedeele bazate pe legătura între consistența betonului și intensitatea curentului consumat de motorul malaxorului sînt în considerare corelațiile dintre puterea absorbită din rețea, de cître motorul electric al malaxorului și consistența betonului. Parametrul electric folosit în acest caz este intensitatea curentului din relația:

$$P = U \cdot I$$

în care: P= puterea absorbită din rețea de cître motorul malaxorului;

U= tensiunea curentului;

I= intensitatea curentului (4.4)

Ținînd cont de faptul că în rețelele dimensionate corect, tensiunea curentului este constantă, există o legătură directă între intensitatea curentului și consistența betonului din malaxor, reprezentată în graficul din figura 4.12, ridicat pe baza măsurătorilor efectuate în stația de betoane.

Schema de funcționarea instalației de dozare a apei pe principiul prezentat/63/ este reprezentată în figura 4.13.

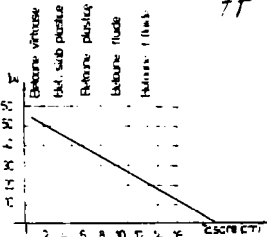


Fig. 4.12. Corelația dintre puterea curentului absorbit din rețea de motorul malaxorului și consistența betonului

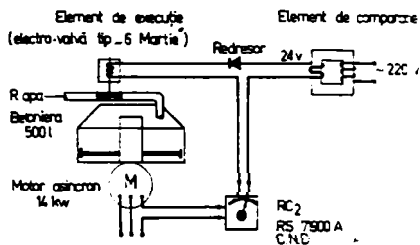


Fig. 4.13. SCHEMA DE MONTAJ în dozatorul de apă automat tip IMJ

Cît timp, în cursul preparării betonului, valoarea intensității curentului nu depășește valoarea aferentă consistenței prescrise, circuitul de alimentare al electrovalvei este deschis, iar valva este blocată. În timpul încălzirii gîrjei uscate în betonieră, cînd valoarea critică a intensității este atinsă,



releul R.C.2 închide circuitul electrovalvei ,aceasta se deblochează și permite trecerea apei din rețea în betonieră.Ca urmare,betonul devine din ce în ce mai plastic,pînă cînd intensitatea curentului în scădere,revine la valoarea prescrisă consistenței prevăzute, la care, releul acționează din nou prin deschiderea circuitului secundar,iar valva se blochează,opriind accesul apei în betonieră.

Evoluția în timp a intensității curentului pentru un ciclu de lucru, la prepararea unei garje de beton, de consistență dată este dată în figura 4.14.

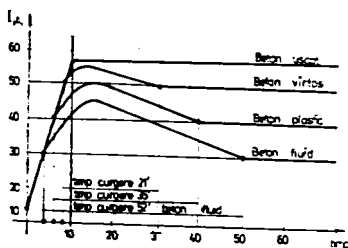


Fig.4.14 Variatia CURENTULUI STATORIC în timp la prepararea unei garje la dozatorul de apă automat tip TCM1.

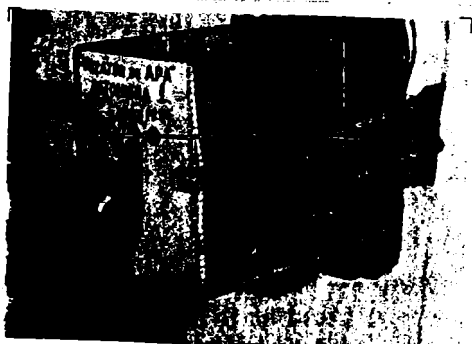


fig.4.15.  
Dozatorul automat de apă  
TAGCM Timiș.  
granulit nepreumezit uniform.

Creșterea mărimii imprăgțierilor la betoanele ușoare preparate cu granulit nepreumezat uniform a fost determinată de variația absorbției ulterioare de apă ale granulitului,ceea ce a provocat variații ale consistenței betonului.

Utilizarea procedurii permite eliminarea în întregime a influenței variației cantității apei de umectare(de suprafață) a granulelor de agregat asupra raportului efectiv de a/c și respectiv asupra consistenței betonului proaspăt,nefiind necesară asigurarea suprafeței uscate a agregatelor ușoare în momentul

7 Ținînd cont de fiabilitatea, volumul și prețul de cost redus al instalației, prezentată în fig.4.15, aceste a fost brevetat la OSIM/77/, fiind în prezent generalizată la toate stațiile - toane ale TAGCM Timiș/153/.

Procedul de dozare ține cont de umiditatea naturală a agregatelor și asigură prepararea unor betoane cu consistența practic constantă. Variația consistenței betonului(determinată prin metoda răspîndirii)fiind de  $\pm 3$  cm, stit la betoanele grele,cît și la cele ușoare preparate cu granulit preumezat uniform,la umiditatea optimă și  $\pm 4$  cm,la betoanele ușoare cu

dozării acestora, condiție cerută, în cazul aplicării metodelor de dozare gravimetrică a apei/223/,/318/,/323/,/329/.

Reglând cantitatea necesară a apei de adăos, în ultima parte a amestecării betonului, procedeul permite respectarea ordinei optime de introducere în betonieră a componentilor, stabilită la pct.4.2.4.1 și ține cont și de cantitatea de apă absorbită de agregatul poros, din apa de amestecare, în timpul preparării. Astfel, determinarea proporției componentelor betonului în cazul aplicării acestui procedeu, se poate face ținând cont numai de cantitatea de apă absorbită de agregatul poros înainte de dozare, prin luarea în calcul a densității aparente reale a granulelor, fără pericolul apariției unor variații semnificative în consistența betonului produsă și în rezistența celui întărit, în dozare, datorită unei deosebite porozități a granulelor, respectiv datorită absorbției de către agregatul poros a unei cantități din apa de amestecare în cursul preparării.

Introducerea în practica curentă a dozatorului de apă automat experimentat nu necesită modificări în stațiile de betonare, are o precizie mare și contribuie la eliminarea erorilor datorate unor cauze subiective, permițând obținerea calității betonului încă în betonieră, conform/101/, oferind executanților un instrument simplu și eficient pentru asigurarea calității betonului ușor.

#### 4.2.4. Amestecarea betonului

În cadrul programului de cercetare s-a urmărit influența pe care o are, asupra caracteristicilor și omogenității betonului ușor cu granulat de Lugoș, următorii factori tehnologici, legați de realizarea betonului: ordinea de introducere în betonieră a componentelor; durata de amestecare și tipul mijlocului de amestecare.

Cercetările au fost efectuate asupra betonului ușor cu granulat mare BG-250, cu compoziția indicată în tabelul 3.1. de la cap.3. Influența factorilor amintiți a fost studiată prin determinarea caracteristicilor betonului produs (densitatea aparentă, consistența, granulocitatea a agregatelor și cantitatea de apă absorbită în betonieră și după amestecare și temperatura betonului produs și ale betonului întărit, densitatea aparentă și consistența la comprimare la 28 zile).

A fost verificat, în plus, omogenitatea betonului, exprimată în baza testului, prevăzut pentru betoane preparate în stații de betonare, din standardul I.S.I. C.94-72/223/, prin diferențele constatate în caracteristicile agregatelor de beton recoltate din fluviul de betonare în stațiile de dozare betonieră, din prime și respectiv

a cincea șesime a încălțurii acestora.

4.2.4.1. Ordinea optimă de introducere în betonieră a componentilor.

Studiile efectuate pe plan mondial/15/,/47/,/174/,/223/, /264/,/324/, precum și la noi în țară/96/,/102/,/293/,/317/,/318/, semnalează faptul, că absorbția și viteza de absorbție a apei, de către agregatele ușoare porcease, schimbă ordinea obișnuită de introducere a componentilor în betonieră, cunoscută de la prepararea betoanelor obișnuite grele. Pentru stabilirea ordinii optime de aplicat în cazul utilizării granului de Lugoj, la prepararea betoanelor, a fost efectuat un program experimental care a cuprins studiarea a trei variante de introducere a componentilor în betoniere, cu amestec forțat, folosindu-se ca și durată de amestecare timpuri de 35, 60, 90, 120, 150 și 240 secunde.

Varianta I, a constat în prepararea, într-o primă etapă a unui lapte de ciment, cu întreaga cantitate de ciment și apă calculate și adăugarea la acesta a agregatelor, efectuând apoi amestecarea cu duratele prevăzute în programul de cercetare.

TABELUL 4.0

Varianta	Ordinea de introducere a componentilor în betonieră	Durată amestecării în sec.	Densitatea aparentă la 28 zile kg/m <sup>3</sup>	Rezistența la compresiune a betonului la 28 zile daN/cm <sup>2</sup>	Sporul de rezistență în %
I.	Se amestecă în prealabil cimentul și apa lapte de ciment și apoi se introduc agregatele	35	1961	233	103
		60	1967	233	103
		90	1982	233	103
		120	1988	233	103
		150	1993	233	103
		240	1970	233	103
II.	Se introduce simultan agregatele și cimentul și amestecă și apoi se adăugă apă	35	1915	237	107
		60	1917	238	107
		90	1981	237	107
		120	1980	237	107
		150	1979	237	107
		240	1975	238	107
III.	Se introduce agregatele apoi în apă, se amestecă și apoi se adăugă restul de apă	35	1966	233	103
		60	1967	233	103
		90	1970	233	103
		120	1973	234	103
		150	1975	234	103
		240	1981	235	103

\* Exclusiv timpul de preamestecare de 60 sec

Varianta II, care corespunde practic cu ordinea de introducere a componentilor aplicată la prepararea betonului obișnuit greu, a constat în introducerea simultană și amestecarea împreună, în prima etapă, timp de cel puțin un minut, a agregatelor și a cimentului și adăugarea apoi a apei, continuând amestecarea până la duratele testate.

Varianta III, a constat din introducerea, într-o primă etapă, a agregatelor (începând cu fracțiunile cele mai mari până la cele mai fine) și a  $\frac{1}{2} \dots \frac{2}{3}$  parte din apa de amestecare și relaxarea lor împreună, timp de cel puțin un minut și adăugarea, în etapa a doua, a cimentului și a restului de apă, continuând amestecarea până la duratele prevăzute în programul de cercetare.

Rezultatele determinărilor sînt prezentate în tabelul 4.4, iar variația rezistenței la compresiune a betonului cu durata amestecării în fig. 4.16.

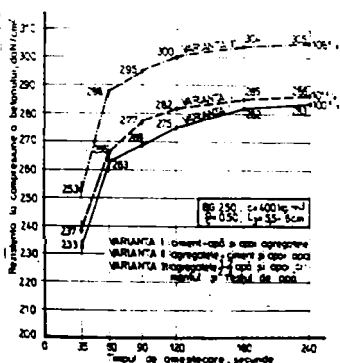


Fig. 4.16 Variația rezistenței la compresiune a betonului ușor cu granuli în funcție de timpul de amestecare și de ordinea de introducere a componentilor în betonieră

Rezultă că în varianta III se obțin sporuri de rezistență de 8%, în comparație cu varianta I și respectiv de 5-7% față de variante II, sporuri de rezistență asemănătoare fiind semnalate și în /264/, /324/, la aplicarea succesiunii din varianta III, la prepararea betoanelor ușoare din zgură. Această variantă este recomandată și pentru prepararea betoanelor ușoare cu argilă expandată /11/, /47/, /83/, /174/, /183/, /246/, /264/, /319/, /354/.

Rezultatele bune obținute în varianta III, au fost confirmate și la prepararea betonului ușor cu granulat, în bazele de producție ale TAGOM Timiș/146/.

**4.2.4.2. Influența duratei și a timpului mijlocului de amestecare.**

La prepararea betonului s-a aplicat succesiunea de introducere a componentilor din varianta III-a, stabilită la pct. 4.2.4.1, folosindu-se 2/3 din apă la preamestecarea componentilor, determinând caracteristicile betonului proaspăt la: 30, 60, 90, 120, 150 și 240 secunde.

Pentru obținerea informațiilor referitoare la schimbările ce se produc, în urma amestecării, în granulozitatea granulatului (agregat ușor cu o fragilitate relativ mare), prin mărunțirea sorturilor grosiere, s-a determinat granulozitatea agregatului, înainte și după malaxare.

Acste determinări au fost făcute pentru următoarele cazuri:

- la malaxarea numai a granulatului, fără introducerea în betonieră a restului de componente și betonului (cazul a);
- la amestecarea granulatului împreună cu nisipul de balastieră, fără adăugarea cimentului și a apei (cazul b);
- la amestecarea împreună a tuturor componentelor betonului (cazul c).

S-a urmărit, de asemenea, modificarea granulometriei și granulozității în funcție de variația distanței dintre paletele și fundul cuvei betonierei cu amestecare forțată.

TABELUL C.4

Timpul de amestecare, sec.	Amestecare în betonieră cu apă (laborator) (100)			Amestecare în betonieră cu apă (laborator) (100)		
	Temperatura, °C	Densitatea aparentă la proaspăt, kg/m <sup>3</sup>	Rezistența la compresie, în laborator, în prod. 200/500	Temperatura, °C	Densitatea aparentă la proaspăt, kg/m <sup>3</sup>	Rezistența la compresie, în laborator, în prod. 200/500
35	20,0	6,0	253	20,0	6,0	230
			250			225
60	20,1	6,0	288	20,0	6,0	255
			273			245
90	20,3	5,8	295	20,2	5,9	270
			300			260
120	20,6	5,8	300	20,3	5,9	280
			295			270
150	20,8	5,3	300	20,4	5,5	285
			305			300
240	21,0	5,0	303	20,5	5,3	295

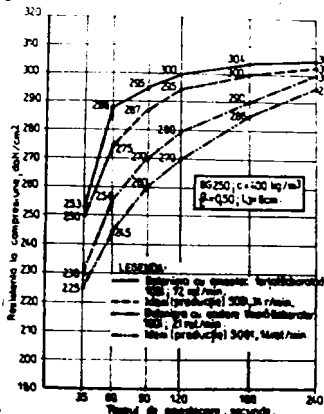


Fig. 4.17 Variația rezistenței la compresie a betonului ușor cu granulat în funcție de timpul de amestecare și de tipul betonierei

Caracteristicile fizico-mecanice obținute sînt date în tabelul 4.5 iar corelația dintre rezistența la compresiune și timpul de amestecare este prezentată în fig.4.17.

Schimbările ce s-au produs în granulozitatea agregatului ușor, sînt date în tabelul 4.6, pentru betoniere cu amestec forțat și în tabelul 4.7, pentru betoniere cu cădere liberă.

TABELUL 4.5

Determinări	Greutate kg	Granulometria agregatului					
		0-5 mm	5-10 mm	10-20 mm	20-40 mm	40-75 mm	75 mm
<b>Cazul a. GRANULIT</b>							
Înainte de malaxare	5,00	0,950	17,03	1,500	35,00	2,350	47,00
După 1min. de malaxare	5,00	0,915	19,30	1,835	35,70	2,235	45,00
Diferențe		-0,065	+1,30	+0,035	+0,70	-0,115	-2,30
După 2min. de malaxare	5,00	1,010	20,20	1,850	37,00	2,140	42,80
Diferențe		+0,260	+3,20	+0,050	+1,00	-0,210	-4,20
După 3min. de malaxare	5,00	1,190	23,80	1,870	37,40	1,940	38,80
Diferențe		+0,340	+6,80	+0,070	+1,40	-0,410	-8,20
După 4min. de malaxare	5,00	1,400	28,00	1,900	38,00	1,700	34,00
Diferențe		+0,550	+10,00	+0,100	+2,00	-0,850	-13,00
<b>Cazul b. GRANULIT +NISIP DE BALASTIERA 0-3mm</b>							
Înainte de malaxare	5,00	1,675	33,50	1,340	26,80	1,985	39,70
După 1min. de malaxare	5,00	1,740	34,80	1,370	27,40	1,890	37,80
Diferențe		+0,065	+1,30	+0,030	+0,60	-0,095	-1,90
După 2min. de malaxare	5,00	1,783	35,65	1,390	27,80	1,827	36,55
Diferențe		+0,108	+2,25	+0,050	+1,00	-0,158	-3,15
După 3min. de malaxare	5,00	1,904	38,08	1,411	28,22	2,285	45,70
Diferențe		+0,229	+6,58	+0,071	+1,42	-0,300	-6,00
După 4min. de malaxare	5,00	2,031	40,62	1,424	28,48	1,545	30,90
Diferențe		+0,356	+7,72	+0,084	+1,58	-0,440	-8,80
<b>Cazul c. BETON (GRANULIT +NISIP DE BALASTIERA 0-3mm + CEMENT + APA)</b>							
Înainte de malaxare	5,00	1,780	35,60	1,433	28,65	1,787	35,75
După 1min. de malaxare	5,00	1,810	36,19	1,450	29,01	1,740	34,80
Diferențe		+0,030	+0,59	+0,017	+0,36	-0,047	-0,95
După 2min. de malaxare	5,00	1,859	37,18	1,468	29,35	1,673	33,47
Diferențe		+0,079	+1,58	+0,035	+0,70	-0,014	-2,28
După 3min. de malaxare	5,00	1,913	38,26	1,485	29,69	1,602	32,05
Diferențe		+0,133	+2,66	+0,052	+1,04	-0,185	-3,70
După 4min. de malaxare	5,00	1,960	39,20	1,493	29,85	1,547	30,95
Diferențe		+0,180	+3,60	+0,060	+1,20	-0,240	-4,80

TABELUL 4.6

Determinări	GREUTATE kg	granulometria agregatului					
		0-5 mm	5-10 mm	10-20 mm	20-40 mm	40-75 mm	75 mm
<b>Cazul a. GRANULIT</b>							
Înainte de malaxare	5,00	0,850	17,00	1,800	35,00	2,350	47,00
După 1min. de malaxare	5,00	0,873	17,45	1,818	36,37	2,309	45,18
Diferențe		+0,023	+0,45	+0,018	+0,37	-0,041	-1,82
După 2min. de malaxare	5,00	0,892	17,83	1,886	37,72	2,222	44,45
Diferențe		+0,042	+0,83	+0,086	+1,72	-0,128	-2,55
După 3min. de malaxare	5,00	0,916	18,31	1,922	38,44	2,162	43,25
Diferențe		+0,066	+1,31	+0,122	+2,44	-0,188	-3,75
După 4min. de malaxare	5,00	0,942	18,84	1,953	39,06	2,105	42,10
Diferențe		+0,092	+1,84	+0,153	+3,06	-0,245	-4,90
<b>Cazul b. BAGREGAT TOTAL (GRANULIT +30% NISIP DE BALASTIERA 0-3mm)</b>							
Înainte de malaxare	5,00	1,675	33,50	1,340	26,80	1,985	39,70
După 1min. de malaxare	5,00	1,685	33,69	1,360	27,21	1,955	39,10
Diferențe		+0,010	+0,19	+0,020	+0,41	-0,030	-0,60
După 2min. de malaxare	5,00	1,705	34,10	1,381	27,62	1,914	38,28
Diferențe		+0,030	+0,60	+0,041	+0,82	-0,071	-1,42
După 3min. de malaxare	5,00	1,715	34,30	1,403	28,05	1,882	37,65
Diferențe		+0,040	+0,80	+0,063	+1,25	-0,103	-2,05
După 4min. de malaxare	5,00	1,735	34,69	1,430	28,61	1,835	36,70
Diferențe		+0,060	+1,19	+0,090	+1,81	-0,150	-3,00
<b>Cazul c. BETON (GRANULIT +30% NISIP DE BALASTIERA 0-3mm + CEMENT + APA)</b>							
Înainte de malaxare	5,00	1,780	35,60	1,433	28,65	1,787	35,75
După 1min. de malaxare	5,00	1,780	35,60	1,433	28,65	1,787	35,75
Diferențe		-	-	-	-	-	-
După 2min. de malaxare	5,00	1,784	35,68	1,439	28,77	1,777	35,55
Diferențe		+0,004	+0,08	+0,006	+0,12	-0,010	-0,20
După 3min. de malaxare	5,00	1,789	35,78	1,448	28,95	1,763	35,27
Diferențe		+0,009	+0,16	+0,015	+0,30	-0,024	-0,48
După 4min. de malaxare	5,00	1,794	35,88	1,454	29,07	1,752	35,05
Diferențe		+0,014	+0,28	+0,021	+0,42	-0,033	-0,70

Rezultatele testului de uniformitate a amestecului, efectuat atât pentru betoniere cu amestec forțat, cât și pentru cele cu cădere liberă, sînt arătate în tabelul 4.8.

TABELUL 4.8

Caracteristicile betonului	Unități de măsură	Diferențe maxime admise	Amestec în beton forțat cu amestecare forțată timp de 1 minut		Amestec în beton cu cădere liberă timp de 3 minute			
			Probe din prima probă rezultată	Probe din cele două probe rezultate	Probe din prima probă rezultată	Probe din cele două probe rezultate		
Densitatea betonului proaspăt	kg/m <sup>3</sup>	16	2061	2084	13	2059	2053	14
Consistența (scădere)	mm	25	625	575	5	645	585	65
Agregat + Si + s	% greutăți	8	778	750	2,3	780	755	1,1
Rezistența la compresiune la 7 zile	%	7,5	121	123	1,6	120	124	1,6

\* Excepție: timpul de amestecare prealabil al agregatului cu 1/3 din apă

Din analiza rezultatelor obținute, se desprind următoarele:

- în prima perioadă de amestecare, la ambele tipuri de betoniere, influența timpului de amestecare asupra rezistenței betonului ușor cu amestec forțat, ca și la betonul obișnuit greu/223/, /273/ este importantă; la malaxarea betonului ușor, în betoniere cu amestecare forțată, creșterea timpului de amestecare de la 35 sec. la 60 sec. duce la o scădere cu minim 10% a rezistenței la compresie.

Creșterea timpului de amestecare de la 35 sec. la 60 sec. duce la o scădere cu minim 10% a rezistenței la compresie.

siune;

-durata de amestecare totală (timpul de amestecare pentru preamezirea granulitului + timpul de amestecare propriu-zis al amestecului, după introducerea tuturor componentelor) minimă necesară, la prepararea betonului ușor cu granulit, pentru a obține rezistența corespunzătoare, este egală cu 2 minute, la betoniere cu amestecare forțată și respectiv cu 3 minute, la betoniere cu cădere liberă;

-rezistența betonului ușor cu granulit crește cu prelungirea timpului de amestecare, peste durata minimă necesară (fig.4.17), dar această creștere este redusă și nu justifică măritarea timpului de amestecare;

-comparând timpii optimi de amestecare obținuți, cu timpul total de malaxare, de minimum 3 minute, prevăzut în normativul C.155-31 /96/, rezultă că în cazul betonierelor cu amestec forțat de 500 l.capacitate, durata de amestecare efectivă necesară, este mai redusă; prevederile din normativ sînt aplicabile numai betonierelor cu cădere liberă;

-la timpii de amestecare minimă necesari, în ambele betoniere se obține o omogenizare bună a componentelor, variația caracteristicilor betonului ușor cu granulit (v.tabelul 4.9), corespunzînd - în ceea ce privește omogenitatea amestecului - testului sever, prevăzut în A.S.T.M. Standard C 94-72 /223/;

-cu creșterea duratei de amestecare și în special la depășirea duratelor optime, luarea ilitate a betonului ușor scade, iar datorită efectului de frecare, temperatura acestuia crește (v.tabelul 4.5);

-amestecarea betonului în betoniere cu cădere liberă practic nu modifică granulometria granulitului; malaxarea timp de 4 minute, numai a granulitului (cazul a din tabelul 4.7) ducînd la un procent de granule sfărîmate relativ scăzut (4,90%), care trece din sortul grosier 10...60 mm, în sorturile inferioare (1,34% în sortul 0... 5 mm și 3,06% în sortul 5...10 mm). La aceeași durată de amestecare, în aceste betoniere a granulitului împreună cu restul componentelor (cazul c din tabelul 4.7), procentul de sfărîmare scade la 0,70%, putînd fi neglijat complet în practică, la stabilirea compoziției betonului ușor cu granulit;

-malaxarea în betoniere cu amestec forțat, timp de 4 minute, numai a granulitului sau a acestuia împreună cu nisipul de balastiere, fără adăugarea cimentului și apei, (cazul a/b din tabelul 4.6), duce la procente de sfărîmare mari ale

sortului grosier 10...20 mm de granulat(13,00% și respectiv 8,80%);rezultatele fiind în concordanță cu datele obținute la Filiala ICRPC Cluj-Napoca/246/,la amestecerea uscată și separată a sorturilor de granulat 3...7 mm și 7... 16 mm, cercetări care au semnalat importanța acestui fenomen la prepararea betonului ușor cu granulat,cu efecte negative asupra proprietăților acestuia(creșterea absorbției de apă a granulatului, care duce la mărirea densității și la reducerea lucrabilității betonului proaspăt și în final la diminuarea performanțelor celui întărit);

- în cazul relaxării în betoniere cu amestec forțat,timp de 7 minute,a granulatului, împreună cu restul componentilor(celul c din tabelul 4.6),datorită diminuării importante a frecvenței dintre grăunțele de agregat,procentul de sfărâmare a sortului grosier de granulat 10...20 mm scade la 4,30%,care,la durata de relaxare de 1 minut,necesară în practică,în cazul premontării granulatului înaintea introducerii în betoniere,scade sub 1%,neinfluențând semnificativ compoziția și în final ,nici proprietățile betonului;

- o influență importantă,asupra procentului de sfărâmare a sorturilor de granulat grosiere,la betoniere cu amestec forțat,o are distanța între paletele sistemului de amestecare și fundul cuvei betonierei,cele mai bune rezultate obținându-se în cazul menținerii sub 3 mm a acestei distanțe.

Cu respectarea ultimei constatări și literatura de specialitate din străinătate/174/,/223/,/264/,/293/, recomandă utilizarea cu precădere la prepararea betoanelor ușoare cu argilă expandată a betonierelelor cu amestecare forțată,care,prezintă în comparație cu betonierele cu cădere liberă,avantajul realizării, în un timp de amestecare mult mai scurt, a omogenității și rezistenței prescrise ale betonului.

Rezultatele prezentate au fost confirmate și în producțiile curente de la TAGOM Timiș, ajungându-se la concluzia că cele mai eficiente betoniere sînt cele cu amestec forțat/146/.

#### 4.2.5. Îmbunătățirea procesului de formare a pietrelor de ciment la prepararea betonului.

În cadrul preocupărilor cu privire la relația dintre structura betonului și proprietățile sale,un loc important îl ocupă cercetările orientate spre găsirea de noi procedee și aditivi pentru hidratarea mai completă a cimentului,care constituie o mare rezervă nefolosită în tehnologia betonului/17/,/181/;cre-

dul de hidratare a cimentului realizat în practică variază între 30...50%, restul rămânând în structura betonului ca agregat fin /199/,/213/,/223/.

Mărirea activității cimentului se poate obține prin: îmbunătățirea granulozității, creșterii suprafeței specifice și prin accelerarea fenomenelor de adsorbție a apei, obținute prin îndepărtarea primelor produse de hidratare de pe suprafața granulelor de ciment, respectiv prin crearea unor noi defecte de structură în materialul încă nehidratat.

Pînă în prezent, în țara noastră, s-au făcut experimentări în laborator pentru activarea cimentului prin aplicarea la prepararea betonului, de diverse tratamente mecanice, asupra pastei de ciment, concretizate prin: renăscinarea umedă cu mori cu bile sau prin tratare în colergang, utilaje introduse în circuitul de preparare a betonului /199/,/223/,/232/. Aceste procedee au dus la sporuri de rezistență la 28 zile între 10-15%, aplicarea lor însă nu s-a extins pe scară industrială datorită costului ridicat, consumului de energie mare și complicațiilor tehnologice rezultate/199/.

Ținând cont de rolul deosebit de important pe care are matricea de mortar în structura betonului ugor cu granulat la preluzarea eforturilor (v.pct.1.1. din Cap.1), autorul tezei în colaborare cu alți specialiști din cadrul TAGCM Timișoara și de la Facultatea de construcții Timișoara, a făcut cercetări de laborator și experimentări în condiții de producție, în vederea găsitării de noi procedee tehnologice și aditivi, pentru îmbunătățirea procesului de formare a pietrei de ciment din structura betonului, realizând un nou procedeu de tratare hidroscopică a pastei de ciment în timpul preparării betonului și respectiv utilizarea de aditivi super plastifianți.

#### 4.2.5.1. Tratarea hidroscopică a pastei de ciment

Pe baza unor cercetări preliminare efectuate în cadrul Catedrei CHP a Facultății de construcții din Timișoara /235/,/236/,/237/, începînd din anul 1983, în laboratorul și baza de producție al întreprinderii nr 1 a TAGCM Timișoara, un colectiv de specialiști, din care a făcut parte autorul tezei, în colaborare cu specialiștii catedrei, a cercetat efectul tratării hidroscopice a sistemului apă-ciment asupra rezistențelor mecanice ale betoanelor obișnuite și ușoare/238/,/239/,/240/,/352 a/. A fost proiectată și realizată, prin autodotare, în premieră pe țară o instalație de activare a cimentului prin tratarea hidroscopică



la prepararea betonului, a sistemului apă-ciment, brevetat la OSIM /241/, /242/, /350/.

Instalația, reprezentată în fig.4.18 se compune din incinta de impulsinare 1, racordată la o sursă de aer comprimat și din incinta de activare 8, numită și generator hidrosonic. Incinta de impulsinare 1 este un recipient metalic închis ermetic, fiind echipat cu un manometru 2

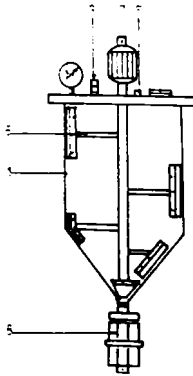


Fig.4.18 SCHEMA INSTALAȚIEI HIDROSONICE  
1-incinta de impulsinare, 2-manometru, 3-supapa de siguranță, 4-gura de alimentare cu apă, 5-alimentare aer comprimat, 6-paleta rotitoare, 7-electromotor, 8-generator hidrosonic.

pe măsurarea a presiunii din interior, supapă de siguranță 3, gura de alimentare cu ciment și apă 4 și respectiv cu aer comprimat 5. Ogenizarea suspensiei de apă-ciment, și începerea desfacerii aglomerărilor de particule de ciment, se realizează cu ajutorul unor palete 6 acționate de un electromotor 7. Generatorul hidrosonic 8, reprezintă piesa de bază a instalației, în care se desfășoară procesul de frământare a granulelor de ciment.

Sistemul apă-ciment format în incinta de impulsinare ajunge în generatorul hidrosonic (fig.4.19) sub acțiunea aerului comprimat printr-o

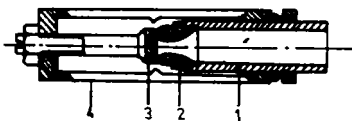


Fig.4.19 SCHEMA GENERATORULUI HIDROSONIC  
1-jet de apă, 2-ajutaj circular, 3-placă reflectantă, 4-dispozitiv vibratoriu.

conductă, care, la capăt are un orificiu special. În fața orificiului se găsește o lamă vibratoare, dispusă paralel sau normal față de direcția de evacuare, funcție de tipul generatorului. Această lamă amplifică mișcarea turbionară a jetului,

iar în zona de desprindere a suspensiei apă-ciment, se creează trenuri de vârtejuri.

În zona de desprindere de lamă, în interiorul vârtejurilor și la pereții de ghidaj, iau naștere bule de cavitație, care, la explozia lor dau naștere la presiuni între  $10^4 \dots 10^6$  daN/cm<sup>2</sup> și astfel se asigură frământarea granulelor de ciment cu dimensiuni  $5 \times 10^6 \mu$ , îmbunătățind atât granulozitatea cât și finețea de măcinare a cimentului. Lama vibratoare a generatorului este astfel aleasă în-

cît să aibă aceeași frecvență ca și trenurile de vârtejuri și drept urmare se produce fenomenul de rezonanță, care amplifică efectul de frământare a particulelor de ciment, contribuind în final la mărirea gradului de hidratare a cimentului în beton

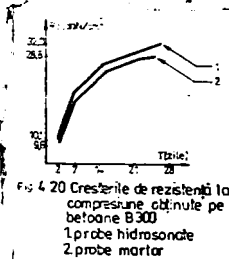
/233/, /240/, /352 a/.

Din generatorul hidrosonic, suspensia apa-ciment hidrosonată este colectată și mălaxată cu agregate în betoniere utilizate în mod curent la prepararea betoanelor.

Pentru verificarea eficienței procedurii au fost efectuate cercetări de laborator pe probe de mortar și de beton hidrosonate, în comparație cu probe mortar.

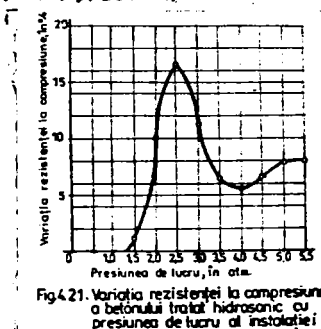
În primele etape încercările au fost efectuate pe prisme de 4x4x16 cm din mortar de ciment, realizându-se un studiu de optimizare în funcție de presiunea aerului comprimat și de tipul generatorului hidrosonic Koloait/352 a/. Din acest studiu a rezultat că optime intervalul de presiune de lucru între 2,0 și 3,5 atm și generatorul cu placă reflectantă și dispozitiv vibrator rezonant sub formă de bare reprezentat în fig.4.19.

În etape următoare încercările au fost extinse pe betoane obișnuite de marcă 300, confectionate cu ciment Pe 35, la care, au fost obținute prin hidrosonare creșteri de rezistență în medie de 10%. Rezultatele la compresiune obținute în intervalul de 23 de zile sînt prezentate în fig.4.20 /233/.



Repetind studiul de optimizare pe betoane, a rezultat ca presiune de lucru optimă, presiunea de 2,4 atm, clar conturată în fig.4.21. Creșterea rezistenței betonului se datorează îmbunătățirii gradului de hidratare a cimentului, fapt confirmat de analizele termice complexe efectuate la Catedra de silicați a Facultății de chimie din Timișoara

/240/, /352 a/. Din analiza



aluzii carbelor DTG și a temperaturilor din vârful efectelor, a rezultat că toate curbele indică efecte-endoterme caracteristice deshidratării hidrosilicaților de tip tobecmoritic, precum și deshidratarea  $Ca(OH)_2$  pus în libertate la hidroliza silicaților. A rezultat de asemenea, că la probele hidrosonate cantitatea de  $Ca(OH)_2$  este mai mare, produșii de hidratare fiind de tip CSH(I), cu un raport  $\frac{CaO}{SiO_2}$  între 1,5

și 2, în comparație cu probele mortar nehidrosonate, la care, acest raport a rezultat sub 1,5 iar produșii de hidratare erau de tip CSH(II). Analizând curbele de variație și calculând pierderile de greutate cu temperatura, s-a constatat că probele hidrosonate pierd o cantitate mai mare de apă la deshidratare, fapt ce indică un grad mai avansat de hidratare a cimentului, în medie cu 4%.

Cercetările au fost efectuate și pe betonul ușor cu granuli.  
 Rezultatele încercărilor efectuate pe cuburi de loxlorle  
 cu prelevate din beton ușor marca B3300, preparat cu ciment 435  
 și granuli de Iugoj produsat, au fost hidrosonării (v. tabelul 4.9),  
 indică creșterea rezistenței la compresiune acestuia cu 13,3-  
 19,8%, cu un coeficient de variație  $C_v=5,00\%$ , creșterea medie  
 fiind de 15,14% /151/.

TABELUL 4.9

Nr. probă	Prelevate la întreprinderea fabricii				Creșterea rezistenței la compresiune (%)	Prelucrarea statistică a rezultatelor
	7 zile	28 zile	7 zile	28 zile		
1.	263	359	216	308	18,2	$R_{ch} = 370,3 \text{ daN/cm}^2$ $C_{ch} = 5,0\%$ (gramoz. I) $R_{ch}^k = 340,7 \text{ daN/cm}^2$ $R_{ch}^m = 321,8 \text{ daN/cm}^2$ $C_{ch}^m = 5,0\%$ (gramoz. I) $R_{ch}^k = 295,9 \text{ daN/cm}^2$ Creșterea rezistenței: $R_{ch}^k$ $R_{ch}^m$ $R_{ch}^k$
2.	273	356	230	305	16,8	
3.	244	376	211	321	17,8	
4.	260	384	226	344	17,6	
5.	271	407	236	351	15,2	
6.	292	402	298	349	15,2	
7.	257	407	241	345	19,2	
8.	248	368	220	322	14,0	
9.	234	353	215	319	13,9	
10.	248	358	213	319	12,6	
11.	176	345	151	288	19,8	
12.	168	336	171	286	12,9	
13.	223	400	220	353	13,3	
14.	197	396	183	331	19,7	
15.	203	379	169	332	14,7	
16.	193	346	172	294	17,9	
17.	200	348	190	301	17,9	
18.	210	342	192	270	17,2	

Comparând aceste rezultate cu rezul-  
 tatele de rezistență medii de lox-  
 obținute la traterea hidrosonică a  
 betoanelor obișnuite, rezultă că la  
 cazul betonului ușor cu granuli, se  
 obține un spor de rezistență cu 5-  
 mai mare. Acest efect pozitiv obți-  
 nut la hidrosonarea betonului ușor  
 de granuli, în comparație cu betonul  
 obișnuit, este explicat de influența  
 mai mare, pe care o are, matricea

de mortar din structura acestui beton, în reluarea efecturilor  
 asupra cărei acțiunează, în mod direct, traterea hidrosonică a  
 betonului spă-ciment.



Fig. 4.22. Instalație  
 de activare hidrosonică  
 a cimentului

și realizării constante și în condiții de producție a sporurilor  
 medii de rezistență obținute în cercetările de laborator, des-  
 chidând calea pentru aplicarea în producție a unei noi tehnolo-  
 gii de activare la prepararea betoanelor grele și ușoare.

Având în vedere rezultatele favorabile  
 obținute în cercetările de laborator,  
 în toamna anului 1986, s-a fost pusă în  
 funcțiune, la stația de betoane tip Ni-  
 culina de la Baza de producție de Ni-  
 nigoare a SAGOC, prima instalație de ac-  
 tivare hidrosonică a cimentului în țară,  
 prezentată în fig. 4.22/239/, /240/. În  
 analiza rezultatelor obținute la încercă-  
 rii a epruvetelor prelevate din beton  
 preparate în această stație pilot, pre-  
 zentate detaliat în /239/, s-a rezul-  
 tat că prin hidrosonare, în toate cazurile,  
 se obțin rezistențe sporite cu peste  
 10%, iar conform prelucrării statistice  
 a rezultatelor, betoanele se încadrează  
 la gradul I de coagenitate. Rezultatele  
 au confirmat posibilitatea reproducerii

#### 4.2.5.2. Utilizarea aditivilor superplastifianți la prepararea betonului.

Folosirea superplastifianților superfluidizanți, urmare a efectelor pozitive asupra tehnologiei și proprietăților betonului, conducând la însemnate economii de timp, materiale, energie și cost /132/, /370/, a cunoscut în ultimii 25 ani și cunoaște în prezent o extindere notabilă. În prezent sînt țări, ca de exemplu Japonia, care utilizează a superplastifianți la peste 80% din betoanele preparate /132/. Acești aditivi sînt folosiți, cu bune rezultate și pe scară largă, în mai multe țări dezvoltate ca SUA, RFG, URSS, Anglia, Canada, Franța, Australia și altele, devenind, îngrună cu aditivii obișnuiți, cel de al patrulea constituent al betonului /213/, /370/.

În țara noastră, pe baza cercetărilor de <sup>12</sup> IOPMC și CCICHI-ICBOHIM, în anul 1979 s-a omologat și s-a trecut la producerea în stație pilot, a superplastifianților VIMC și VIMC 20, deschizînd drumul unor cercetări și experimentări în condiții industriale /132/, /166/, finalizate, în colaborare cu unități de producție, între care și a TAGOM Timiș, prin elaborarea instrucțiunilor tehnice provizorii C.D.137-81/70/, pentru folosirea superplastifianțului VIMC 11 la prepararea betoanelor și realizarea elementelor prefabricate. De asemenea, pe baza cercetărilor efectuate de ICBOHI și INCENS București, s-a trecut la producerea în stație pilot a superplastifianțului FLBBT, elaborîndu-se instrucțiunile tehnice C.211-82 /116/, pentru utilizarea acestuia.

În cadrul TAGOM Timiș, începînd cu anul 1979, au fost efectuate cercetări de laborator și experimentări în condiții de producție pentru stabilirea măsurilor necesare de luate la introducerea în producție curentă a superplastifianților indigeni de tip VIMC /155/, /161/, /166/.

De asemenea, în colaborare cu catedra OMIA de la Fac. de Construcții și întreprinderea Detergenți Timisoara s-au efectuat cercetări de laborator și testări în producție pentru omologarea de noi tipuri de superplastifianți indigeni locali /6/, /34/.

Din testarea în laborator a superplastifianților de tip VIMC, la prepararea betoanelor grele și a celor ușoare cu granulat de Iugoj, prezentate detaliat în / 155/, /161/, /166/, a rezultat că prin adăugarea de superplastifianți, la procente optime stabilite din dozaajul de ciment, de 1,5% la VIMC 22 și de 2,5% la VIMC 11, se pot obține următoarele efecte favorabile:

1. Creșterea imortanță a rezistențelor initiale și la 28 de zile a betonului întărit (fig.4.23 și 4.24), la dozaaje de

ciment și lucrabilitate egale, prin reducerea cantității de apă de preparare,permițind reducerea duratei tratamentului termic sau a dozeiului de ciment.

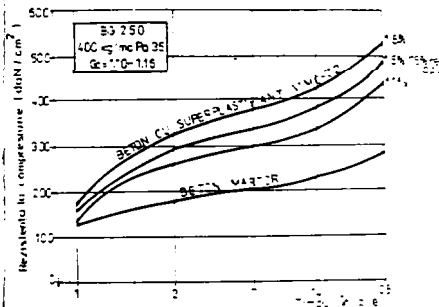


Fig.4.23.Variația în timp a rezistenței betonului uscat de granuli cu adosa de superplastifiant (trat. termic)

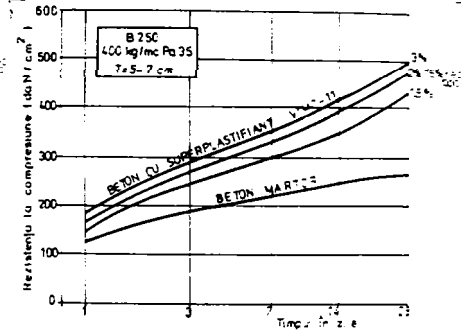


Fig.4.24.Variația în timp a rezistenței betonului obișnuit cu adosa de superplastifiant (trat. termic)

Comparând între ele sporurile de rezistență obținute la superplastizarea celor două tipuri de betoane, a rezultat că, cu procente optime de adosa de VINC 11 și VINC 22, le betoanele uscare cu granuli de Lugoș superplastizate, atât la vârsta de 1 zi, cât și la 23 zile, se obțin sporuri de rezistențe mai mari, decât la betoanele grele preparate în aceleași condiții (fig. 4.23).

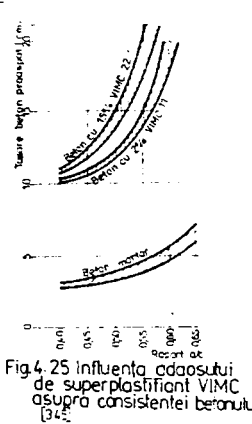
Acest rezultat se explică prin faptul că superplastifiantii VINC, făcând parte din categoria produselor de condensare pe bază de melamină-formaldehidă sulfanată, cum este VINC 11 și respectiv pe bază de neftalină-formaldehidă sulfanată, ca VINC 22, prin formarea unei pelicule lunoase în jurul particulelor din amestec, produs un efect de microluafiere respectiv micșorează tensiunea superficială a apei și sporesc gradul de dispersie al granulelor de ciment, contribuind pe lângă reducerea raportului a/c și la o mai bună omogenizare a amestecurilor și hidratare a granulelor de ciment, îmbunătățind proprietățile pietrei de ciment, respectiv a matricei betonului, care are un rol primordial în asigurarea rezistenței la compresune a betoanelor uscare, în comparație cu betoanele grele /281/, /343/.

2. Îmbunătățirea sensibilă a lucrabilității betonului, proaspăt, cu menținerea constantă a raportului a/c, obținând ușurarea punerii în operă a acestuia.

Rezultatele determinărilor efectuate, reprezentate în fig.4.25, arată că tasarea betonului proaspăt cu superplastifiant, în comparație cu cel martor, la ambele tipuri de betoane, a crescut de la 2,5-6,0 cm la 10,0 - 22,0 cm, făcând mărirea cantității de apă și respectiv a dozeiului de ciment,

obținând la toate vîrstele de încercare, rezistențe egale sau ușor superioare.

Experimentările efectuate în fabricile de prefabricate și pe șantierele TAGOM Timiș, au arătat că utilizarea în practică a superplastifianților în tehnologia betonului, pe lângă stabilirea procentelor optime de adaos, necesită modificări tehnologice la prepararea și punerea în operă și respectiv luarea unor măsuri organizatorice speciale, legate de proprietățile și mecanismul de acționare specific al acestora, care să permită exploatarea la maximum a avantajelor create de folosirea lor/ 166/.



legate de proprietățile și mecanismul de acționare specific al acestora, care să permită exploatarea la maximum a avantajelor create de folosirea lor/ 166/.

Astfel, în cazul betonului marfă transportat, pentru a evita pierderea în timpul transportului a sporului de lucrabilitate conferit acestuia de adaosul de superplastifiant, s-a dovedit necesar ca aceasta să fie adăugată în betonul proaspăt nu în stația de betoane, ci pe șantier, direct în toba rotitoare a autobetonierelor, cu puțin timp înaintea descărcării betonului. Cercetările și experimentările efectuate pentru realizarea acestei măsuri organizatorice și descrierea instalațiilor necesare, sînt prezentate detaliat la subcapitolul 4.3.1. și în lucrarea/161/.

La betoanele folosite pentru realizarea în fabrică a elementelor prefabricate, unde durata dintre preparare și punere în operă, este relativ scurtă (sub 30 de minute), s-a dovedit posibilă și adăugarea superplastifianților în stații de betoane. În schimb, în aceste cazuri, a devenit necesară reorganizarea fabricației, în funcție de reducerile intervenite în durata tratamentului termic. Astfel, a rezultat că în halele de prefabricate, durata tratamentului se poate scurta cu peste 30%, ciclul de tratare reducîndu-se de la 16 ore la 10-12 ore, modificîndu-se în consecință organizarea schimburilor de lucru și necesarul de tipare. De asemenea, pe liniile de fabricație exterioare descoperite, pe timp de vară, s-a reușit eliminarea completă a tratamentului termic, elementele realizate din beton cu adaos de superplastifiant, putîndu-se decofra la 20 de ore după turnare, ciclul total de fabricație încadrîndu-se la majoritatea elementelor în 24 ore, eliminînd complet consumul de combustibil /166/.

În cursa cercetărilor efectuate pentru utilizarea în

producție a aditivilor superplastifianți de tip VINC în cadrul Catedrei CCIA a Facultății de construcții din Timișoara în colaborare cu TAGCM Timiș și Întreprinderea "Detergenți Timișoara", au fost efectuate cercetări de laborator /6/, /32/, /34/, căns - tînd în primă etapă din stabilirea influenței pe care o au unii aditivi plastifianți produși de întreprindere asupra proprietăților betonului greu obișnuit și a betonului ușor cu granolit de Lugoj.

În cadrul acestei etape a programului experimental au fost testate un număr de 15 produse, studiile permițînd identificarea unui nou aditiv superplastifiant pentru betoane, cu efecte apropiate produselor dinstrînătate și din țară /6/, /34/.

În etapa a doua a cercetărilor, cu aditivul selectat în primă etapă, s-au efectuat încercări de laborator asupra betoanelor grele și ușoare cu granolit de Lugoj, de marca 250/32/.

Rezultatele obținute au arătat că prin utilizarea noului tip de aditiv superplastifiant în cantitatea de 0,02% din cantitatea de ciment, la prepararea betoanelor, există posibilitatea obținerii următoarelor avantaje tehnico-economice /6/, /32/:

- îmbunătățirea sensibilă a lucrabilității ambelor tipuri de betoane, la cantitatea de apă de preparare egală cu a betonului martor, tesarea crescîndu-se de la 5 cm la 12 cm, în cazul betonului greu și la 17 cm în cazul betonului ușor cu granolit;

- creșterea rezistențelor inițiale (cu 37,3% la betonul greu și cu 59,3% la betonul ușor) și finale (cu 16,9% la betonul greu și cu 28,0% la betonul ușor), la dozaje de ciment și lucrabilitate egale cu betonul martor, prin reducerea raportului a/c (cu 8,7% la betonul greu și cu 17% la betonul ușor).

În prezent, sînt în curs experimentările, în condiții de producție industrială necesare omologării noului tip de superplastifiant /32/.

Cercetările și experimentările efectuate de autorul tezei și colectivele de colaboratori, au permis stabilirea măsurilor tehnologice și organizatorice necesare de luat pentru introducerea în producție a superplastifianților ce adăos la prepararea betoanelor, contribuind astfel la definitivarea instrucțiunilor tehnice pentru folosirea superplastifiantului VINC 11 /195/, și la brevetarea unui nou tip de superplastifiant /86/a/.

### 4.3. Transportul betonului

#### 4.3.1. Aspecte și măsuri specifice transportului betonului ușor cu granulat.

La transportul betonului ușor de rezistență se pot utiliza, în general, aceleași procedee care se aplică și în cazul betcanelor grele, /45/, /47/, /91/, /174/, /183/, /254/, /264/, /354/, ținând cont însă de aspectele legate de proprietățile specifice ale agregatului ușor și de comportarea acestuia în amestecul de beton proaspăt (Cap. 2).

Așfel, trebuie luat în considerare efectul de reducere a lucrabilității betonului, cauzat de absorbția de către granulat a unei părți din apa de amestecare, luând măsuri pentru menținerea acesteia în limite de variație nesemnificative, în intervalul de timp între preparare și punerea în operă.

De asemenea, trebuie eliminat pericolul segregării inverse, printr-o compoziție adecvată a amestecului de beton și prin evitarea șocurilor, trepidățiilor și a manipuleților repetate.

Pentru prevenirea acestor efecte negative, din experiența câștigată în producție la TAGCM Timiș /48/, /50/, /116/, /126/, /128/, /135/, /146/, /153/, și ținând cont de rezultatele cercetărilor de laborator (cap 2 și 3), a rezultat necesitatea luării următoarelor măsuri speciale:

- granulatul trebuie preumectat la umiditatea optimă între 9 și 10% (v. cap. 2 pct. 2.2.3), măsură care menține lucrabilitatea și contribuie în plus și la reducerea segregării inverse prin mărirea temporară a densității aparente a granulelor de agregat ușor;

- amestecul de agregate trebuie ales în așa fel ca să se situeze spre limita superioară a domeniilor de compoziție granulometrică, recomandate de /96/ și determinate la cap 2. pct. 2.3.2, fiind necesară sporirea procentului de nisip de balastieră 0...3 mm la 28-35%, față de 23% prevăzut de /96/, sau compensarea deficitului de sort 0...3 mm de granulat cu cenugă de terocentrală /263/;

- utilizarea la prepararea betonului a editivului plastifiant mixt Dissan, care la un ados de 1,5 l soluție de 20% la 100 kg ciment, permite obținerea unor betoane lucrabile și menținerea lucrabilității timp îndelungat și pe timp calduros, fără adosuri suplimentare de apă /153/, /223/, /330/.



4.3.2. Transportul intern a betonului în poligoane și pe șantiere se poate efectua cu cărucioare, vagonete basculante sau bene etanșe și la distanțe mici chiar și cu benzi transportoare /45/, /47/, /96/.

Studiile întreprinse /11/, /47/, /183/, /245/, /269/, /341/, /354/, arată existența unor dificultăți în transportul betoanelor ușoare cu ajutorul pompelor datorită creșterii absorbției apei sub acțiunea presiunii create în beton. Se recomandă, pentru evitarea acestui fenomen /245/, /341/, folosirea unor agregate saturate complet cu apă și îndepărtarea aerului din pori prin vacuumare /46/, /341/.

La agregate ușoare cu porozitate mai redusă, cum este și granulitul de Lugoj, fenomenul menționat este mult mai redus iar încercările experimentale efectuate au dus la stabilirea următoarelor condiții tehnice necesare pentru punerea în operă a betoanelor ușoare BG200...BG300 cu ajutorul pompelor:

- lucrabilitatea betonului proaspăt trebuie să fie L3/L4;
- pentru realizarea unui amestec saturat, în care toate golurile să fie umplute cu lapte de ciment și pentru ungerea pereților conductei, conținutul de părți fine din beton (ciment și agregate 0,2 mm) trebuie să fie de: 400...530 kg/m<sup>3</sup>, pentru agregatul 0...20 mm și 420...550 kg/m<sup>3</sup>, pentru agregatul 0...16 mm;

- dimensiunea maximă a agregatului nu va depăși 1/3 din diametrul conductei de refulare;

- agregatul ușor se va preumecta la umiditatea între 9 și 16%;

- agregatul total trebuie să se încadreze în zona de granulozitate I, indicată în anexa V.3 din /101/;

- la prepararea betonului se recomandă folosirea adosului de cenușă de la termocentrale Mintia, în proporție de 10... 15%, reducând în consecință, cantitatea nisipului fin de balastieră /228/, /263/.

4.3.3. Transportul betonului marfă se recomandă să se efectueze exclusiv cu autobetonierele /47/, /146/, /173/, /174/, /183/, /323/, /351/.

Din experiența câștigată la executarea lucrărilor din beton ușor cu granulit la TAGCM Timiș /116/, /146/, confirmată și în literatura de specialitate /225/, /223/, /323/, a rezultat că agitarea continuă în autobetoniere a betonului, accelerează hidratarea producând creșterea rigidității acestuia și că nu este greșit iar în cazul unor transporturi la distanțe mari, de lungă durată, este recomandat să nu se relaxeze continuu betonul, ci să se respecte cel puțin 2 minute, înainte de descărcare pe șantier.

Din această experiență, a rezultat că în cazul unor compoziții judicioase alese și respectând măsurile arătate, transportul betonului ușor cu granulit marfă cu autobetoniere tip CIPARON este posibilă la duratele maxime prevăzute în normativul C.140-81, fără efecte negative asupra omogenității acestuia /61/, /128/. Un exemplu concret îl constituie transportul, cu rezultate bune, din Timișoara la Buziaș, pe distanța de 30 km, a betonului cu granulit B6 200, utilizat la realizarea, cu ajutorul cofraajelor glisante, a hotelului UNCAF cu P+9E/116/.

Pentru recuperarea completă, fără poluarea mediului înconjurător, a materialelor rezultate la spălarea autobetonierelor, a fost concepută și introdusă în producție, de către autor, o instalație (fig.4.26), constituind obiectul certificatului de inovator nr 64/1985 /403/.

### 3.3.3.1. Contribuții la utilizarea superplastifianților la transportul betonului marfă.

Rezolvarea în condiții satisfăcătoare a menținerii consistenței betonului proaspăt în timpul transportului a devenit practic posibilă odată cu apariția în tehnologia betonului a superplastifianților /176/, /370/.

O problemă dificilă apărută în producție, la mărirea și menținerea cu ajutorul superplastifianților a lucrabilității betonului ușor cu granulit de Lugoș marfă, era pierderea în timp relativ scurt, a sporului de lucrabilitate conferit acestora de adsoșul de superplastifiant, introdus la preparare.

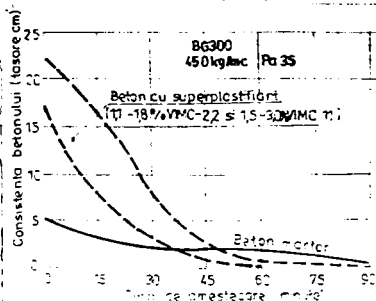


Fig 4.27 Scăderea în timp a efectului de fluidizare a superplastifianților VIMC-11 și VIMC-22

Pentru clarificarea acestei probleme am efectuat încercări de laborator și experimentări în condiții reale de execuție /155/, /161/, din care a rezultat că la procente optime de adsoș de superplastifianti VIMC 11 și VIMC 22 (v.cap.4 pct. 4.2.5.2), durata efectului de fluidizare a acestora este între 30 și 45 minute, după acest interval de

timp, consistența acestor betoane ajungând la cea a betonului preparat fără superplastifiant (fig.4.27).

Din aceste experimentări a rezultat și soluția pentru rezolvarea problemei, constând din adăugarea superplastifiantului la betonul gata preparat, cu puțin timp înainte de punerea în operă /161/, prezentat în fig.4.28.

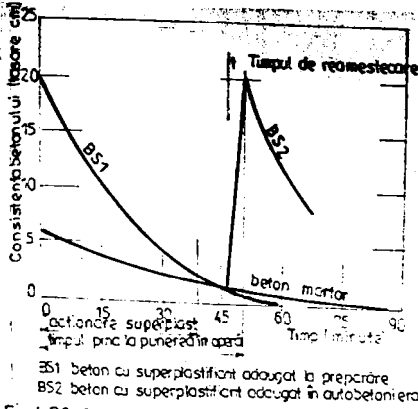


Fig.4.28 Efectul adăugirii pe santier a superplastifiantilor tip VMC asupra consistenței betonului ușor cu granulit

în timpul transportului, în cazul adăugirii aditivului la prepararea betonului /155/, /161/, /166/.

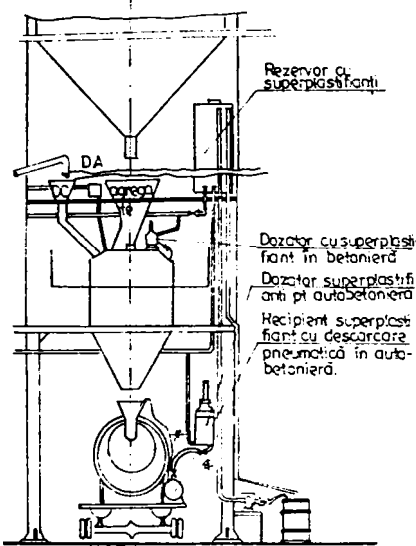


Fig.4.29 Schema instalațiilor de dozare din stația de betoane și de pe autobetonieră

de autor, prin brevetul de invenție RSR nr 87915 /163/, este redată în fig.4.31.

Din testarea instalației a rezultat că utilizarea ei în producția curentă decurge fără probleme, eliminând pierderile de lucrabilitate ale betonului ușor cu granulit proaspăt înregistrate în timpul transportului.

În scopul recuperării complete, s-a realizat

Rezolvarea practică realizată și aplicată în condiții de producție, la betonul marcat BG 300, destinat pentru monolitizarea pernourilor mari, a constat din adăugirea superplastifiantului în timpul transportului la betonul din tobe autobetonierei, cu 5-10 minute înainte de descărcare pe șantier și reamestecarea acestuia, cu minimum 60 de rotiri ale tobei, evitând astfel pierderea de consistență ce se înregistrează

Condițiile de realizare a acestei măsurii au fost create prin completarea stațiilor de betoane cu o instalație de distribuție și de dozare a superplastifiantilor și respectiv prin montarea pe autobetonieră a unor recipiente pentru doze de superplastifiant, cu descărcare pneumatică în tobe acestora prezentat în fig.4.29. Instalația de dozare a superplastifiantului și de alimentare cu aceste recipiente de pe autobetoniere este prezentată în fig.4.30 iar instalația de pe autobetonieră protejată



fig.4.30

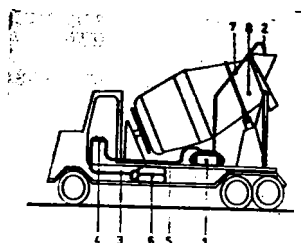


Fig.4.31 Schema instalației de dozare a superplastifiantilor de pe autobetoniere.

mediului, a materialelor rezultate din spălarea autobetonierelor folosite la transportul pe șantier a betonului, a fost concepută și introdusă în producție, la TAGCM Timiș, o instalație specială protejată prin certificat de inovator/152/.

#### 4.4. Turnarea și compactarea betonului

Din literatura de specialitate rezultă că punerea în operă a betonului ușor trebuie să se țină cont de unele aspecte specifice determinate de caracteristicile diferite ale agregatului ușor.

Astfel, la turnarea betonului trebuie să se respecte în măsură mai mare anumite reguli stricte, pentru a evita defecțiunile de calitate și în special segregările /47/, /173/, /193/, /319/, /354/.

La compactare este necesar să se țină cont de densitatea aparentă mai redusă a betonului, care determină o suprasarcină mai mică la îndesare și amortizarea mai mare a vibrațiilor, fenomen amplificat în plus și de elasticitatea mai mare a agregatelor ușoare /183/, /254/, /255/.

De asemenea, din cauza diferenței de densitate aparentă între agregatele poroase și mortar, în cursul vibrării, apare tendința de ridicare la suprafață a agregatelor ușoare mai mari și de plutire în mortarul fluidificat (segregare inversă), /46/, /174/, /183/, /254/.

Această tendință de segregare este mai mare la amestecurile mai fluide și la amestecurile cu adaos de nisip natural și ea crește, cu durata de vibrație, mai ales la vibrație pe mese vibrante /46/, /183/, /265/.

Pe de altă parte, din cauza densității aparente mai reduse a amestecului, eliminarea bulelor de aer, în timpul vibra-

rii se face mai încet decât la betonul greu, necesitând prelungirea duratei de vibrare în anumite limite, spre a nu provoca segregarea /183/.

Pentru determinarea regulilor specifice de betonare, a regimului optim de vibrare și a tipurilor celor mai adecvate de vibratoare, pentru punerea în operă a betonului ușor cu granulat de Lugoj, s-au făcut cercetări de laborator /101/, a căror rezultate au fost apoi testate la executarea unor construcții experimentale respectiv la realizarea experimentală a unor diverse tipuri de elemente prefabricate, în condițiile de producție curentă din bazele de producție ale TAGOM Timiș /49/, /61/, /116/, /125/, /126/, /127/, /129/, /135/, /146/, /153/.

Astfel, măsurile specifice turnării betonului ușor în diafragmele clădirilor de locuit multietajate, realizate cu ajutorul cofrajelor glisante și respectiv în plangeele acestora, turnate în cofraje de lemn fixe, au fost stabilite prin cercetări preliminare efectuate în două etape.

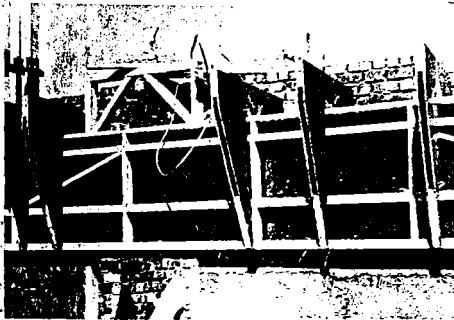


Fig. 4.32 Cofraj glisant experimental

manuel cu dispozitive cu filet, pe două glisiere din lemn prezentat în fig. 4.32 /146/.

În etapa 1 au fost efectuate, în colaborare cu ICPC București /105/, /193/, cercetări de laborator prin care au fost stabilite rețeta de preparare și lucrabilitatea betonului. Tot în cadrul acestor cercetări, au fost efectuate turnări experimentale din beton ușor cu granulat de lemn în pereți izolați, cu ajutorul unui cofraj glisant ridicat



Fig. 4.33. Blocul T 3 din zona Circumvallației I Timișona

ME. cu Puloș din zona Circumvallației I Timișona (fig. 4.33) /135/, /146/, /374/.

În etapa 2-a, măsurile stabilite în prima etapă au fost testate în condiții de șantier, la glisarea experimentală în anul 1974, în prezintă pe țară a pereților din beton ușor cu granulat în structură monostat și respectiv la turnarea în cofraje de lemn fixe, a plangeelor de

la blocul T.3 de 44 apartamente, cu Puloș din zona Circumvallației I Timișona

Condițiile de turnare a betonului ușor în diafragmele monolite ale clădirilor, cu ajutorul cofrajelor metalice plane de dimensiunea pereților, au fost stabilite la realizarea experimentală, din acest beton, a blocului E.41 de 44 apartamente, cu P+10E, din zona Circumvaletianii I Timișoara (fig. 4.34) /108/ /127/, /128/, /193/.



În cadrul acestor experimentări a fost definitivată rețeta de preparare și lucrabilitatea optimă a betonului marca 200, în condiții favorabile a compactării acestuia cu ajutorul vibratoarelor de adâncime, stabilindu-se și timpul de vibrator adecvat cel mai bine pentru turnarea betonului

ușor cu granulat /105/, /127/.

Măsurile specifice turnării betonului BG 250 în elementele prefabricate destinate clădirilor de locuit, cu structură mixtă cu diafragme monolite și restul elementelor prefabricate, și cu structura integral prefabricată realizată din panouri mari, au fost determinate prin experimentările efectuate pe liniile de fabricație din bazele de producție din Timișoara și Lugoj, ale TAGCM Timiș /105/, /146/.

Modul de turnare, compoziția optimă a betonului de monolitizare dintre panourile mari au fost stabilite la realizarea blocurilor A 1 și A 2 cu 132 apartamente cu P+10 E din zona Circumvaletianii Timișoara /49/, /59/, /127/, precum și la blocul experimental B 13 cu 20 apartamente, din zona Giroc, cu P+4E din panouri mari fig.4.35 /59/, /129/, /146/, /193/.

Pe baza rezultatelor obținute și a observațiilor făcute în situ, în cadrul cercetărilor de laborator respectiv cu ocazia realizării lucrărilor experimentale arătate și ținând cont și de experiența lucrărilor realizate de TAGCM Timiș în perioada 1975 - 1987, prezentate detaliat în capitolele 6 și 7 din teză, s-a stabilit că la turnarea și compactarea betonului ușor cu granulat de Lugoj, în comparație cu punerea în operă a betonului greu, trebuie luate următoarele măsuri suplimentare:

#### a. La turnarea betonului

Intervalul de timp între preparare și punere în operă se recomandă să fie cât mai scurt (să nu depășească 90 minute) pentru a evita modificarea sensibilă a lucrabilității betonului

proaspăt, în urma absorbției apei de către granulat și respectiv evaporării acestora, pe timp calduros.

- Înălțimea de turnare să fie cât mai mică. La înălțimi de turnare mai mari de 1,5 m, introducerea betonului în cofraje trebuie să se facă numai cu ajutorul tuburilor sau funtanelor de turnare, atașate la bene, evitându-se căderea liberă.

- Turnarea betonului trebuie să se realizeze fără întreruperi mari, în straturi succesive (proaspăt pe proaspăt) de grosime egală, care să nu depășească 30 cm.

În realizarea acestei măsuri ritmul constant de aprovizionare cu beton a platformei de lucru a cofrajului glisant ca și la betonul greu, reprezintă unul din elementele tehnologice esențiale ale glisării.

#### b. La compactarea betonului

Compactarea pereților turnați în cofraje glisante se realizează manual cu gipsa sau prin vibrație ușoară cu ajutorul vibratoarelor de interior.

Compactarea betonului din diafragme, stâlpi și grinzi turnat în cofraje fixe se va realiza prin vibrație cu ajutorul vibratorilor de interior de frecvență înaltă, cu minim 12.000 rot/min și cu amplitudine mică sub 0,3 mm. Prin utilizarea acestor tipuri de vibratoare, datorită fluidificării mai rapide a mortărului, din amestecul de beton, se obțin la aceleași rezistențe, densități aparente mai mici. De asemenea, frecvența mai mare a vibrațiilor, care se transmit prin mortar, reduce amortizarea.

Diametrul buteliei vibratorilor interne în general va fi egal cu  $\frac{1}{4}$  din grosimea pereților. Pentru compactarea pereților cu grosimi mai mici de 15 cm și a zonelor de monolitizare se vor folosi vibratoare cu butelii de 38 mm diametru.

Se recomandă ca vibrarea să se facă la un interval de minimum 15 minute, de la turnarea betonului. Dacă pentru turnare s-au folosit și vibratoare, este indicat, ca la intervalul menționat, să se revibreze betonul, eventual cu vibratoare de suprafață adecvate, accentuând astfel efectele favorabile ale selfvacuării, prezentate la pct. 2.2.4 și cap. 2.

În general, durata totală a vibrației la betonul ușor cu granulat trebuie prelungită.

Această durată, la compactarea betonului slab plastic din pereți nu va depăși 30 secunde. Introducerea buteliei vibratorului trebuie făcută rapid. În cea 2-3 sec., durata vibra-

ții staționare fiind în jur de 10 sec, după care extragerea bu-  
teliei se va face încet, în 17-18 sec., pentru a nu lăsa goluri  
în beton.

La partea superioară a pereților se recomandă ca ul-  
timul strat de beton turnat să fie preparat cu agregate mai mă-  
runte, sub 10 mm și să fie revibrat la cca. 15-20 minute, după tur-  
nare.

Compactarea betonului în elemente orizontale, cu grosi-  
mes între 5-35 cm, se va realiza cu vibratoare placă, timp de cca.  
10 sec., după un interval de timp de 10-20 minute, efectuând o vi-  
brare cu același durată. În acest caz, folosirea unei suprasarcini  
între 0,02-0,04 daN/cm<sup>2</sup>, este recomandabilă, evitând segregarea  
inversă și putând reduce durata de vibrare.

Pentru a obține o față închisă, finisată a betonului tur-  
nat și la aceste elemente, ultimul strat este recomandat să fie  
executat dintr-un beton cu agregate mai mărunte ( $\beta < 10$  mm) și  
suprafața să fie netezită cu unelte metalice.

Particularitățile punerii în operă a betonului ușor cu  
granulit sînt mai puțin accentuate datorită porozității rela-  
tiv reduse a granulitului de Lugoș, tehnologia fiind foarte apro-  
piată cu cea prevăzută pentru betonul greu.

#### 4.5. Tratarea betonului după turnare

Întărirea betoanelor de rezistență cu agregate ușo-  
re avînd porozitate închisă (de tipul argilelor expandate), se  
desfășoară în general similar cu cea a betoanelor obișnuite,  
avînd la bază procesul de hidroliză și hidratare a cimentului  
în contact intim cu apa /199/, /214/, /223/, /294/.

Totuși, natura agregatelor ușoare poroase influen-  
țează întărirea betonului, aceasta prezentînd unele particulari-  
tăți /46/, /47/, /183/, /213/, /354/, care însă, variază foarte mult  
cu natura agregatelor ușoare, datele din literatura tehnică fiind  
foarte mult controversate în această privință.

Pentru stabilirea influenței caracteristicilor speci-  
fice ale granulitului de Lugoș, asupra procesului de întărire a  
betonului și pentru alegerea regimului optim de tratare, s-a fost  
efectuate cercetări de laborator și experimentări în producție  
asupra întăririi în condiții naturale (normale) cât și accelera-  
te a betonului ușor cu granulit BG250, în comparație cu betonul  
greu de aceeași marcă. Modul de efectuare a cercetărilor și rezul-  
tatele obținute sînt prezentate detaliat în cap. 3 iar sintetic  
în tabelul 4.10.



4.5.1. Intărirea betonului

in condiții naturale.

In condiții de păstrare STAS

betonul ușor preparat cu granulit preumectat, în perioada primelor 7 zile, prezintă o creștere mai rapidă a rezistenței la compresiune, în comparație cu betonul obișnuit marcor (v. tab. 4.10). Rezultatele sînt în concordanță

TABELUL 4.10

Nr. ord.	Condiții de tratare a betonului	Rezistența la compresiune R <sub>c</sub> în daN/cm <sup>2</sup> :			R7/R 28	R28/Rb
		Beton greu	Beton ușor cu granulit preumectat	Beton ușor cu granulit obișnuit	in %, la	in %, la
		1zi	7zile	28zile	Beton greu	Beton ușor cu granulit preumectat
		(R <sub>0</sub> )	(R <sub>7</sub> )	(R <sub>28</sub> )	(R <sub>0</sub> )	(R <sub>7</sub> )
1	In cond. STAS	49	124,5	387	53,3	79,3
		50	303	392		
2	In cond. constructivă	41	213	251	84,5	86,8
		57	236	272		
3	In aer	-	-	293	-	-
		-	-	293		
4	Total termociclu	120	209	247	84,5	82,3
		140	247	271		
5	Self-curement	-	-	283	-	-
		-	-	311		

cu cele obținute în alte cercetări, după care, rezistența la compresiune a betonelor ușoare de rezistență, la vârsta de 7 zile, atinge 75% /122,2/3 /174/, 80...90% /46/, 78% /75/ și 82% /304/ din rezistența la 28 de zile. La vârsta de 28 de zile, însă, rezistențele celor două betoane devin practic egale.

In cazul păstrării în aer, în condiții constante de laborator, a betonului ușor preparat cu granulit preumectat, acesta, în primele 7 zile atinge 36,9% din rezistența obținută la cel de 28 zile, la aceeași vîrstă, depășind marca prescrisă (108,8% din marcă), în comparație cu betonul greu marcor, care, la 7 zile, atinge numai 84,5% din rezistența obținută la 27 de zile, atîngînd abia marca prescrisă (100,4%).

In cazul în care, în aceste condiții de păstrare betoanele sînt udete în primele 7 zile, la vârsta de 28 de zile, la betonul obișnuit se obține un spor de rezistență de 27,6%, în comparație cu betonul ușor cu granulit, la care rezultă numai un spor de 17,2%, indicînd o sensibilitate mai redusă a betonului ușor cu granulit, preumectat, la absența umezelii. Acest fenomen se explică prin compensarea - în special în perioada 7-28 zile - pierderilor de apă, cu apa absorbită în porii interiori ai granulelor de agregat ușor preumectate, asigurînd, fără lăsură unor măsuri suplimentare de tratare sau de protecție, hidratarea mai completă a cimentului și formarea în condiții corec-punătoare a pietrei de ciment din structura betonului /168/, /183/, /27/, /318/.

Comportarea mai favorabilă a betonului ușor, la păstrare în aer, cu condiții mai apropiate de situația reală din gîntiere, decît păstrarea în condiții STAS, explică și comportarea „in situ”, foarte bună a construcțiilor realizate din acest beton, de către TAGCM Timiș (v. cap. 7 și /19/, /129/, /130/.

Regimul de păstrare complet izolat de mediul înconjurător (selfvacuumare), datorită fenomenului de absorbție internă, prezentat detaliat în capitolul 2, pct. 2.2.4, are o influență pozitivă, practic similară, cu cea a udării cu apă în primele 7 zile, asupra formării structurii betonului ușor cu granolit.

Din această cauză, confirmată și de experiențe lucrărilor din beton ușor cu granolit executate de TAGCM Timiș/146/, după turnare, se recomandă acoperirea cât mai etanșă a suprafeței betonului după turnare pentru favorizarea producerii fenomenului de selfvacuumare.

Pe timp friguros, betonul ușor cu granolit are o comportare mai bună, decât betonul greu datorită inerției termice mai mari și conductivității termice mai reduse, a acestuia, scutindu-l și menținându-l, în mai mare măsură, căldura dezvoltată prin hidratarea cimentului, decât betonul cu agregate de balastieră /47/, /85/, /133/, /185/, /223/, /354/.

Comportarea favorabilă la temperaturi negative a betonului ușor preparat cu granolit de Lugoj a fost constatată la executarea, pe timp friguros (noiembrie, 1984), a pereților etajului I a corpului de cazare de la complexul hotelier Muntele Mic/116/, /146/, la care, în cursul unor experimentări efectuate s-a constatat că, pentru același dozaj de ciment și aceleași condiții de protecție, la 20 ore după preparare, în betonul ușor temperatura era cu cca. 8° C mai mare decât în betonul greu mator. În consecință, la executarea lucrărilor au fost aplicate numai măsurile luate în cazul turnării pe timp friguros a betoanelor obișnuite/116/.

TABELUL 4.11

Unitatea producătoare	Marca betonului	Rezistența la compresiune la 28 zile		Densitatea aparentă la 28 zile	
		Rezistența medie calculată	Cv %	Densitatea medie calculată	Cv %
Baza de producție Dewevrade din Timișoara	BG250	293	7,0	1887	3,9
Baza de producție Fratelia din Timișoara	BG200	282	8,0	1900	5,9
	BG250	318	12,0	1903	4,4
Baza de producție din Lugoj	BG300	355	3,0	1915	2,5
	BG250	300	8,7	1900	5,4
	BG200	355	14,1	1942	8,4

O confirmare a concluziilor prezentate cu privire la întărirea betonului ușor cu granolit de Lugoj în condiții naturale, o reprezintă și rezultatele obținute la TAGCM Timiș, pe o perioadă de 6 luni (ol. cl. - 30.06.1983), prezentate în tabelul 4.11.

Din analiza tabelului rezultă următoarele:

-sub aspectul omogenității, betoanele realizate se încadrează în gradul I și II de omogenitate pe baza itatei încadrându-se la gradul I;

-rezistențele medii obținute, în toate cazurile, sînt mai mari decît mărcile prescrise;

-densitățile medii obținute, în majoritatea cazurilor depășesc prevederile normativelor C.151-31 /86/, prezentînd ceaș-

icienți de variație relativ mari, datorită granului livrat de furnizor, cu densitate aparentă peste limitele admise de STAS 7343-80 / 364/ și cu variații mari precum și cu deficit de sort 0-3 mm.

4.5.2. Întărirea betonului la tratament cu abur.

Stabilirea ciclului tehnologic la tratarea termică a panourilor mari prefabricate din beton ușor de rezistență cu granulat s-a făcut pe baza rezultatelor obținute la aplicarea ciclului preliminar stabilit în cadrul cercetărilor de laborator prezentate în capitolul 3 și prezentate sintetic în tabelul 4.10.

Din tabelul 4.10 rezultă că rezistențele la compresiune ale betonului ușor cu granulat tratat termic cu abur în cuve închise, cu ciclul tehnologic total CTT=Aa+Ar+At+Ac= 3 ore + 3 ore + 6 ore + 2 ore = 14 ore, la temperatura de izotermie de 80°C, la toate vîrstele, au depășit rezistențele la compresiune ale betonului greu martor.

De asemenea, din analiza coeficienților prevăzuți în /96/, /101/, /318/, care condiționează realizarea corespunzătoare a tratamentului termic al betoanelor, calculați cu datele din tabelul 4.10 și prezentați în tabelul 4.10/b, rezultă că pentru betonul ușor preparat cu granulat preumectat la umiditate medie optimă de 9,30%, valorile acestor coeficienți sînt mai mari decît valorile prescrise, fiind superiori celor obținuți în cazul tratării termice în același regim al betonului greu martor.

TABELUL 4.10/b

Natura betonului	Coeficienți de caracterizare a tratamentului betonului			
	$\frac{R_0}{R_{28}}$	$\frac{R_7}{R_{28}}$	$\frac{R_{28}}{R_{28}^{STAS}}$	$\frac{R_{28}}{R_{28}^{STAS}}$
Beton greu	0,50	0,70	0,85	0,55
Beton ușor cu granulat	0,49	0,85	0,89	0,54

Comportarea mai bună de tratare termică a betonului ușor cu granulat, în comparație cu betonul greu,

se datorează influenței favorabile pe care o are asupra formării structurii betonului, proprietățile specifice ale granului, precum și proprietățile fizice și elastice ale acestui beton (v. cap.3 pct.3.3).

S-a constatat însă, că influența pozitivă a acestor particularități asupra comportării betonului ușor la tratare termică dînt mai atenuate în cazul betonului ușor de rezistență preparat cu granulat de Lugoj, agregat cu densitate aparentă mai mare și cu volum de pori mai redus, în comparație cu betoanele ușoare preparate cu alte agregate ușoare pe bază de argilă expedită din strălînătate, fapt semnalat și în /193/, /188/, /189/, la betoane ușoare preparate cu granulat de Mureșeni și Iași.

Definitivarea ciclului tehnologic de tratare termică, prezentat în fig.4.36, s-a făcut pe baza aplicării experimentale a acestuia, în bazele de producție a TAGCM Timiș/153/.

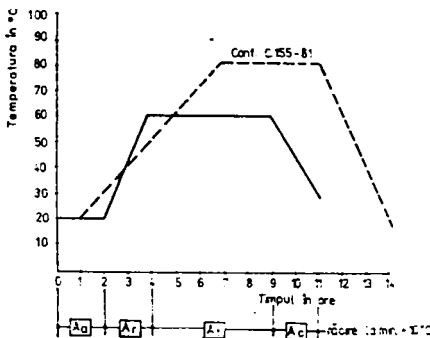


FIG.4.36 Ciclul de tratare termică a betonului ușor de granulat aplicat în producție la TAGCM Timiș

Au fost tratate, în același regim, penouri mari din beton ușor cu granulat, cât și din beton greu, de marca 250. Rezultatele obținute în producție, pe o perioadă de 6 luni (ol.ol.-30.06.1988), sînt prezentate în tabelul 4.12.

Din analiza rezistențelor obținute pe cele două feluri de betoane, rezultă că la betonul ușor cu granulat la tratat termic, s-au înregistrat scăderi de rezistență, față de întărirea în condiții de păstrare

STAS, mult mai reduse, de maximum 3,5%, în comparație cu betonul obișnuit, la care, scăderile de rezistență maxime au ajuns chiar și la peste 30%. De asemenea, la betonul ușor, s-au obținut coeficienți de variație mult mai reduși/153/,/149/.

Rezultatele obținute în condiții de producție curentă, mult mai favorabile decît cele din studiul

TABELUL 3.7

Unitatea producătoare	Cândiș de lucru a betonului	Rezistența la compresie la 28 zile					
		Beton ușor cu granulat la Lugoj			Beton greu cu agregat de balastieră		
		Rezistența medie din încercări	Scădere relativă față de betonul din laborator, %	Cv %	Rezistența medie din încercări	Scădere relativă față de betonul din laborator, %	Cv %
Baza de producție de beton din Timișoara	termostatic	293		7,0	284		21,0
Baza de producție de beton din Timișoara	tratată termic	285	-2,7	9,0	241	-15,2	19,0
Baza de producție de beton din cadrul fabricii Timișoara	termostatic	282		12,0	347		24,0
Baza de producție de beton din cadrul fabricii Timișoara	tratată termic	272	-3,5	9,2	237	-13,7	28,0
Baza de producție de beton din Lugoj	termostatic	300		8,7	288		18,0
Baza de producție de beton din Lugoj	tratată termic	281	-3,0	7,8	180	-37,5	20,1

de laborator, au permis - față de prevederile din /96/ - scurtarea duratei totale a tratamentului termic cu 2 ore (v.fig.4.35) și reducerea în medie cu 20°C (de la 80°C la 60°C), a temperaturii de tratare izotermă din cuvele de aburire, obținînd pe lângă îmbunătățirea calității betonului și scăderea gradului de folosire a tiparelor și respectiv reducerea consumului de energie la fabricarea penurilor mari.

Din experiența cîștigată la TAGCM Timiș /127/,/142/, a mai rezultat că aplicarea ciclului de tratare termică prezentat în fig.4.35, pe timp friguros, a fost posibilă numai cu condiția păstrării elementelor după scoaterea lor din cuvele de aburire, într-un mediu cu o temperatură minimă de +10°C, în care răcirile acestora se face lent (în 3-10 ore), ferind betonul de eforturi de contracție excesive și în consecință de fisurarea.

4.6. Controlul calității betonului. Rezultate cu privire la aplicarea încercărilor nedistructive.

Din experiența câștigată prin realizarea la TAGCM Timiș, în perioada de peste 10 ani, a lucrărilor din beton ușor cu granulit de Lugoș, a rezultat că pentru controlul calității caracteristicilor componente și a caracteristicilor betonului ușor, trebuie luate unele măsuri specifice, în comparație cu betonul greu /153/.

Astfel, în afară de datele rezultate curente efectuate la controlul calității agregatelor grele, la utilizarea granulitului trebuie determinate în plus, densitățile aparente pe sorturi, umiditatea acestora, iar în unele cazuri și rezistența la strivire a granulelor. Determinările s-au efectuat conform prevederilor din /147/, cu excepția densității aparente, care, în paralel s-a efectuat și cu ajutorul aparatului "MIET", obținând valori foarte apropiate (v. cap. 2 pct. 2.2.3), față de metoda standardizată /362/.

Pentru eliminarea unor erori din faza de preparare, trebuie ca asupra betonului proaspăt să se facă determinări de consistență, densitate și randamentul amestecului, conform metodologiei prezentate în cap. 4.

Verificarea calității betonului întărit se face conform prevederilor din C.155-81 /96/.

Determinarea rezistenței la compresiune a betonului în situația variației acestuia în structurile și elementele prefabricate realizate din beton ușor pe lângă cărăți, s-a făcut prin încercări nedistructive (metoda mecanică a reculului, folosind sclerometrul Schmit tip M /263/; metoda acustică de impuls ultrasonic, folosind batonscopul BN 2702 /118/, și metoda combinată /119/).

Trebuie menționat însă, că la betoanele ușoare cu granulit, la determinarea prin aceste metode a rezistenței la compresiune, valoarea coeficientului de influență a agregatelor „Ca”, folosit la stabilirea coeficientului total de influență „Ct”, diferă de valoarea lui stabilită pentru betoane grele, variind în plus și în funcție de metoda de încercare aplicată. În cazul aplicării metodei ultrasonice, sînt literaturi de specialitate, sînt și instrucțiunile C 26-72 /118/, prevăd pentru Ca valoarea 2,10 iar în cazul metodei combinate, instrucțiunile C 129-71 /119/, prescriu valoarea 1,00. Lucrarea /290/, consideră însă necesară stabilirea pe cale experimentală a acestui coeficient. În cazul aplicării metodei mecanice a reculului, sînt instrucțiunile C.30-67

/263/, cit și literatură de specialitate/131/,/262/,/290/, recomandă determinarea lui  $C_a$  pe cale experimentală.

O preocupare deosebită, în cadrul încercărilor experimentale, a avut ca scop determinarea coeficientului de influență  $C_a$  a agregatului de Lucoj, care trebuie folosit la stabilirea coeficientului total de influență  $C_t$ , în cazul determinării prin metode nedistructive a rezistenței betonului unor cu grăunț /152/, /164/,/234/.

Studiul experimental, s-a efectuat pe cuburi de probă cu latura de 14 cm și respectiv de 20 cm, prelevate din betoane uronore cu grăunț de Lucoj, cu adăos de nisip de râu de marce BG200 și BG150, care sînt în laborator cît și în condiții de producție curentă din stațiile de betoane ale TAGCM Timiș, și păstrat sînt în condiții STAS cît și în condiții de element (netratate și tratate termic). În paralel, experimentările s-au efectuat și pe carote extrase din elemente plane cu dimensiunile de 60x60x15 cm realizate din aceleași betoane și păstrate în aceleași condiții, ca cuburile de probă. De asemenea cercetările s-au extins și pe disfragme din beton armat a unor blocuri de locuințe, la care, pe lângă determinările nedistructive, au fost încercate cuburi de probe prelevate din betonul turnat, cît și carote extrase din lucrare.

Cuburile de probă mai întii au fost încercate nedistructiv cu betonoscopul tip BV 2702 și cu sclerometrul Schmit tip N, conform prevederilor /118/, /119/,/263/, și apoi distructiv la presă.

Valoarea coeficientului de influență parțial al naturii agregatului „Ca”, pentru toate cele trei metode de încercare nedistructive, a fost determinată cu relația:

$$C_a = \frac{d}{R_c 28} \frac{R_c 28}{C_t R_c^{28}} \quad (4.5).$$

unde:

$R_c 28$  = rezistența la compresiune pe cuburi la vîrsta de 28 zile; determinată distructiv, la presă.

$R_c^{28}$  = rezistența la compresiune pe cuburi la vîrsta de 27 zile, determinată nedistructiv

$C_t$  = valoarea coeficientului total de influență, considerînd  $C_a = 1,00$

Rezultatele obținute pe fiecare set de cuburi în parte, au fost interpretate statistic pe mărciși condiții de păstrare după confectionare, determinând valoarea medie a coeficientului de influență "Cam" și coeficientul de variație aferent "Cv" acestora.

În cazurile unde s-a dispus și de carote extrase din elemente realizate din același beton și păstrate în aceleași condiții cu cuburile de probă /446/, /447/, valoarea coeficientilor de influență medii calculați cu formula (4.5), s-au corectat, prin determinarea coeficientului de influență total experimental și compararea acestuia cu coeficientul de influență total calculat, conform prevederilor instrucțiunilor /118/, /119/, /263/.

Rezultatele încercărilor sînt prezentate sintetic în tabelul 4.13.

TABELUL 4.13

Cercetarea	Mărci de beton	Nr. de probe	Cv <sup>1</sup>	Metode de încercare					
				cu recul	ultrasonic	combinată	ne ter. mic	ne ter. mic	
Laborator central (234)	8G 250	25	8,2-10,0	1,17	1,27	1,62	1,78	1,25	1,50
Laborator Antrepria nr. 2 din Lugoj (448)	8G 200	38	9,3-9,5	-	-	-	1,85	-	1,51
	8G 250	110	9,4-10,0	-	-	-	1,78	-	1,50
	8G 200	63	7,1-13,2	1,38	-	-	1,86	-	1,54
Doborând + Laborator central (164)	8G 250	138	6,7-11,1	1,28	-	-	1,79	-	1,53
	8G 300	67	10-14,5	1,14	1,24	1,50	1,76	1,34	1,50
Determinări în situ Laborator central (164)	8G 250	15	10,0-11,4	1,36	-	-	1,79	-	1,59
	C <sub>o</sub> med.			1,15	1,30	1,61	1,80	1,35	1,55

Rezultatele prezentate au fost confirmate și de cele obținute în studiile efectuate de stația de beton armat și clădiri de la Fac. Construcții Timișoara/225/, la care, pentru betonul ușor cu granolit de Lugoj, coeficientul C<sub>o</sub> a variat între 1,79-1,94, în cazul încercărilor ultrasonice și între 1,36-1,45 la cele cu sclerometru.

Se poate concluziona că metodele nedistructive pot fi aplicate la determinarea rezistenței la compresiune a betonului ușor cu granolit de Lugoj, cu condiția introducerii în calcul a coeficienților de influență a naturii agregatului, determinați experimental (1,30 la încercări ultrasonice; 1,30 la încercări cu sclerometru și 1,55 la metoda combinată).

Valorile diferite, mai mari, ale acestor coeficienți rezultate pentru betonul ușor cu granolit de Lugoj, în comparație cu valoarea 1,00, prevăzută pentru betonul greu preparat cu agregate de riu se explică prin proprietățile diferite ale acestui beton, conferite acestuia de utilizarea granolitului agregat, cu densitate mai redusă și elasticitate mai mare. Aceste proprietăți influențează atât mărirea reculului la încercarea cu sclerometru, prin elasticitatea mai mare a betonului, cât și viteze de transmitere a undelor longitudinale, la încercările cu ultrasunete, prin densitatea mai redusă a betonului, avînd un efect similar și în cazul aplicării metodei combinate /118/, /119/, /263/, /263/.

Valoarea mai redusă de 1,50 a acestui coeficient, obținut la betonul ușor cu granulit de Lugoș, în cazul încercărilor ultrasonice, în comparație cu valoarea de 2,10 prevăzută în literatura de specialitate pentru betoane ușoare cu argilă expandată, se explică pe de o parte, prin densitatea aparentă mai mare a granulitului de Lugoș, față de densitățile aparente mult mai reduse ale argilelor expandate utilizate în străinătate, iar pe de altă parte, de procentul relativ ridicat de nisip de râu folosit ca adăos în compoziția acestui beton.



## CAP.5. CONTRIBUTIE LA TENOLOGIA BETOANELOR UȘOARE CU GRANULIT DE IZOLAȚIE REZISTENTĂ

### 5.1. Realizări în țara noastră și a străinătate.

Cercetările de laborator și rezultatele obținute în producție prezentate în capitolele 2,3 și 4 au arătat că performanțele granului de Lugoj în betoarele de rezistență sînt comparabile cu cele ale agregatelor similare din alte țări. Densitatea mare a betoanelor confecționate cu acest agregat între 1800 și 1950 kg/m<sup>3</sup>, obținută în producția curentă, îi reduce însă eficiența la realizarea elementelor cu funcțiuni de izolație și rezistență, unde sînt necesare și se realizează în practică, pe plan mondial, densități sub 1600 kg/m<sup>3</sup> /23/,/47/,/171/,/303/,/354/.

Îmbunătățirea caracteristicilor termotehnice ale betoanelor ușoare pentru utilizarea acestora în elemente de izolație și rezistență, reprezintă una din direcțiile de cercetare prioritare abordate în prezent în lume /143/,/252/,/330/.

Și la noi în țară, în contextul actual al cerințelor acute de economisire a combustibilului și energiei și al reducerii greutateii construcțiilor /114/, îmbunătățirea performanțelor betoanelor ușoare pentru domeniul elementelor de închidere constituie o problemă majoră /330/.

Pînă la producerea pe scară industrială a unor noi agregate ușoare cu caracteristici termotehnice îmbunătățite, s-a cîntărit, ca pentru realizarea betoanelor de izolație și rezistență, să se exploateze la maximum posibilitățile pe care le oferă agregatul ușor - granulit - și să intervină în structura internă a betonului, prin introducerea în masă a acestuia a unor aditivi ce se produc în prezent în țara noastră /124/,/212/,/325/,/330/,/330 a/.

Astfel, pe baza cercetărilor efectuate la IOCPDC - Filiala Cluj-Napoca, în primă perioadă (1977 - 1979), /312/,/330/, s-a studiat și experimentat realizarea panourilor exterioare prefabricate cu structura monostret din beton ușor cu granulizitate discontinuă.

În compoziția acestui beton s-a utilizat sortul de granulit 16. . . . 31 mm, cu densitatea cea mai redusă și ce adesea,

pentru înlocuirea unei cantități mari de parte fină - nisip de balastieră - cu densitate mare, cenusa de termocentrală de la Mintie, material fin de densitate mai redusă. Studiile efectuate /303/, /330 a/, au arătat că cenusa de termocentrală, datorită proprietăților ei fizico-chimice /333/, /335/, pe lângă reducerea densității, determină și o reducere a cozajului de ciment necesar, realizării mizerii propuse. Pe baza cercetărilor efectuate /303/, /312/, /329/, a rezultat că pentru valorificarea la maximum a efectelor pozitive ale adosului de cenură, raportul optim, în părți de masă, între ciment și cenură este de 1 : 1.

Experimentările efectuate cu scopul realizării, în anul 1979, la Cluj-Napoca a primului bloc experimental /325/, au arătat că compoziția adoptată pentru betonul unor de marca B200, preparat cu un dozaj de 250 kg ciment la  $m^3$  de beton, a asigurat realizarea unei densități medii de  $1682 \text{ kg}/m^3$ , stabilită prin cântărirea a 20 bucăți panouri la 3 zile de la turnare (densitatea medie la 28 zile a cuburilor de probă fiind de  $1620 \text{ kg}/m^3$  iar cea uscată la masă constantă de  $1570 \text{ kg}/m^3$ ).

Testarea în stația hidrotermică a ICRPD - Filialele Tești / 35/, a două panouri din producție curentă, a pus în evidență o conductivitate termică de calcul pentru acest tip de beton :  $\lambda = 0,48 \text{ kcal}/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$  și o rezistență la transfer termic pe panouri :  $R_{oc} = 0,74 \text{ m}^2 \cdot h / \text{kcal}$ , similare cu cea a panourilor în trei straturi din beton greu, cu termoizolația de polistiren expandat, prevăzută în proiectele tip.

Pe baza acestor rezultate, ICRPD - Filialele Cluj-Napoca, în colaborare cu Trusorul de Construcții Montaj Cluj, din acest beton a realizat în municipiul Cluj-Napoca panourile exterioare prefabricate, în structura monostrat, la un număr de aproximativ 2000 de apartamente /312/.

Ținând cont de mizeria între timp a densității aparente a granulatului livrat de industrie și de reducerea temperaturii interioare normate de la  $+20^\circ C$  la  $+13^\circ C$ , pentru realizarea din beton ușor cu granulat, în aceste condiții, a elementelor de închidere în structura monostrat, în afara de măsurile luate descrise mai sus, pentru îmbunătățirea caracteristicilor termotehnice a acestor betoane a fost nevoie să se intervină în plus și în formarea structurii interne a acestora.

Se cunoaște că proprietățile termotehnice ale betonului sînt direct legate de proprietățile termotehnice ale

componentilor acestuia, agregate, ciment, apă și aer - aerul fiind cel mai bun izolator având  $\lambda = 0,002 \text{ W/m}^0\text{C}$ .

Având în vedere acest fapt, față de betonul ușor „Clasic”, cu a regate poroase, la care cantitatea de aer este limitată la cantitatea conținută prin porii închisi ai agregatelor ușoare și la cantitatea de aer ocular (cca. 2...5%), s-a urmărit introducerea suplimentară a unui volum de aer, care să ducă la reducerea densității betonului și la scăderea conductivității termice a acestuia. Fiecare procent de aer introdus conduce la subscăderea conductivității termice cu cca. 1%, în schimb înseamnă producere și reducerea în medie cu cca  $1 \text{ N/mm}^2$  a rezistenței betonului /21/, /171/, /223/, /325/, /354/.

Astfel, de betoane se utilizează în URSS /171/, /354/, la prepararea cărora inițial se amestecă cimentul și cenușa în unele cazuri /171/, argilele ușoare groiere și apoi obținându-se un beton lipsit de părți fine. Separat se prepară, cu ajutorul unui agent spumant, o spumă ce se introduce apoi în amestecul de beton. Produsul rezultat în stare proaspătă are o lăcrăbilitate foarte bună iar betonul întărit prezintă o structură densă și omogenă. Aceste betoane sînt denumite în funcție de tipul de agregat ușor utilizat, de exemplu în cazul folosirii argilei expandate, argilă expandată înspumată (kerenzite foam). Conform prescripțiilor elaborate aceste betoane, avînd rezistențe la compresiune între 35... 100  $\text{daN/cm}^2$ , și densitatea aparentă cu 15-20% mai redusă în comparație cu același tip de betoane cu structură compactă, se utilizează la realizarea pereților exteriori în structură acoperită și a plăcilor de acoperiș.

În Anglia s-a introdus un tip de beton asemănător /281/, dar conținînd atât agregate de dimensiuni mari, cît și fine. Amestecul se realizează într-o singură etapă, prin introducerea unui agent antrenor de aer, în doză mare, și folosind un eslavor energetic, cu care poate fi antrenat în beton cca. 20% aer. Prin acest procedeu (Air-Lytag. British Patent Nr. 1.165.005) se poate obține un beton cu porozități similare celui cu argilă expandată înspumată, dar avînd rezistențe la compresiune cuprinse între 150-200  $\text{daN/cm}^2$ . Acest tip de beton se folosește la realizarea panourilor neportante pentru încluzeri.

Tot în Anglia s-a pus la punct tehnologia de fabricație a unui alt tip de beton ușor cu exces de aer, cunoscut sub denumirea de "Faircrete" /354/. Procedeu original elaborat oferă

posibilități largi de utilizare, fiind aplicabil atât în cazul aragostelor ușoare, cât și al celor grele. La baze procedului stă utilizarea unor fibre scurte, care, prin încorporare în timpul amestecării, favorizează antrenarea unui procent ridicat de aer, obținându-se reducerea cu peste 30% a densității betonului. În același timp fibrele au un efect favorabil asupra proprietăților reologice ale betonului proaspăt și a caracteristicilor celui întărit. Noul material are rezistențe la compresie cuprinse între 50-300 daN/cm<sup>2</sup> și este utilizat la panouri de pereți potanți, având o bună capacitate de izolare termică și oferind în același timp posibilitatea executării feței exterioare a pereților din beton aparent, cu desene în relief, decorative și rezistent la intemperii.

Si la noi în țară, atât la ICPMC București, cât și la ICCPDC-Filiala Cluj-Napoca, au fost întreprinse în ultimul timp, cercetări pentru realizarea de betoane ușoare cu micro-pori înglobați în masa mortarului prin utilizarea unor materiale sponante /124/, /325/, /33 a/.

Astfel, în baza unor cercetări preliminare efectuate în Laboratorul de Tehnologie Betonelor din cadrul ICPMC s-au stabilit condițiile de utilizare, la prepararea betonului ușor cu granulat, a unor aditivi antrenori de aer („Beso”, carboximetilceluloză de tipul III- CMC III coloid și stabilizator și sponogenul)/124/, /192/. O primă aplicație industrială a rezultatelor acestor cercetări s-a făcut la IPB-Granitul București, la realizarea, în anul 1978 a panourilor de pereți exteriori și unor clădiri de locuit din București, proiectate de Institutul Proiect. București/124/. Panourile au fost realizate din beton coloidal ușor marca Bloo, cu o densitate de 1350 kg/m<sup>3</sup>, la 28 zile, pe baze Instrucțiunilor tehnice provizorii elaborate de ICPMC în colaborare cu IPB-Granitul/124/, fiind atestate pe baze încercărilor efectuate asupra unor panouri, în stația higrotermică a ICCPDC-Filiala Iași/ 35/.

La ICCPDC-Filiala Cluj-Napoca în cadrul preocupărilor pentru îmbunătățirea performanțelor termotehnice ale betoanelor ușoare destinate realizării elementelor de închidere demonstrat la clădiri de locuit, începând din anul 1979 s-au efectuat cercetări în vederea stabilirii condițiilor de realizare a betoanelor ușoare din agregate minerale ușoare artificiale (zgură expandată și granulat), și naturale (tuf vulcanic și scorie) cu adăsurii de cenuri de mecanofiltre de la centra-

lele electrice de termoficare și spumant SI.

Din studiile efectuate /325/,/330 a/, a rezultat că se pot realiza în condiții eficiente elemente de închidere prefabricate în structură monostat prin înlocuirea în betonul ușor „clasic” a materialelor grele -nisipul de râu și agregatul ușor fin - cu materiale mai ușoare cu caracteristici termotehnice superioare - ca cenușa de termocentră de mecanofiltre, precum și prin intervenirea în structură internă a betonului, prin crearea de pori închizi în masa mortazului cu ajutorul spumantului S.I. și alți spumanti.

În baza rezultatelor obținute în cadrul programului de cercetare, a fost pusă în evidență o gamă largă de posibilități de realizare a betoanelor de izolație și rezistență utilizând agregatele ușoare existente în țara noastră prevăzând realizarea de betoane de izolație și rezistență cu adesea de cenușă și spumant, în Normativul C.150-81/96/, prescripție unitară elaborată pentru betoanele realizate cu agregate ușoare și respectiv în completările acestui normativ din 1982 și 1986.

## 5.2. Cercetări și experimentări.

Problema înlocuirii, la realizarea peretilor exteriori, a soluției sandwich, cu deficiențele ei bine cunoscute de constructori, cu soluția monostat, a preocupat de mai mulți ani și un colectiv de specialiști, condus de autor, din cadrul Trustului de Construcții din Timișoara.

Astfel, în perioada 1974-1978, folosind caracteristicile termotehnice superioare ale betonului ușor preparat cu granulat class A3a de Lugoj, în colaborare cu ICCPC București, I.P.P. și I.P.T., din acest material și în structură monostat, au fost realizați în județul Timiș, pereții exteriori monoliți la blocurile multietajate executate cu ajutorul cofreajelor glisante, însumând peste 1500de apartamente /135/, și panourile exterioare autoportante prefabricate la un număr însemnat de clădiri cu structură mixtă/61/,/79/, lucrări prezentate detaliat la capitolul 6 al tezei.

Pe baza experienței câștigate și a comportării higrotermice favorabile în exploatare a acestor clădiri /130/, și folosind rezultatele cercetărilor efectuate în direcția îmbunătățirii caracteristicilor termotehnice ale betoanelor ușoare de către ICCPC Filiala Cluj-Napoca /325/,/330 a/, în colaborare cu

acest institut, în cadrul Trustului, în anul 1960, a început un program de cercetare condus de autor, în vederea realizării în structura monostrat a panourilor exterioare pentru clădiri de locuit, din beton ușor cu granulat de Lugoj cu adaos de cenușă de termocentrală și spumant /56/.

Cercetările efectuate /56/, au avut ca scop stabilirea compoziției optime și tehnologiei de realizare a acestui beton, în cazul utilizării granulatului de Lugoj și în condițiile tehnologice din bazele de producție a trustului. În acest scop au fost realizate în paralel mai multe variante de rețete, variind pe rând compoziția granulometrică a granulatului, timpul de amestecare și dozaajul de spumant, compoziția și caracteristicile celor cinci amestecuri fiind prezentate în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1

Varianta	Nr probei	Timp de amestecare min	Compoziție betonului						Caracteristicile betonului proaspăt		
			Ciment Pa35 kg/m <sup>3</sup>	Cenușă Minflig kg/m <sup>3</sup>	Apă Usec kg/m <sup>3</sup>	Granulat kg/m <sup>3</sup>		Spumant S.I. l/m <sup>3</sup>	Densitatea aparentă kg/m <sup>3</sup>		Lucrabilitate Grad de compactare Bc
						0-10 mm	10-20 mm		Proiectată	Realizată	
1	55	4	300	300	254	-	630	8	1490	1470	103
2	57	4	300	300	254	310	460	8	1424	1425	104
3	52	4	300	300	280	270	403	7	1540	1500	103
4	53	7	300	300	280	310	480	8	1436	1520	104
5	54	4	300	300	260	-	685	6	1551	1575	103

NOTA: \* Exclusiv timpul de preumectare de 1 minut a granulatului cu 50% din apă  
 \*\* Inklusiv apă absorbită de granulat

Din fiecare variantă de beton au fost prelevate câte 3 seturi de epruvete, tratate termic cu abur viu după ciclul 10+2+9+3= 24 ore, caracteristicile fizico - mecanice obținute fiind prezentate în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2

Varianta	Numarul probei	Vârsta de încercare a epruvetelor					
		1 zi		7 zile		28 zile	
		$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Rc opt/cm <sup>2</sup>	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Rc opt/cm <sup>2</sup>	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Rc don/cm <sup>2</sup>
1	55	1420	112	1553	153	1518	169
2	57	1595	88	1533	115	1487	122
3	52	1530	95	1490	119	1450	120
4	53	1481	75	1442	83	1370	87
5	54	1520	107	1498	107	1450	113

Din analiza compozițiilor și a caracteristicilor fizico-mecanice obținute rezultă următoarele:

Betonul de marcă Bloc se poate realiza la densitatea aparentă admisă de Normativul C 156-81 /96/, de 1550 kg/m<sup>3</sup>, în stare proaspătă și respectiv de 1450 kg/m<sup>3</sup>, în stare întărită la 28 de zile, cu un dozaaj minim de 300 kg/m<sup>3</sup> ciment Pa35, adaos de 300 kg/m<sup>3</sup> cenușă de Minflig și 6 l/m<sup>3</sup> soluție spumant S.I., la 4 minute de amestecare în betoniere cu 72 rot/min, numai cu condiția utilizării sortului de granulat 10-20 mm. Pentru a putea utiliza acestecul total de granulat 0-20 mm, este necesară mărirea dozaajului de spumant sau a duratei de amestecare.

Pentru stabilirea unei corelații optime între densitatea, rezistența la compresiune a betonului și volumul de aer antrenat, respectiv a duratei de amestecare posibil de aplicat cu betonierele aflate în dotare, au fost studiate factorii care influențează cantitatea efectivă de aer antrenat în beton și influența acestuia asupra proprietăților betonului.

### a. Influența duratei de amestecare

În vederea stabilirii influenței acestui factor asupra cantității de aer antrenat în amestecul de beton proaspăt, pentru cele trei tipuri de betoniere cu amestec forțat din dotarea trustului, au fost determinate cantitățile de aer antrenate în beton, de un ados de 2 l spumant S.I. de 2% la 100 kg de ciment, variind durata de amestecare a betonului între 1 și 10 minute. Rezultatele obținute sînt prezentate grafic în fig.5.1.

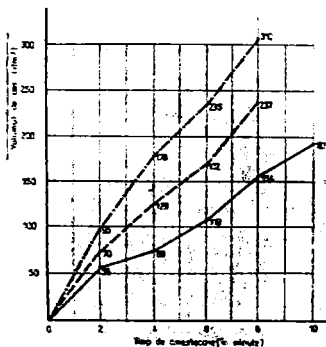


Fig.5.1. Variatia volumului de aer antrenat in amestecul de beton in functie de timpul de amestecare si de viteza betonierii la amestec forat la un ados de 2 l spumant S.I. la 100 kg. ciment.

LEGENDA:  
— betoniera cu 20 rot/min.  
— betoniera cu 72 rot/min.  
— betoniera cu 36 rot/min.

măxime la 5-10 minute, în funcție de viteza de rotație ale paletelor betonierelor utilizate.

### b. Influența dozajului de spumant.

Avînd în vedere că durata totală de preparare de 4 minute prevăzută în /96/ în practică nu se putea mări, s-a studiat efectul măririi dozajului de spumant. Astfel, mărind cu 50% dozajul de spumant în betoniera de laborator, cu 72 rot/min, s-a reușit antrenarea în beton la timpul de amestecare prevăzută de normativ a cantității de cca 20% aer, necesară pentru obținerea în condiții de producție a densității prevăzute în normativ. Pentru a putea realiza acest beton cu ajutorul betonierelor cu amestec forțat de 500 l. capacitate, cu viteza de

Din analiza figurii 5.1. rezultă următoarele concluzii:

1. Cantitatea aerului antrenat la aceeași durată de amestecare este direct proporțională cu numărul de rotații ale sistemului de palete ale betonierelor.

2. La durata de amestecare de 4 minute și dozajul de spumant S.I. prevăzută în /96/, nu se poate realiza introducerea în beton a cantității medii de 200 dm<sup>3</sup> respectiv 20% de aer antrenat la mc; realizarea acesteia necesitînd prelungirea timpului de

36 rot/min a sistemului de amestecare, pînă la posibilitatea achiziționării unor betoniere cu turștie corespunzătoare, pe lîngă majorarea de la  $6 \text{ l/m}^3$  la  $9 \text{ l/m}^3$  a dozajului de spumant s-a trecut la încărcarea la capacitate nominală a betonierei.

**5.2. Experimentări efectuate în condiții de producție.**

În cursul experimentărilor s-a urmărit modul de realizare în producție a caracteristicilor betonului stabilite în laborator și stabilirea tehnologiei de fabricație și montaj a panourilor exterioare în soluție monóstrat.

Cercetările experimentale au fost extinse pe lîngă betonul de marca B100 folosit la panouri autoportante și la realizarea panourilor exterioare portante din beton ușor cu granulit cu cenugă și spumant S.I. de marca B150, atingerea acestei mărci, necesitînd majorarea dozajului de ciment la  $360 \text{ kg/m}^3$ .

Compozițiile, duratele de amestecare și caracteristicile ale betoanelor în stare proaspătă, utilizate la realizarea panourilor, în cele trei variante studiate, sînt prezentate în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3

Nr. ord.	Tipul panoului	Măru de marca betonierii	Dura. de amestecare în min.	Compoziția betonierii în				Compoziția betonierii în				
				Ciment	Apă	Gră. de 0-25	Gră. de 25-75	Ciment	Apă	Gră. de 0-25	Gră. de 25-75	
I.	AUTOPORTANT MONOSTRAT	B100/L4	5	300	300	250	770	-	5	1629	1575	105
II.	PORTANT MONOSTRAT	B100/L4	5	380	300	260	780	-	5	1689	1644	105
III.	PORTANT în 2 STRaturi cu B100	B150	1	435	-	304	-	3747	-	-	2370	105

NOTA: a include apă liberă și de granit

Pentru prepararea mecanizată a soluției de spumant „SI” s-a proiectat în colaborare cu specialiști din cadrul Atelierului de proiectare a TAGOM Timiș instalația din fig.5.2.

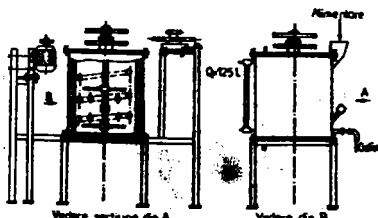


Fig. 5.2. Instalație pentru prepararea soluției Si.

Observațiile efectuate în timpul preparării betonului au arătat că diluarea prealabilă a soluției de spumant în 1/3 parte din apa de amestecare și introducerea acestuia în amestecul de beton numai în faza finală a

introducerii componentilor, facilitează distribuția ei mai rapidă în masa amestecului și conduce astfel la repartizarea mai uniformă a porilor în structura betonului întărit.

Compactarea betonului turnat în elemente s-a făcut practic fără vibrație mecanică, lucrabilitatea bună a acestui tip de beton asigurînd autocompactarea acestuia, la punere în operă necesitînd numai bateres rama și a platformei de tur-



S-a constatat de asemenea că, la punerea în operă, serul antrenat îmbunătățește lucrabilitatea betonului, afectează calitativ mobilitatea amestecului de beton; la același nivel de consistență, amestecul conținând aer în exces este mai ușor de turnat și de compactat /223/, necesitând numai o vibrație ușoară. Aceste însușiri favorabile ale betonului cu aer antrenat au condus la ușurarea muncii fizice, la punerea în operă și la mărirea productivității muncii.

Prezența aerului antrenat reduce mustirea, bulele de aer menținând particulele solide în suspensie reduc sedimentarea acestora iar separarea apei nu se mai produce, permițând începerea finisării elementelor, imediat după turnarea betonului, reducând durata ciclului de fabricație.

Tratarea termică a panourilor s-a realizat cu abur viu, după un ciclu total de 24 ore (10+2+9+3), la temperatură < 50°C.

Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului întărit, utilizat la realizarea panourilor în cele trei variante, sînt arătate în tabelul 5.4.

Tabelul 5.4

Nr. crt.	Tipul panoului	Tipul betonului	Caracteristicile betonului din epruvete									
			Beton sădorit la:									
			7 zile		28 zile		28 zile		28 zile		28 zile	
I.	AUTOPORTANT MONOSTRAT	BG-CF 100/14	1578	1517	83	1496	372	1456	117	1415		
II.	PORTANT MONOSTRAT	BG-CF 100/14	1546	1495	87	1440	330	1432	164	1396		
III.	PORTANT ÎN SANDVIȘ	B250	2367	2276	140	2285	226	2256	257	1930		

NOTA: - - - Densitatea aparentă medie și absorbția de apă de beton diferit  
150 250 - BGA

Din compararea densității aparente ale betoanelor din panouri determinate în situ, prin cîntărirea cu dinamometru a panourilor, rezultă că densitățile aparente ale betoanelor ușoare cu adăos

de cenușă și spumant S.I. din panourile monostat (variantele I și II), sînt cu 100 kg/m<sup>3</sup>, respectiv 170 kg/m<sup>3</sup> mai reduse, decît densitatea aparentă medie a celor două betoane diferite (beton greu B250 și B.C.A), din panoul cu structură sandviș (variante III), conferind acestora o rezistență la transmisie termică sporită.

Din prelucrarea statistică pe calculator a rezultatelor determinărilor privind rezistența la compresiune și densitate aparentă, obținută la încercarea a 144 probe prelevate din cele două mărci de betoane realizate, a rezultat că între aceste două caracteristici există o dependență liniară, reprezentată grafic în fig. 5.3.

Pentru cele două mărci de betoane rezultînd dreptele de regresie.

$$R_c = 0,361 \cdot f_b - 403,72, \text{ pentru BG-CF/100 și } (5.1.).$$

$$R_c = 0,293 \cdot f_b - 304,51, \text{ pentru BG-CF/150 } (5.2.).$$

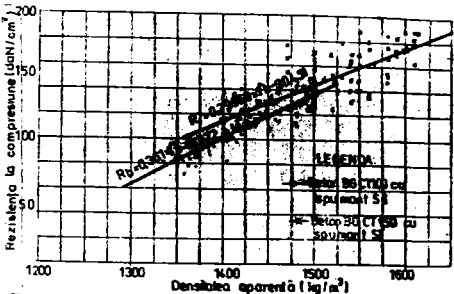


Fig.5.3. Corelația între densitatea aparentă și rezistența la compresie a betonului ușor de granuliți cu ados de cenușă și spumant S.I.

Comparația acestor betoane cu betoanele ușoare de izolație-rezistență realizate în țara noastră și în alte țări, este redată în fig.5.4.

Proprietățile favorabile ale acestor betoane au fost confirmate și de valorile conductivităților termice obținute, prezentate în tabelul 5.5.

Tabelul 5.5

Tipul de beton	Structura betonului	Marca betonului	Densitatea aparentă a betonului			Conductivitatea termică λ, W/m°C în stare uscată la 28 zile
			Precipitat	Încălzit la 28 zile	Uscat la masa constantă	
Betoane de izolație și rezistență	Compoziții cu aer și spumant în masă	80-CT	1522	1448	1342	0,28
		100-CT	1522	1448	1342	0,53
		120-CT	1444	1358	1456	0,40
						0,58

Datele obținute în cadrul acestor experimentări, împreună cu rezultatele obținute de Biroul ICRPDC din Cluj-Napoca, și Iași, în cercetările din /98a/, /325/, /330a /, au stat la baza completării normativului C 155-81/ 96/, privind prepararea și utilizarea betoanelor ușoare, cu anexe VIII, privind utilizarea agregatelor de granuliți class A3b, cenușei de centrale termoelectrice și spumantilor la realizarea elementelor de închidere și separare.

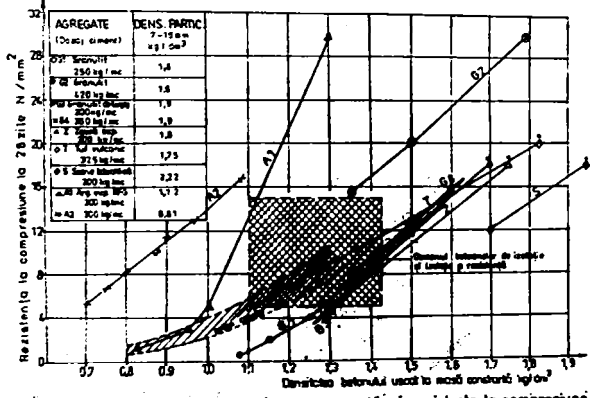


Fig. 5.4. Relația dintre densitatea în stare uscată și rezistența la compresie la 28 zile a betonului ușor de granuliți de Lugoși cu cenușă și spumant, în comparație cu betoane similare realizate cu argilă expandată în RFG și cu ale agregate ușoare în țară.

### 5.3. Folosirea pancurilor exterioare la blocuri experimentale.

Pe baza rezultatelor pozitive obținute în cercetările de laborator și în experimentări, s-a trecut la producerea în serie, din beton BG-CT 150 cu ados de cenugă și spumant S.I., a pancurilor exterioare în structură monostat.

Pancurile au fost folosite la:

- Blocul 10 din zona Matei Băssareb, cu 5 niveluri având spații comerciale la parter (Fig.5.5), cu structura de rezistență din diafragme monolite în sistem celular.



Bloc 10. Z. Matei Băssareb-  
Cluj, oraș cu pancuri exte-  
rioare, monolite din BG  
100-CT/1,4 finisate în  
poligon.

Pancurile autoportante de 32 cm grosime de la fațada principală și posterioară, au fost realizate din beton ușor de granulat cu cenugă și spumant S.I. marca BG100-CT/1,4, cu paramentul exterior finisat în poligon cu beton șperent realizat prin turnare raversă. De asemenea s-au folosit pancuri de placare a diaframelor de fronton de 25 cm grosime realizate din același beton, având și rol de cofraj pentru turnarea betonului. Aceste pancuri au fost realizate prin turnare raversă, cu amprente sub formă de baghete verticale, prelucrate prin scîlțuire, asigurând astfel vizibilitatea structurii betonului, realizând un aspect și colorit plăcut al fațadei.

- Blocul 36 din zona Ion Ionescu de la Brd, cu 5 niveluri, cu structura din pancouri mari executat conform proiect tip IPCT 770 (Fig.5.6.).

Pancurile exterioare de 32 cm grosime în structura monostat au fost realizate din beton ușor de granulat cu ados de cenugă și spumant S.I. marca BG 150-CT/1,5 finisate în poligon cu beton ușor amprentat colorat.



Fig.5.6.

Bloc 36 z. Ion Ionescu de la Brad Timișoara cu panouri exterioare portante monostret din BG 150-CT/1,5 finisate în poligon.

Experimentările tehnologice efectuate cu ocazia realizării blocurilor experimentale au arătat că în cursul operațiilor de decofrare, manipulare, transport și montaj, panourile și-au păstrat integritatea, neapărând fisuri sau stărbături/56/.

Urmărirea comportării in situ a clădirilor experimentale a arătat că în cursul iernii anilor 1983-87, pe fața interioară a pereților exteriori realizați în soluție monostret, nu a apărut condens și nici variații importante a temperaturii interioare. De asemenea finisajul aplicat panourilor din turnare și-a comportat foarte bine.

#### 5.4. Concluzii

Prepararea betonului ușor cu granulat de izolație și rezistență compact având micropori înglobați și fabricarea din acest nou tip de beton ușor, a elementelor de închidere în structură monostret, se poate realiza în condiții de lucru și de dotare existente în fabricile de prefabricate din țară, necesită în plus numai dotarea stațiilor de betoane cu dispozitive de preparare mecanizată și de dozare soluției de spumant prezentate în (fig.5.4.). De asemenea, pentru încadrarea duratei de preparare a acestui beton, în prevederile normativului C.155-81 /96/, este necesară dotarea stațiilor de betoane cu betoniere cu amestec forțat cu turție > 70 rot/min. fabricate la I.U.V.S. Satu-Mare.

Compozițiile și condițiile tehnologice stabilite, asigură realizarea în condiții de producție, pentru betonul din panouri, a mărcilor de Bloc ... B150, și a rezistențelor prescrise în toate fazele de lucru, la densități care se încadrează în prevederile normativului /96/.

Experimentările tehnologice efectuate, au arătat că panourile, în cursul decofrării, manipulării, transportului și

montajului și-au păstrat integritatea, neapărând fisuri sau stăvilituri.

Densitatea aparentă, caracteristicile termotehnice ale betonelor realizate, asigură panourilor de închidere monostrat, de 32 cm grosime, o rezistență la transmisie termică la nivelul atins de soluția în structură sandwich cu termoizolația din BCA,-

Pentru îmbunătățirea performanțelor termotehnice a acestor panouri în vederea încadrării lor în noile prescripții, este necesară luarea de măsuri pentru reducerea de către fabricile furnizoare a densității granulatului și respectiv pentru asocierea acestui beton, în structura panourilor, cu materiale de izolare termice superioare (vată minerală, polistiren, soluție prezentată în cap.6.

Urmărirea comportării in situ a clădirilor de locuit realizate experimental cu panouri exterioare în noua soluție, a arătat o comportare higrotermică bună, neapărând condens și nici variații importante de temperatură în încăperi.

Rezultatele cercetărilor de laborator și experimentărilor industriale efectuate, au dus contribuții la elaborarea de către Filiala ICCPD din Cluj-Napoca, a completărilor din 09.03.1984 la Normativul C.155-81 /96/, referitoare la utilizarea granulatului, cenusei de centrale termoelectrice și spumantilor la executarea elementelor de închidere și de compartimentare, constituind totodată o bază concretă pentru elaborarea, în această soluție de către IPROTIM a unor proiecte de execuție pentru clădiri de locuit /289/, /314/, contribuind astfel la aplicarea la fabricarea în serie, în perioada 1982-84, a panourilor de închidere în structură monostrat din acest nou tip de beton ușor cu caracteristici termotehnice superioare, deschizând drumul folosirii lui în structura panourilor exterioare bi, tri și multi-strat, prin asocierea ei cu diverse materiale superioare sub aspectul eficienței izolării termice, soluții prezentate în /314/ și la cap.6.

## CAP.6 VALORIFICAREA CERCETĂRILOR.

Rezultatele obținute pe parcursul cercetărilor au fost introduse direct în producție, contribuind la extinderea sferei de folosire a betonului ușor cu granolit. Astfel, în perioada 1974 - 1988 a fost realizat la T.A.G.C.M. Timiș, peste 570.000 m<sup>3</sup> de beton ușor cu granolit de Lugoj și utilizat la executarea de peste 18.000 apartamente în clădiri de locuit și a unui număr important de construcții social- culturale.

De asemenea, aceste rezultate au fost folosite la elaborarea sau completarea de acte normative și proiecte precum și a unsprezece instalații și procedee tehnologice protejate prin brevete de invenții și certificate de inovator.

### 6.1. Tehnologii aplicate. Tipuri de structuri și elemente prefabricate realizate din beton ușor cu granolit de Lugoj.

#### 6.1.1. Panouri de închidere perimetrele autoportante la clădiri multietajate cu structură din beton greu.

##### 6.1.1.2. Aspecte generale

În baza cercetărilor de laborator și experimentărilor preliminare efectuate, prezentate în capitolele 2,3 și 4, T.A.G.C.M. Timiș în colaborare cu I.P.C.M.C. București și I.PHOTIM, începând cu toamna anului 1974 a trecut la realizarea pe scară industrială, în poligoanele de prefabricate proprii, a panourilor exterioare autoportante din beton ușor cu granolit de Lugoj destinate clădirilor de locuit și social- culturale /50/, /61/, /79/, /127/.

Conform proiectelor inițiale, aceste panouri aveau structură sandwich din beton greu B250 și termoizolație din b.c.s. GBN 25, de 12,5 - 15,0 cm grosime.

Calitățile termoizolatoare superioare conferite betonului ușor, de folosirea la prepararea acestuia a granolitului clasă A 3 a livrat de Fabrica „Mondial” Lugoj și condițiile climatice favorabile ale zonei orașului Timișoara-

re, au permis realizarea panourilor autoportante în structura monostat din beton ușor compact BG 150-1,7 /79/. În afara soluției monostat au mai fost realizate și soluțiile prezentate în tabelul 6.1. /127/, /128/, combinând avantajele betonului ușor cu cele ale unor materiale cu proprietăți termoizolatoare superioare respectiv la utilizarea la realizarea panourilor cu structura monostat a betonului ușor cu ados de spumanti, prezentat detaliat în cap.5.

Tabelul 6.1

Tipul de panou	Schema structurii panourilor	Grosimea panourilor în cm	Structura panourilor
1		30-32	Masa din BG-CT100/14 sau BG-CT150/15 cu ados de spumanti
2		30-35	Masa din beton pe carter din BG 250/18 cu maxim 10% purt. termice și cu placă din BG-CT100 sau BG-CT100/13 de spumanti
3		20-35	Beton din BG 250/17-18, cu maxim 12% purt. termice și termoizolația din b.c.a. GBN 25 de 15, 20, 25, 30 cm
4		17,5-20	Sandwich (beton) cu 15-18% purt. termice și termoizolația din vol. mineral 600 sau polistiren expandat de 7, 2, 4 cm
5		25-30	Sandwich (beton) cu 15-18% purt. termice și termoizolația din b.c.a. GBN 25 de 15 sau 20 cm
6		25-28	Masa din BG 250/17-18 sau BG-CT100/14 sau BG 150-1,7 cu maxim 10% purt. termice și termoizolația formată din vol. mineral 600 de 8 cm și b.c.a. GBN 25 de 7 cm

6.1.1.3. Tehnologia de realizare a panourilor.

Panourile exterioare din beton ușor au fost realizate pe liniile de fabricație ale poligonelor trustului, cu utilajele și tiparele din dotarea acestora, folosite la fabricarea panourilor exterioare din beton greu/79/. Măsurile suplimentare au fost luate numai la prepararea și tratarea termică a betonului, arătate detaliat la pct.4.3 și 4.6. a cap. 4 din teză.

Analizând tehnologia de realizare a panourilor din beton ușor cu granulat în structura monostat, comparativ cu cea curent folosită la fabricarea panourilor din beton greu în trei straturi, a rezultat că aceasta simplifică mult operațiunile de realizare a panourilor. Astfel, montarea armăturii se poate realiza într-o singură etapă iar turnarea și compactarea betonului se poate efectua fără întrerupere pe întregul grosime a elementelor, eliminând întreruperile în procesul tehnologic, necesare la realizarea panourilor în soluție sandvich, ducând la scurtarea ciclului de fabricație și la mărirea productivității muncii, la fabricarea panourilor.

Compozițiile și caracteristicile betoanelor ușoare folosite la realizarea panourilor în soluțiile prezen-

date în tabelul 6.1. sînt indicate în tabelul 6.2.

Compoziția și caracteristicile betonului	Tabelul 6.2								
	Panouri exterioare autoportante				Diagrafe monoale		Panouri mari		Moldajon
	BG-C17 100 cu spumant	BG-C17/150 cu spumant	BG-150	BG-C17 150	BG-200	BG-C17 200	BG-250	BG-C17/250	
<b>COMPOZIȚIA BETONULUI</b>									
Granul 0-10 mm în volum	30-35	30-35	38-47	30-34	38-42	30-34	40-45	32-37	72-78
Granul 10-20 mm în volum	65-70	65-70	40-46	40-45	32-36	32-36	32-36	32-36	-
Rea de bătărie 0,3 mm (în % de volum)	-	-	15-20	15	22-30	15-23	20-25	13-19	23-27
Ciment Pz 35 (în kg)	300	360	270-300	200-230	260-320	220-250	330-400	300-320	400-425
Serisub de ciment (în kg)	300	300	-	70	-	60	-	80	-
Dispersant din greutate	-	-	-	-	0,05-0,20	0,15-0,20	-	-	-
Soluție de spumant SI (în l)	9	8	-	-	-	-	-	-	-
<b>CARACTERISTICILE BETONULUI</b>									
Densitatea beton proaspăt (în kg/m <sup>3</sup> )	1456-1488	1512-1700	1702-1626	1660-1776	1748-1722	1607-1657	1566-1584	1624-1470	1626-1624
Densitatea beton uscat la 28 zile (în kg/m <sup>3</sup> )	1360-1400	1410-1510	1625-1725	1605-1725	1700-1620	1585-1620	1560-1580	1630-1485	1620-1620
Coeficientul de conducție termică A (în W/m.K)	0,32-0,38	0,35-0,42	-	-	0,42-0,53	-	0,48-0,58	-	-
Rezistența la compresiune la 28 zile (în MPa)	88-105	127-207	162-203	160-212	218-296	218-251	235-312	212-308	302-361
Modulul de elasticitate (în MPa)	13.145	13.7-16.5	13.5-15.1	14.2-16.1	16.0-17.0	15.6-16.2	17.2-17.0	16.0-17.2	17.0-17.1

Legendă: Beton ușor cu granulit clasa A3a \*\* Beton ușor cu granulit clasa A3t

**6.1.1.4. Construcții realizate**

Pe baza cercetărilor realizate de TSCM Timiș, IBCMC, IBCOTIM și I.P.T. și a proiectelor elaborate de IBCOM /79/, /127/, /128/, panourile exterioare autoportante din beton ușor granulit au fost montate la următoarele tipuri de clădiri de locuit și hoteliere:

a. Clădiri de locuit S+P+LOE, cu structura de rezistență formată din diafragme în sistem figură din beton greu monolit B200 și panouri exterioare autoportante de 30 cm grosime din beton ușor cu granulit clasa A3a EG 150-1,7, în structură monostat, însumând un număr total de 284 apartamente /79/, /146/, din care:

- blocul A3 din Cal. Aradului Timișoara, cu 44 apartamente (fig.6.1.)



Fig.6.1. Bloc A3 C./rađului Timișoara



- blocurile A1 și A2 din str. Gh.Lazăr Timișoara, cu 240 apartamente( fig.6.2).



Fig. 6.2. Blocurile A.1 și A.2.  
str. Gh.Lazăr Timișoara

b. Corpul nou de cazare S+P+M+7...9E a hotelului „Timișoara, de 300 locuri, cu structura în cadre din beton greu monolit și panouri exterioare autoportante cu grosimea variabilă între 27 și 35 cm din beton ușor cu granulit BG250-1,8 , cu termoizolația din b.c.s. GR 25(fig.6.3). Panourile au fost finisate complet în fabrică, cu sticlă albă, realizată din turnare, în cofraje spațiale/123/,/116/,/145/.



Fig.6.3. Hotelul  
„Timișoara”



Fig.6.4. Blocurile din Piața  
agro-alimentară din zona  
Circumvelațiunii II  
Timișoara.

c. Căminii de locuit S+P+G...10E, cu structura formată dintr-un nucleu central monolit și cadre periferice prefabricate din beton greu obișnuit și elemente de planșeu de tip dală

de 21 cm grosime din beton ușor cu granolit BG300-1,9 , cu panouri exterioare autoportante în structură monostrat din beton ușor cu granolit BG 150-1,7 ,de 27 cm grosime.În această soluție au fost realizate în Cluj oraș peste 400 apartamente /50/,/146/.

Panourile exterioare au fost realizate în tipare metalice prin turnare reversă, cu fețele exterioare amprentate, care a fost finisată pe șantier numai prin vopsire cu vopsea vinazon.(fig.6.4.).

6.1.1.5. Avantajele tehnico-economice realizării panourilor, în variantele studiate sînt reprezentate grafic în fig.6.5.

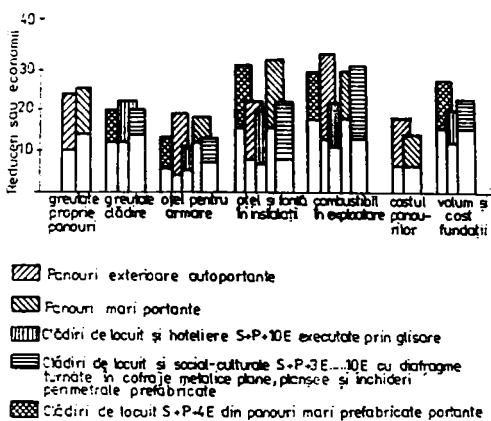


Fig. 6.5 Avantaje tehnico-economice rezultate la folosirea în județul Timiș a betonului ușor cu granolit în comparație cu betonul obișnuit

### 6.1.2. Clădiri multietajate din beton ușor cu granolit amolit executate cu ajutorul cofrajelor glisante.

#### 6.1.2.1. Aspecte generale

Realizarea construcțiilor înalte din beton armat amolit cu ajutorul cofrajelor glisante, s-a dovedit a fi un procedeu eficient, conducînd la scurtarea duratei de execuție a structurilor de rezistență și la mărirea productivității muncii. Pe parcurs ,metoda a fost îmbunătățită de T.C.M.Timișoara prin executarea simultană a planșelor și a unor finisaje cu glisarea pereților,permițînd reducerea într-o mai mare măsură, a duratei de execuție /157/.

Din analiza modului de realizare a pereților exteriori în structura sandwich, în trei straturi,avînd stratul

portant și cel de protecție, din beton greu iar stratul intermediar din plăci termoizolante din b.c.s./17/,/38/,/60/,/90/,/101/,/340/,/342/,/352/, s-a constatat producerea frecventă a următoarelor defecțiuni:

- antrenarea corpurilor termoizolante în masa betonului de rezistență, reducându-se astfel grosimea acestora;

- nerezalizarea unei continuități a termoizolației la rosturile între plăcile termoizolante și în dreptul cernelor de oțel beton de la tijele verinelor;

- creșterea de punți termice, prevăzute în proiecte, la nivelul planșelor și la capetele diafragmelor și ferestre accidentale, în timpul curent al pereților, datorită utilizării plăcilor termoizolante stricbite sau a fragmentelor de plăci;

- uzurarea plăcilor termoizolante din b.c.s. în timpul transportului și depozitării respectiv la punerea lor în operă, între cele două straturi de beton proaspăt, scăzând eficiența termică a acestora.

Aceste defecțiuni pe lângă slăbirea capacității portante a pereților exteriori, prin reducerea considerabilă a eficienței termice a acestora duc la pierderi de căldură și la apariția de condens în încălzire. În plus operațiile grele de pozare a plăcilor termoizolante diminuează semnificativ productivitatea muncii pe șantier /26/,/35/,/49/,/73/,/135/,/267/.

Soluțiile indicate în literatura de specialitate pentru evitarea acestor fenomene ca: reducerea dimensiunilor punților termice, evitarea uzurii plăcilor termoizolante în b.c.s. la transport, depozitare pe șantier și la punere în operă, respectiv execuția îngrijită și numai în perioadele calde ale anului, sânt, dacă nu imposibile, dar, greu de realizat, ținând cont de condițiile tehnologice reale de execuție de pe șantier.

Înlocuirea numai a betonului greu din structura acestor pereți, cu beton ușor de granulat - material cu o capacitate de izolare termică sporită - păstrând miezul termoizolator din plăci de b.c.s., a ameliorat semnificativ comportarea higrotermică a acestora, dar nu a eliminat dificultățile tehnologice arătate /36/,/182/.

Îmbunătățirea radicală a situației, constând din eliminarea completă a defecțiunilor și consecințelor negative arătate mai sus - în condițiile reale de execuție de pe șan-

tiere - s-a reușit să se obțină numai prin adoptarea la realizarea pereților exteriori glisați, a unei structuri, formată dintr-un singur strat de beton ușor de rezistență cu granulit, care prin proprietățile sale izolatoare, asigură o termoizolația acestora.

Pe baza experienței câștigate la realizarea în structură no castat a penonșurilor exterioare autoportante /72/, și la experimentările efectuate în laborator și pe construcții la experimentale, arătate în /49/, /135/, /146/, în a doua jumătate a anului 1974, s-a putut trece pentru prima dată în țara noastră, în Bistrița, la realizarea din beton ușor cu granulit de rezistență, cu ajutorul cofreajelor glisante și în condițiile de producție curentă, a clădirilor multietajate. La aceste construcții sînt pereții interiori cît și cei exteriori au fost realizați în structură monostat (dintr-un singur strat) din beton ușor cu granulit BG 200-1,3 /135/.

#### 6.1.2.2. Tehnologia de execuție aplicată

Modificarea, încă din faza de concepție, a soluției de realizare a pereților exteriori, prin înlocuirea soluției sandwich din beton greu, avînd stratul termoizolator din plăci b.c.a., cu beton ușor de granulit în structură monostat, a dus la schimbări importante și în tehnologia de execuție a acestora.

Astfel, prin eliminarea operațiilor laborioase de pozare a plăcilor termoizolatoare, s-a simplificat execuția pereților exteriori, devenind identică cu cea a pereților interiori, eliminîndu-se totodată și frecvențele defecțiuni înregistrate, în vechea soluție, la realizarea izolației și a structurii însăși.

În schimb, pe baza rezultatelor obținute cu ocazia cercetărilor preliminare și experimentărilor efectuate, arătate la capitolul 3 ținînd cont de proprietățile specifice ale granulitului de Logoj, la prepararea betonului, au fost necesare luarea următoarelor măsuri tehnologice suplimentare:

- preumectarea granulitului, la o umiditate între 9 și 10%, asigurînd prin aceasta menținerea lucreabilității betonului proaspăt în intervalul de timp între prepararea și punerea în operă a acestuia /135/, /146/;

-prepararea betonului cu adaos de Disan(0,15-0,2% editiv substanță uscată din dozaajul de ciment), obținând reducerea cu 6-8% a cantității apei de amestecare și mărirea lucrabilității și coeziunii betonului proaspăt și în paralel, reducerea în medie cu  $50 \text{ kg/m}^3$  a densității și îmbunătățirea gradului de impermeabilitate a betonului întărit, fără a afecta negativ rezistența acestuia /114/,/146/,/149/;

-sporirea ponderii în greutate în agregatul total a conținutului nisipului de balastieră 0-3 mm, de la 23% adăis de normativ /96/ la 28-30%, compensând deficitul de fracțiune fină din granulit și atribuind betonului proaspăt calități superioare de lucrabilitate și de păstrarea formei de decorație /199/,/253/, dar mărind totodată, cu  $50-60 \text{ kg/m}^3$ , densitatea aparentă a betonului întărit /116/,/129/,/145/,/149/,/193/,/202/.

Rețeta de preparare și caracteristicile betonului sunt arătate în tabelul 6.2. Betonul proaspăt a avut o consistență plastică cu o tasare de 7 cm.

Lăcății clădirilor s-au realizat cu ajutorul cofrajului glisant prin metode glisării intermitente /310/.

Ținând cont de faptul că în sistemul de lucru aplicat, în timpul cît glisarea<sup>era</sup> pentru turnarea planșelor, în dreptul fiecărui nivel, betonul rămas pe căptușeala din tablă a fetelor interioare, ale cofrajului adăis puternic de aceea, necesitînd un consum mare și costisitor de manoperă pentru curățire, sistemul constructiv al cofrajului a fost modificat. Modificarea a constat în înlocuirea asterelei din scîndură căptușită cu tablă zincată, cu un singur strat de placaj bachelitizat de 16 mm grosime, fixat direct de scheletul de rezistență a cofrajului /116/,/135/,/146/. În urma aplicării acestei modificări, practic a dispărut pericolul antrenării betonului în timpul glisării, cauzată anterior de aderența și frecarea de cofraj sporite, urmîndu-se și manopere de curățire la fiecare nivel a cofrajului /146/.

Turnarea betonului în pereți s-a realizat continuu (proaspăt pe proaspăt), conform prevederilor din normativ/101/ și a instrucțiunilor tehnologice interne, elaborate de autor și colectivul de colaboratori/157/.

Din experiența lucrărilor realizate a rezultat că la betonul ușor cu granulit- mai mult decât la betonul greu - ritmul constant de aprovizionare cu beton a platformei de lucru a cofrajului glisant și de betonare a pereților, este unul din elementele tehnologice esențiale ale glisării, asigurând monolitizarea pereților /116/, /146/, /310/.

Compactarea betonului la primele lucrări s-a realizat manual cu șipca. Din urmărirea in situ, prin carote extrase din disfragmele acestor clădiri, datorită compactării manuale mai alabe, cât și a sfînșirii betonului ca efect al forțelor de frecare dintre aceasta și cofrajul glisant în mișcare s-a constatat - în special la disfragmele intericare de grosime reduse (15 cm) - diferențe mari, în minus, între rezistențele obținute pe carote în comparație cu cele pe cuburi de probă (se vede pct.7.1. al Cap.7 din teză) și /18/, /19/.

Pentru diminuarea acestor diferențe, s-a trecut la compactarea betonului cu vibratoare de interior, cu butelii de 38-58 mm diametru cu frecvență mare (min.12.000 rot/min) și cu amplitudine redusă (sub 8 mm). Pentru ca betonul din ultimul strat al disfragmeilor, să se realizeze de aceeași calitate ca în restul elementelor, la aceasta s-a aplicat o vibrație suplimentară, la un interval de cca.20-30 minute.

Cu ocazia punerii în operă s-a constatat o separare de apă mai redusă ca la betonul greu, apă separată în maximum de 30 minute a fost absorbită de beton, nefiind necesară evacuarea ei din cofraj, ca la glisarea pereților din beton obișnuit greu /116/, /146/, /149/.

Practica lucrărilor realizate a dovedit că în general viteze de întărire a betonului ușor de rezistență cu granulit, în condiții normale de întărire, este mai mare în prima perioadă, decât cea a betonului greu, ducând la mărirea în medie cu 20% a vitezei de glisare. Ca urmare, timpul necesar glisării pereților unui nivel s-a redus cu 3-4 ore, în funcție de condițiile climatice și de preselectarea a granulitului (se vede Cap.3 pct.3.3.3) și /105/, /107/, /116/, /120/, /128/, /135/, /146/, /177/.

Protejarea betonului după ieșire din cofraj, s-a făcut conform normativului nefiind necesară luarea de măsuri suplimentare, decât în cazul timpului frigusos /116/, /146/.

Datele privind caracteristicile betonului ușor cu granulat de Lugoj, folosit la realizarea cu ajutorul cofrajelor glisante a unor construcții executate în județul Timiș în perioada 1974-78, obținute prin prelucrarea statistică, după metoda grafică CEB a rezultatelor încercărilor de laborator efectuate de subsemnatul și colaboratori, în cadrul lucrărilor /107/, /146/, sînt prezentate sintetic în tabelul 6.3.

Tabel 6.3

Denumirea construcției	Datele date		Rezistența la compresiune			
	Densitatea aparentă medie la 28 zile $\rho_{28}$ kg/m <sup>3</sup>	Coficient de variație Cv %	Rezistența medie la 28 zile $R_{cm}$	Coficient de variație Cv %	Grad de omogenitate	Clasă
Bloc #5A C. Șogului	1755	4,8	299	II	I	21
Bloc #5B C. Șogului	1630	3,3	211	II	II	15
Bloc #4 Z. Circumv.	1695	3,5	268	II	I	17
Bloc #3 C. Șogului	1683	3,0	273	II	II	15
Bloc #3 C. Șogului	1713	2,8	237	I	I	12
Bloc #2 C. Șogului	1593	2,8	274	I	I	12
Bloc #5A C. Șogului	1700	2,9	277	I	I	13
Bloc #5C Șogului	1710	2,7	232	I	I	10
Bloc #5 Z. Circumv.	1702	2,8	233	I	I	12
Hotel Muntele-Blac	1737	2,8	299	I	I	11
Hotel CAP Buzias	1745	2,9	234	I	I	14

Analize datelor din tabelul 6.3. permit formularea următoarelor concluzii:

- rezistențele aparente medii la 28 zile în cazul folosirii granulatului clasa A3a, practic se încadrează în prevederile normativului /96/ pentru betoane ușoare de granulat BG200-1,7, prevăzute în documentația lucrărilor

analizate pentru realizarea în structură monostat a pereților exteriori;

- rezistențele medii obținute în execuție sînt egale respectiv depășesc marca prescrisă, sub aspectul omogenității, cu excepția primului bloc experimental, încadrîndu-se în gradul I și II de omogenitate, confirmînd faptul că la betonul ușor cu granulat de Lugoj se pot obține acești mărci ca și la betonul greu, fără majorarea dozajului de ciment.

### 6.1.2.3. Construcții realizate

Cu ajutorul cofrajelor glisante, în perioada 1974-1978, s-au realizat în orașele Timișoara și Lugoj, un număr de 35 clădiri de locuit S+P+LOE, însumînd 1520 apartamente și două hoteluri S+P+9E, cu un număr total de 550 locuri /50/, /61/, /146/.

Structura de rezistență de tip fagure a acestor clădiri, s-a realizat din beton ușor cu granulat marca BG200-1,9 și era formată din diafragme în structură monostat (pereți interiori de 15 cm și pereți exteriori de 30 cm) și planșee de 10-12 cm grosime.

Clădirile de locuit P+LOE au fost de trei tipuri: un tip „punct”, prezentat în figura 6.6. și două tipuri „bară” (fig.6.7 și fig.6.8.).



Fig.6.6. Bloc T.6 C.șe-  
gului Sinișoara



Fig.6.7. Blocurile  
B.23-25 Calea  
Terenalului  
Sinișoara



Fig.6.8. Bloc D.6  
C.Șegului

Corpul înalt S+P+9E, cu 250 locuri al hote-  
lului de la Complexul Muntele Mic (Fig.6.9) are structura  
în cadre din beton greu marca B300 la subsol și parter și din  
diapragme de tip figură, din beton ușor cu granulat marca B200-  
1,8 cu pereții monostrat /116/, /120/.

Structura hotelului UNCAF din Buziaș cu P+9E  
(Fig.6.10), era formată din diapragme sistem figură, realizate  
integral din beton ușor cu granulat marca B200-1,8.

Comportarea „in situ” a lucrărilor realizate a  
fost urmărită începând chiar de la primele lucrări experimen-  
tale, de către T-AGCM Timiș, în colaborare cu Catedra de beton



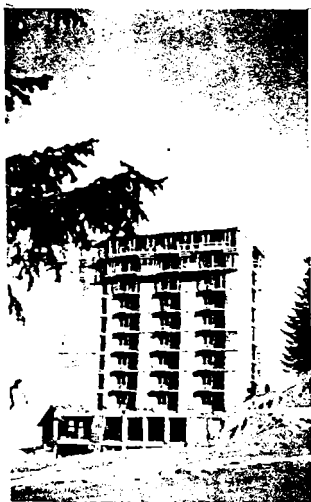


Fig.6.9. Hotelul  
Muntele Mic

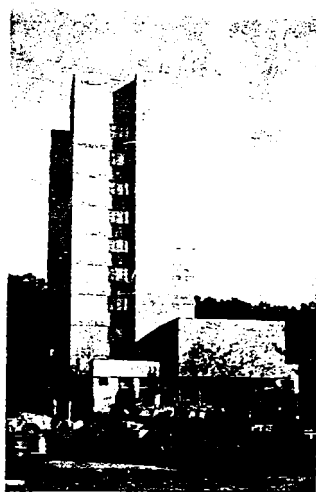


Fig. 10

șinet a Fac.de Construcții Timișoara, ICPCB București și IPROTIM. Rezultatele obținute arătate în mod detaliat la Capitolul 7 și în /18/, /19/, /69/, /105/, /116/, /121/, /129/, /153/, /203/, /352/, atestă o comportare bună a tuturor clădirilor realizate din beton ușor cu ajutorul cofrajelor glisante.

### 6.1.2.3. Avantajele tehnico - economice.

Avantajele obținute /50/, /123/, sînt prezentate sintetic în graficul din fig.6.5.

La avantajele indicate în fig.6.5 se adaugă în plus comportarea mai favorabilă la foc/93/, /174/, /133/, /354/ și la solicitări seismice /7/, /193/, /221/, a structurilor, datorită proprietăților granuilitului și respectiv a greutateii proprii mai reduse a clădirilor, precum și comportarea hidrotermică superioară a pereților exteriori realizați din beton ușor în structură monostret /19/, /130/, /153/.

Un exemplu elocvent pentru ilustrarea multiplelor avantaje aduse de utilizarea betonului ușor cu granuilitul constituită executarea cu ajutorul cofrajului glisant a corpului înalt al hotelului turistic de la Stațiunea Muntele Mic.

La această lucrare prin înlocuirea, în structură de rezistență a clădirii, a betonului greu cu beton ușor cu granuilit și prin reproiectarea planșelor și a pereților exteriori, în structură monostret, s-au realizat următoarele avantaje tehnico-economice /116/:

-eliminarea plăcii din oțel beton în cantitate de 5600 kg, cu care a fost armat constructiv, în soluția sandwich, betonul din stratul de protecție al termoizolației de la pereții exteriori;

-creșterea cu peste 20% a productivității muncii, prin eliminarea manoperei de pozare laborioasă a plăcilor termoizolatoare din b.c.s.;

-îmbunătățirea confortului termic al încăperilor hotelului, prin eliminarea punților termice prevăzute în proiect și a discontinuităților produse accidental la realizarea termoizolației și respectiv a structurii însăși ale pereților exteriori în soluția sandwich;

-reducerea cu 12% a consumului de oțel beton la realizarea plășelor, ca urmare a măririi grosimii acestora de la 10 cm la 13 cm, prin înlocuirea cu beton ușor de granulat de rezistență a unei grosimi de 3 cm din stratul suport al sprâncelilor, prevăzut din zăbeton în soluția inițială din proiect;

-reducerea cheltuielilor de transport cu peste 88.000 lei, respectiv cu 30% a consumului de carburanți, prin ușurarea transportului agregatelor la altitudinea de peste 1500 m, la care era situată lucrarea, datorită densității în medie cu 40% mai redusă a granulatului de Lugoj, în comparație cu agregatele grele de balastieră/116/.

### 6.1.3. Clădiri P+3E...10E cu suprastructură din beton ușor cu granulat, cu diafragme turnate în cofraje metalice de inventar, planșee și închideri perimetrice prefabricate.

#### 6.1.3.1. Aspecte generale

Având în vedere rezultatele tehnico-economice favorabile obținute la realizarea cu ajutorul cofrajelor glisante din beton ușor cu granulat a diafragmelor clădirilor multietajate, folosirea acestui material s-a extins și la realizarea diafragmelor turnate monolit în cofraje metalice planșee/50/,/61/,/127/,/13/.

### 6.1.3.2. Tehnologia de execuție aplicată

Tehnologia de execuție folosită nu diferă de cea aplicată în cazul realizării elementelor din beton obișnuit greu /116/, /127/, /128/, /138/, /146/, aplicându-se în plus numai măsurile specifice arătate detaliat la Cap.4.

O problemă tehnologică nouă reprezintă realizarea cofrajii exterioare a diafragmelor de fronton. Aceasta s-a realizat cu ajutorul unor pancuri prefabricate bi-strat cu rol de cofraj pierdut, din beton ușor BG 250-1,8, cu termoizolație din b.c.a. sau din vată minerală. (fig.6.11).

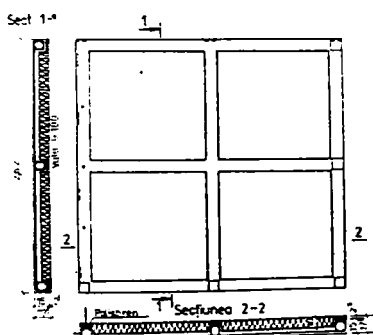


Fig. 6.11. Pancu exterior bi-strat cu rol de cofraj.

Această soluție a eliminat complet operațiunile de decofrare a cofrajelor și de realizarea ulterioară, de pe schele, a straturii termoizolator din zidărie de b.c.a. a acestor diafragme.

Rețetele de preparare a betonului ușor cu granulat folosite și caracteristicile acestor betoane sînt arătate în tabelul

6.2.

### 6.1.3.3. Lucrări realizate

a. Clădiri de locuit P+10E, cu diafragme monolite din BG 200-1,8, în sistem figură și restul elementelor (planșee și pereți exteriori) prefabricate din BG 250-1,8, executate în municipiul Timișoara și Lugoj, însumînd peste 400 de apartamente (fig.6.12), /50/, /61/, /105/, /126/, /127/, /146/.



Fig.6.12. Blocurile 5 și 6 C. Segului Timișoara



Fig.6.13. Bloc cu magazine la parter din C. Segului Timișoara



Fig.6.14. Cămine studen-  
țești din Timișoara



Fig.6.15. Hotelul bal-  
near din Buziaș.

b. Clădiri de locuit P+4E, cu spații comerciale la parter, cu diafragme monolite din BG 200-1,8, în sistem celorlalte și restul elementelor (plăci și pereți exteriori) prefabricate din BG 250-1,8, realizate în municipiile Timișoara și Lugoj și în orașele Buziaș, Jimbolia, Sîmbicelani-Mare (fig.6.12), conform proiectului tip 521, elaborat de IPROCIM, însumând peste 600 apartamente /146/.

c. Cămine pentru studenți P+4E...6E, cu diafragme monolite din BG 200-1,8 în sistem figură din BG 200 și restul elementelor prefabricate, din BG 250-1,8 realizându-se în total, în Timișoara, în perioada 1976-1978, 700 locuri de cazare (fig.6.14), /61/, /116/, /128/, /146/.

d. Corpul de cazare P+3E a hotelului balnear din Buziaș, cu 364 locuri (fig.6.15), cu diafragme monolite din BG 200-1,8, în sistem figură și plăci prefabricate, din BG 250-1,8, /116/, /128/, /146/.

6.1.3.4. Avantajele tehnico-economice sînt prezentate sintetic în graficul din fig.6.5.

6.1.4. Clădiri S+P+1E...3E din panouri mari prefabricate cu suprastructură din beton ușor cu grenulit.

6.1.4.1. Aspecte generale

Ținînd seama de rezultatele tehnico-economice deosebit de favorabile obținute la utilizarea betonului ușor cu grenulit de Lugoj la realizarea clădirilor cu structură

din beton armat monolit/49/,/57/,/61/,/127/,/374/, precum și de ponderea mare pe care reprezentau, în planul T-AGCM Timiș, clădirile de locuit din panouri mari, încă din anul 1975, au început studiile și experimentările pentru realizarea integrată a suprastructurii acestor clădiri din beton ușor de rezistență cu granulit de Lugoj/193/.

Astfel, a fost elaborat de IPNCTM, în colaborare cu ICPMC și T-AGCM Timiș, proiectul tip 19.373 „Clădiri de locuit S+P+4E din panouri mari prefabricate din beton cu granulit clase A3a de Lugoj /17/,/141/. La aceste clădiri pereții exteriori au fost proiectați în două variante :

Varianta I, în structură monostat, de 38 cm grosime din BG 200-1,7

Varianta II, în trei straturi, de 27 cm grosime din BG 250-1,8, cu termoizolația din polistiren sau vată minerală de 8 cm.

Monolitizările au fost prevăzute din BG 300-1,8.

A fost avizată și realizată în anul 1976 varianta II.

#### 6.1.4.2. Tehnologia de execuție.

Tehnologia de fabricație și de montare a panourilor mari din beton cu granulit a fost stabilită pe baze cercetărilor de laborator și experimentărilor tehnologice preliminare efectuate pe liniile de fabricație din poligoanele și pe șantierele trustului /107/,/146/ și a fost finalizată prin elaborarea Instrucțiunilor tehnologice provizorii pentru folosirea granulitului clase A3a de Lugoj la prepararea betoanelor și realizarea elementelor prefabricate pentru construcții de locuințe P+4E și căminelor de nefamilisti /183/.

Fabricarea panourilor din beton ușor de granulit s-a realizat pe liniile de producție ale poligoanelor, în tiparele și cu utilajele folosite pentru confecționarea panourilor din beton greu obișnuit /146/.

Măsurile suplimentare au fost luate numai la prepararea și tratarea termică a betonului, arătate detaliat la Cap.4.

Rețete de preparare și caracteristicile betonului BG 250 sînt redată în tabelul 6.2.

Modul de comportare al panourilor la transport, manipulare și montaj precum și în exploatarea a construcțiilor realizate, a fost urmărită „in situ”, dovădindu-se foarte bună /19/,/129/,/130/.

#### 6.1.4.3. Lucrări realizate.

##### a. Blocuri de locuințe S+P+4E

În perioada 1976-1981 au fost realizate, cu avizul I.P.C.E. București, în Timișoara și alte localități din Județul Timiș, în baza proiectului experimental elaborat de IPHOTIM și respectiv a proiectelor tip 1615 și 770, peste 16.000 de apartamente (fig.6.16),/17/,/50/,/61/,/126/,/127/,/146/.



Fig.6.16. Blocul 40-41 P+4E

din panouri mari din  
C.Aradului-Timișoara

##### b. Clădiri de locuit S+P+8E

În perioada 1978-1984, pe baza proiectului tip (772 /391/, și cu avizul proiectantului IPCT București, în municipiul Timișoara, din beton de granlit au fost construite 6 tranșee de clădiri însumând 216 apartamente (fig.6.17).

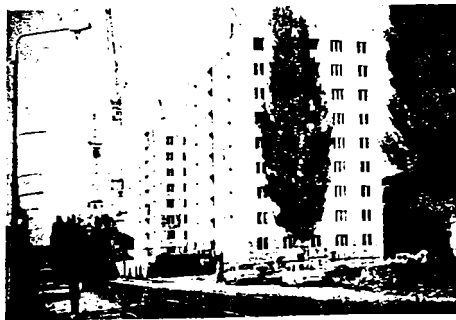


Fig.6.17. Blocurile P+8E din  
panouri mari de pe Calea  
Sportivilor Timișoara

c. Clădiri de locuit P+1E

În baza proiectului elaborat de IPROTEK, în perioada 1985-1988 au fost realizate în localitățile rurale din județul Timiș, un număr de 10 blocuri, cu câte 4 apartamente (fig.6.18).



Fig.6.18. Bloc P+1E din panouri mari din comune Sag.

d. Creșe-grădinițe P+1E și scoli generale P+3... 4E

În baza unor proiecte tip, au fost realizate în perioada 1976-78, în județul Timiș, 800 locuri în creșe și 1320 în grădinițe și 80 de săli de clasă, (fig.6.19 și 6.20).



Fig.6.19. Creșă-grădiniță în Timișoara



Fig.6.20. Școală cu 16 clase din Timișoara

6.1.4.4. Avantaje tehnico-economice

Avantajele utilizării betonului ușor la realizarea clădirilor de locuit cu suprastructura din panouri mari prefabricate sînt reprezentate sintetic în fig.6.5.

Un exemplu elocvent a avantajelor aduse de folosirea acestui material îl reprezintă compararea indicilor de consum obținuți în proiectul IPROTEC nr 19.373 /75/,/141/, pentru clădiri de locuit S+P+4E din pancuri mari din beton cu granulat 43a, cu cele ale unei clădiri similare din beton greu, din care rezultă următoarele economii la :

. materiale	
- oțel beton	13,9%
- țevă de instalații	12,9%
- fontă în radiatoare	41,0%
▼ manoperă	3%
. cost	5,6%

Folosirea betonului ușor de granulat în plus a permis cuplarea unor pereți exteriori de fronton și mai ales a unui număr mare de planșee, fără a depăși capacitatea macaralelor MT 100 din dotarea curentă a unităților de construcții din țară. Cuplarea unor semipanouri de planșee precum și redimensionarea acestora a condus la economii importante în cazul de oțel și de manoperă pe șantier /17/.

Avantajele realizate prin folosirea betonului ușor cu granulat au permis - în județul Timiș - mărirea gradului de industrializare a execuției infrastructurii clădirilor de locuit prin prefabricarea elevațiilor subsolului și a timpilor de fundații, fără a mări consumul de oțel beton, soluții brevetate în R.S.R./156/,/242 a/.

Utilizarea noului material, pe lângă avantajele arătate, s-a dovedit eficientă și din punct de vedere al consumului total de combustibil.

Astfel, cu toate că betonul cu granulat are un consum de energie înglobată mai mare, în comparație cu betonul preparat cu agregate de balastieră, datorită consumului de combustibil necesar fabricării granulatului, însă sub aspectul bilanțului total al consumului de combustibil, ca urmare a îmbunătățirii izolării termice a elementelor de închidere, aduce economii importante în exploatare, recuperând într-un termen relativ scurt consumul suplimentar, termen după care, pe toată viața construcțiilor se realizează numai economii /17/, /150/.



Conform proiectului IPROTIM nr.19.373 /75/ și 21.357/100 /17/,/141/, economiile de combustibil realizate în exploatare în urma înlocuirii betonului greu cu beton ușor cu granulat de Lugoj clasa A3a la un tronson de 20 apartamente al unui bloc cu S+P+E din panouri mari, se ridică la 15,60 tcc/an, amortizarea consumului suplimentar de combustibil de la fabricație, în cantitate de 65,15 tcc, realizându-se după numai 4 ani, timp după care economiile de combustibil devin nete.

Studiile efectuate în colaborare cu IPROTIM au vizat, în special, reducerea duratei de recuperare în exploatare, a consumului de combustibil inclus la fabricare, sporind astfel eficiența aplicării acestui material.

S-au studiat diferite variante de realizare a panourilor de închidere, reprezentate în fig.6.21., asociind betonul ușor cu granulat de Lugoj cu diverse materiale superioare, sub aspectul eficienței termice; îmbunătățind caracteristicile termotehnice ale acestuia, prin includerea de adosuri ca cenuga de termocentrolă și spumanti și reducând suprafața nervurilor de rigidizare (puțurilor termice) dintre straturile extreme de beton ușor /56/,/160/,/289/,/314/.

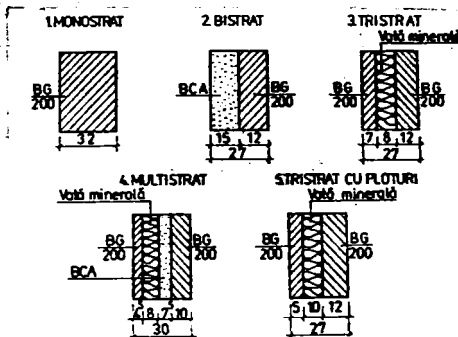


Fig.6.21 Variante de realizare a panourilor exterioare portante

În tabelul 6.4. se prezintă rezultatele obținute prin calcul, pentru fiecare variantă, studiată din fig.6.21, referitoare la rezistența termică ( $R_0$ ) în  $m^2 \cdot h \cdot C / Kcal$  și timpul de recuperare ( $T_r$ ), în ani, a energiei înglobate la fabricarea granulatului inclus în betonul ușor utilizat la realizarea panourilor exterioare, prin compensare cu soluțiile tristrat din beton obișnuit greu B 250, aplicată în prezent, în proiectele tip T 770-84 și 1340-84. Pentru  $R_0$  se

dau valorile minime (referitoare la panourile cu suprafața de nervuri maximă), considerându-se betoanele de granolit marce BG 200-1,7 ( a ) cu  $\lambda = 0,68 / 370$ %, respectiv cu granolit, cenușă de termocentrală și spumant ( b ) cu  $\lambda = 0,52$  pentru valorile medii ale rezistențelor la compresiune obținute pe șantier. Suprafața punților termice (nervurile de rigidizare) s-a redus progresiv, de la 10% (variante tristat cu nervuri de rigidizare) , la 3% în soluția tristat cu ploturi și respectiv la 1,2% în soluția multistrat cu ploturi/16%/ ,/31%/ ,/34%/.

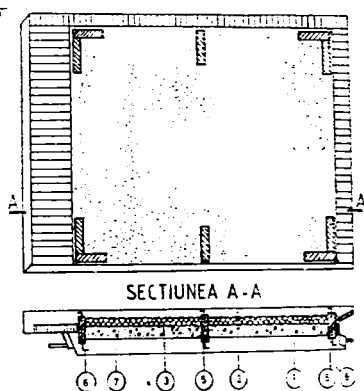
Nr. ord.	Varianta	Tabelul 6.1	
		$R_0$ ( $m^2 \cdot h^{\circ}C / kcal$ )	$T_r$ (In ani)
1	Monostat (32cm) a	0,6	—
	b	0,9 (0,8)	—
2	Bistat (27cm) a	0,9	—
	b	1,1 (1,0)	—
3	Tristat (27cm) a	1,3	3,4
	b	1,7 (1,6)	1,9 (1,8)
4	Multistat (30cm) a	1,5	3,0
	b	2,1 (2,0)	1,8 (1,7)
5	Tristat cu ploturi (27cm) a	1,9	2,1
	b	2,1	(1,8)

a) Beton cu granolit  
b) Beton cu granolit, cenușă term. și spumant

a. Beton cu granolit.

b. Beton cu granolit, cenușă termocentrală și spumant.

Soluția multistrat cu ploturi prefabricate elaborată și experimentată în producție în premieră pe țară în colaborare cu IGSIC Timiș, TAGCM Timiș, I.P.T. /349/, reprezentat în fig.6.22 a fost protejată prin brevetul de invenție R.S.R. nr 9.312/16 o4 1986.



LEGENDA:

1-BETON DE ÎNCADRARE 2-BETON DE ACOPERȘE  
3-ȘIȘI MINERALĂ 4-BETA 5-PLUTURI PREFABRICATE  
6-PLUTURI DĂRUGĂ ȘIȘIE

Fig. 6.22 Panou exterior multistrat din BG 250, cu punți termice reduse (3,5%) prin ploturi

### 6.1.5. Elemente prefabricate diverse

#### 6.1.5.1. Elemente de planșeu

##### a. Elemente de planșeu pentru clădiri de locuit

Elementele de planșeu de 21 cm grosime din beton greu cu corpuri de umplură din plăci de b.c.s., prevăzute în proiectele clădirilor de locuit multietajate cu structura formată din nucleu central monolit și cadre periferice prefabricate, respectiv a celor cu diafragme sistem celular, au fost înlocuite cu planșee de 18 cm din beton ușor cu granulat BG 250-1,3, în structură monostat (fig.6.23). Cu aceste planșee au fost realizate în perioada 1976-1986 un număr de peste 500 apartamente /61/, /146/.

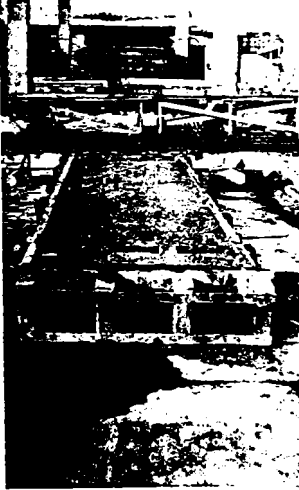


Fig.6.23. Element de planșeu prefabricate de 21 cm grosime pentru clădiri de locuit cu nucleu central monolit și cadre periferice prefabricate.

Prin această schimbare de soluție, pe lângă simplificarea substanțială a tehnologiei de fabricație și creșterea în consecință cu peste 20% a productivității muncii la fabricarea planșeelor, s-a eliminat pericolul reducerii secțiunii betonului din nervuri, datorită poziționării greșite a plăcilor de b.c.s.

##### b. Chesoane preturnate de mare suprafață la Facultatea mecanică din Timișoara

În anul 1978, I.P.T.Catedra de beton armat și clădiri în colaborare cu IPROTIM, în cadrul proiectului nr 21190/100, pentru clădirea laboratorului de elemente hidraulice și orologie industriale, au proiectat ca elemente de planșeu, deosebit de preturnate nervurate din beton ușor cu granulat BG300-1,9 de

5,32 x 5,32 m, pentru încărcări utile de  $750 \text{ daN/m}^2 / 79 /$ , /75/, (fig.6.24). Elementele erau alcătuite dintr-o placă de 5 cm grosime rezemată pe nervuri așezate după două direcții și timpse de pe contur cu secțiune variabilă.



Fig.6.24 Element de plaseu de mare suprafață la "Academia Mecanică Timișoara.

"Academiile încercării "in situ" a unui element, prezentate în /70/ și respectiv la pct.7.2. al Cap.7, au confirmat posibilitatea extinderii folosirii, Betonului ușor cu granolit și la construcții industriale cu încărcări utile mari.

#### 6.1.5.2. Cabine de băi spațiale pentru clădiri de locuit.

În perioada 1978-1984, în baza proiectelor tip pentru clădirile de locuit, în bazele de producție ale T-AGOM Timișoara au fost realizate, din beton ușor cu granolit marca BG 300-1,9 peste 500 de cabine spațiale pentru băi, complet finisate și echipate în fabrică /146/, (fig.6.25).



Fig.6.25. Cabine spațiale pentru băi din BG 300.

Având în vedere grosimea redusă a pereților elementelor spațiale la prepararea betonului s-au folosit

nunai sortul de granulit 0-10 mm și nisipul de balastieră 0-3 mm.

Elementele au fost realizate pe liniile de producție ale poligoanelor trustructurii, în sistem conveier - cu posturi fixe specializate pe fiecare operațiune.

Utilizarea elementelor spațiale a permis, pe lîngă reducerea cu peste 20% a greutateii elementelor și creșterea cu 30% a gradului de industrializare a lucrărilor pe șantier.

#### 6.1.5.3. Pereți despărțitori pentru clădiri de locuit.

Realizarea acestor elemente din beton ușor pe baza rezultatelor bune obținute la executarea clădirilor cu structura din panouri mari, începînd cu anul 1984 s-a extîns și la clădiri cu structura în cadre sau cadre-diafragme de beton armat /20/.

Pereții au fost realizați din beton ușor cu granulit cu adaos de cenușă de termocentrală și spumant EGCT 15b-1,5 cu  $\rho < 1400$  kg/mc. în bateriile de tipare din dotarea T-AGCM Timiș, folosite pentru confecționarea din beton greu a acestor pereți.

Rețeta de preparare și aspectele specifice de preparare al acestui beton și de fabricare a elementelor, sînt prezentate detaliat la Cap.5.

Pentru a evita efecte negative de interacțiune dintre acești pereți despărțitori nestructurali și elementele structurii de rezistență, s-au introdus în colaborare cu IPRGII /20/, legături speciale de fixare, între panourile de pereți despărțitori și elemente de cadru, care să asigure stabilitatea pereților și în același timp să permită deplasarea relativă liberă a celor două componente structurale, protejîndu-le astfel, în cazul unor acțiuni orizontale excepționale seismice.

#### 6.1.5.4. Elemente de închidere perimetrale la Cîncinatoreful "CONSTRUCTORUL" din Timisoara.

Pentru obținerea unei plastici deosebite ale fațadei cîncinatografului la închiderea acesteia zidăria de cărămidă eficientă a fost înlocuită de T-AGCM Timiș/116/ cu elemente spațiale monostrat prefabricate din beton ușor cu granulit DG300-1,7 montate și monolitizate pe șantier (fig.6.26).

Soluția a fost extinsă și la realizarea închiderii unor construcții tehnico-edilitare, puncte termice, centrale termice, posturi trafa, etc.

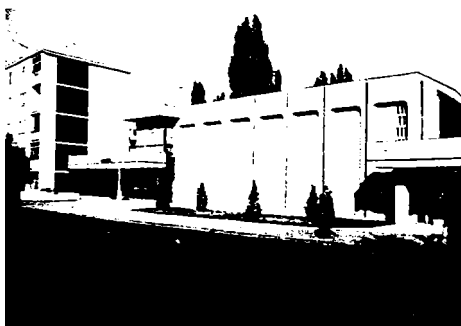


Fig. 6.26. Elemente de închidere perimetrale din BS 300 la cinematograful "Constructorul" din Timișoara.

Tot din beton ușor cu granolit cu adăos de cenușă de termocentrală BG-ST 300-1,7, au fost realizate canalele de ventilație și cosurile de fum, cu înălțimea catului pentru blocurile de locuințe, contribuind la reducerea greutateii acestor elemente și la creșterea productivității muncii pe șantier.

#### 6.2. Contribuții la elaborarea de prescripții normative și proiecte.

Rezultatele cercetărilor experimentale și realizarea tipurilor de structuri prezentate la pct.6.1, prin propunerile făcute în cerințele de avizare și respectiv prin comunicarea rezultatelor obținute, instituțiilor elaboratoare, au contribuit la elaborarea următoarelor note normative:

-Fișe tehnice: Elemente pre fabricate și construcții din betoane ușoare de rezistență și de izolație cu granolit clasă A3a și A3b, elaborat de ICPMC București în 1976 și aprobat de MEFMC /10<sup>3</sup>/;

-Instrucțiuni tehnice pentru prepararea și folosirea betoanelor cu granolit, indicativ C 151-75/191/;

- Normativ privind prepararea și utilizarea betoanelor cu agregate ușoare, indicativ C.155-81 /96/;

- Completarea normativului C.155-81, cu anexa VIII. Utilizarea agregatelor de granulat clasa A3b, cenușei de centrale termoelectrice și spumantilor la realizarea elementelor de închidere și separare aprobat de ICPPDC cu decizie nr.27 din 09.03.1984 /96/;

- STAS 7343-78. Agregate minerale ușoare. Granulit și revizuirea acestuia în anul 1980 /364/;

- Instrucțiuni tehnice provizorii pentru folosirea superplastifiantilor VINC-11 și VINC-28 la prepararea betoanelor și realizarea elementelor prefabricate, indicativ C.D. 137-82 /195/;

Folosind rezultatele cercetărilor în colaborare cu ICPMC București și IPROTIM, au fost elaborate următoarele proiecte:

- Proiect tip experimental IPROTIM nr 19373/1975: Clădire de locuit P+4E din panouri mari din beton cu granulat clasa A3a de Lugoj /197/;

- Proiect tip experimental IPROTIM nr.20.121/1976: Clădiri de locuit 10-12 nivele, cu partiu flexibil din beton ușor cu granulat clasa A3a /142/;

- Proiect IPROTIM nr.27.121/cel-1983: Clădiri de locuit P+4E pentru mediul rural, cu panouri exterioare monolit din beton ușor cu adăos de cenușă și spumant /229/.

### 6.3. Utilaje, dispozitive și procedee tehnologice noi elaborate și introduse în producție.

În cadrul lucrării au fost elaborate și experimentate în producție și protejate prin brevete de invenții și certificate de învator, următoarele utilaje, dispozitive și procedee tehnologice folosite la prepararea și punerea în operă a betonului ușor cu granulat de Lugoj:

-Instalație pentru preumecterea pe bandă a granulatului .Certificat învator (fig.4.8),/162/;  
nr 30/1985

-Apazat pentru secționarea granulelor de agregat ușor. Brevet de invenție RSR nr.92.420/1985 (fig.2.12)/154/;

-Pancu prefabricat din beton ușor pentru pereti exteriori. Brevet de invenție RSR nr 90.312/1986 (fig.6.22)/349/;

- Beton ușor de izolație și rezistentă pentru elemente de închidere și compartimentare. Brevet RSR nr.94863/1986 /375/;

- Instalație hidrosonică pentru tratarea cimenturilor și mortarelor folosite la prepararea betoanelor .Brevet RSR nr.92.395/1986 (fig.4.22) /242/;

- Instalație hidrosonică de fărâmițarea, dispersia și difuzia unor corpuse și substanțe în medii diferite de dispersie. Brevet de invenție RSR nr.92.322/1987 /242/;

- Procedeu hidrosonic de sporire a eficienței cimenturilor utilizate ca lianți în betoane și mortare. Brevet de invenție nr 89.438/1985 /350/;

- Instalație adaptabilă pe autobetoniere pentru dozarea superplastifiantilor în betoane transportate pe șantier. Brevet de invenție RSR nr.87.915/1985(fig.4.20)/163/;

- Compoziția aditivă superplastifiantă pentru betoane și procedee de obținere a acestora. Brevet RSR nr 91.423/1986 /86 a/;

- Procedeu de întărire a betoanelor, mortarelor și pastelor pe bază de ciment. Brevet de invenție RSR nr.93.902/1987 /64 A/;

- Procedeu de stimulare a formării structurii maseilor pe bază de lianți anorganici. Brevet RSR nr.93.903/1987 /64 b/;

- Instalație de recuperare a materialelor la spălarea autobetonierelor în stații de betoane .Certificat inovator nr 64/1985 (fig.4.31/a) /152/.

x

x

x

De asemenea, la extinderea sferei de folosire în construcții a betonului ușor cu granulat, au contribuit și cele 45 lucrări și articole elaborate și publicate în volu-



mele diferitelor manifestări științifice din țară respectiv în reviste de specialitate din țară și străinătate, prezentate în bibliografia tezei.

## CAP.7. COMPARAREA IN SITU A BETONULUI SI A CONSTRUCIILOR REALIZATE.

Avind în vedere faptul că la începerea lucrărilor din beton ușor cu granulit de Lugoș nu se dispunea de suficiente date privind comportarea în situ a acestui nou material, T-AGCM Timiș, cu participarea directă a subsemnatului și împreună cu institutele colaboratoare ICPMC București, IPRON și I.P.Timisoara, încă de la primele lucrări experimentale /50/, /135/, /352/, a inițiat un program de urmărirea a comportării reale a obiectivelor realizate.

Astfel, aceste observații și încercări, impuse de nevoile imediate ale practicii, au o pătat un caracter de cercetare științifică, punând la dispoziția cercetării și proiectării date noi, completând rezultatele obținute în laborator.

În toate cazurile a fost urmărită în primul rând influența tehnologiei asupra caracteristicilor betonului, stabilind măsurile de luat, legate de proprietățile specifice ale granulitului.

În cursul cercetărilor au fost urmărite următoarele aspecte:

### 7.1. Rezistența la compresiune și evoluția acesteia în timp.

Urmărirea în situ a rezistenței la compresiune s-a făcut pe carote ex rese din elementele de structură ale clădirilor realizate și respectiv prin determinarea lor cu ajutorul metodelor nedistructive, în paralel cu încercarea cuburilor de probă prelevate pe șantier din betonul turnat /18/, /19/, /165/, /121/, /129/, /130/, /153/.

Comparând între ele rezultatele obținute pe carote și pe cuburi de probă la diafragmele din beton ușor cu granulit de Lugoș, marca BG 200-1,9, realizate cu ajutorul co-

fraciilor glisante, la blocul experimental P-10E, H 6 Calea Șagului din Timișoara (tabelul 7.1), se constată că rezistențele la compresiune, la vîrstă de 28 zile, obținute pe carote sînt cu 15% mai reduse, decît cele realizate pe cuburi de probă prelevate din betonul turnat și păstrate în condiții standard.

Tabelul 7.1

Densitatea aparentă medie la 28 zile ( $\rho_{ap}$ / kg / m <sup>3</sup> )				Rezistența la compresiune medie la 28 zile ( $R_{cm}$ / cm <sup>2</sup> )	
Cuburi de probă		Carote		Cuburi	Carote
Umede	Uscate în etuvă	Umede	Uscate în etuvă		
1755	1674	1720	1568	229	212

Diferențe mai mari s-au constatat în special la încercarea carotelor extrase din pereții anteriori, de grosimi reduse (15 cm). Aceste diferențe s-au datorat

atît compactării mai slabe (cu șipca) a betonului cît și afînării acestuia, la acești pereți, ca efect al forțelor de frecare dintre beton și cofrajul glisant în mișcare /165/, /135/, /146/, /158/.

În vederea eliminării acestei deficiențe s-a introdus compactarea cu vibratoare interioare cu frecvență ridicată (12.000 - 15.000 vibrații pe minut) și cu amplitudini reduse, iar căptușeala din tablă zincată de la fața cofrajului în contact cu betonul din pereți, de care acesta sfera mai mult în timpul întreruperilor tehnologice, a fost înlocuită cu placaj teșit /116/.

Efectele pozitive ale vibrării moderate a betonului a fost confirmată ulterior și la executarea de către T.C. Cluj-Napoca, în colaborare cu ICCPDC-Filiala din Cluj-Napoca, cu ajutorul cofrajelor glisante, a pereților exteriori de la blocurile turn din municipiul Cluj-Napoca /120/, /301/.

O îmbunătățire radicală a situației s-a obținut numai la turnarea betonului din diafragme în cofraje metalice plane fixe, unde compactarea prin vibraze a acestuia s-a putut efectua fără restricții și unde structura în formă a betonului din pereți, nu a fost deranjată de cofrajul glisant în mișcare /19/, /50/, /105/, /165/, /129/, /130/, /146/, /149/.

Astfel, din analiza rezistențelor la compresiune prezentate în tabelul 7.2., determinate in situ în paralel atît prin încercarea cuburilor de probă cît și a carotelor extrase din diafragme, pe betoanele marca BG 250 din diafragmele blocului MÂN din Lugoj, turnate în cofraje metalice plane și vibrare, rezultă o omogenitate ridicată a betoanelor

realizarea mărcii cu o marjă de siguranță mare.

Tabelul 7.2

Nr. crt.	Diafragma	Rezistența la compresiune 30 N/cm	
		Carote	Cuburi
1	DT 2 Et. II Zona 2-AB	285	299
2	DT 2 Et. III Zona 7-CE	287	326
3	DT 2 Et. III Zona 8-CP	278	289
4	DT 2 Et. III Zona 9-CE	285	319
5	DL 2 Et. III Zona 5-FC	293	333

Obținerea unor mărci relativ ridicate la betonul ușor cu granolit, (agregat cu porozitate mare și cu rezistență proprie redusă), fără majorarea dozajului de ciment, a fost posibilă datorită

proprietăților specifice acestuia arătate în mod detaliat la pct.2.3.3. al Cap.2, care contribuie la îmbunătățirea caracteristicilor pietrei de ciment și a conlucrării dintre aceasta și granulele de agregat.

Variația în timp a rezistenței la compresiune s-a urmărit în situ prin încercarea carotelor extrase din diafragmele și planșeele corpului de cazare P+9E a hotelului de la complexul turistic Muntele Mic și a cuburilor de probă prelevate din betonul turnat și respectiv prin încercări nedistructive efectuate cu sclerometrul Schmidt tip N. Analiza rezultatelor încercărilor prezentate în tabelul 7.3. /165/, arată o rezistență medie, obținută la încercarea cuburilor la vârsta de 28 zile, foarte apropiată de marca BG 200 -1,7 din proiect și o creștere a acesteia în interval de 12 luni, cu 33-40% /165/, /149/, /153/.

TABELUL 7.3

Poz. (ul)	Rezistența cubică medie în din. N/cm <sup>2</sup>		Crest. în timp a rezistenței %	Densitatea aparentă medie kg/m <sup>3</sup>		Săderea densității aparente din carote în luni	Vârsta de încercare a probelor din carote în luni
	Cuburi de probă la 28z și în condiții de uscat	Carote extrase din lucrare		Cuburi probă la 28z în condiții de uscat	Carote extrase din lucrare		
I	-	261	-	1800	1702	92	22
I	195	-	-	1725	-	-	13
B	190	-	-	1617	-	-	12,5
III	177	249	40,6	1806	1733	73	12,5
IV	192	-	-	1790	-	-	12,5
V	201	275	34,8	1781	1728	33	12,5
VI	188	-	-	1778	-	-	12,0
VII	191	254	33,0	1808	1692	71,4	12,0
VIII	186	-	-	1818	-	-	12,0
IX	199	-	-	1806	-	-	12,0

Comparând aceste creșteri, cu procentul mediu de creștere de 24%, indicat de Neville în lucrarea /223/ pentru betoanele obișnuite, rezultă că sporul de rezistență a betonului ușor cu granolit de Lugoj, în intervalul de un an, în acest caz, a fost

mai mare decât cel înregistrat la betoanele obișnuite preparate cu agregate de balastiere compacte. Acest spor de rezistență contribuie la creșterea coeficientului de siguranță a structurilor realizate din aceste betoane în comparație cu cele executate din betoanele obișnuite grele.

Creșterea în timp a rezistenței la compresiune a betonului cu granolit, se explică prin:

-adâncirea procesului de hidratare a cimentului de către o parte din apa absorbită în agregatul poros imediat după

preparare și punerea în operă, prin cedarea treptată a acestora pastei de ciment, în timpul perioadei de întărire /165/,/149/, /199/,/278/,/317/,/318/;

- crearea unei aderențe de natură chimică la interfața piatra de ciment - agregat ușor, în urma reacțiilor chimice între hidroxidul de calciu și componentii mineralogici și agregatului, interacțiuni care la temperatură normală se desfășoară lent, efectul lor pozitiv asupra rezistenței la compresivă a betonului, apărând numai la vârste mai mari /149/,/199/.

## 7.2. Efectul contractiei

Având în vedere că stătu contractia betonelor ușoare cu granulat de Lugoj cât și efectul acestui fenomen în calculul și alcătuirea ansamblului construcțiilor, comparativ cu betonul greu la data începerii execuției în Timișoara, a unor clădiri P+10E cu diafragme monolite din acest beton, erau mai puțin abordate în literatura de specialitate, a fost necesară studiul precum și urmărirea acestora, atât în laborator, cât și in situ, pe diafragmele blocurilor realizate.

Efectul contractiei a fost urmărit timp de peste 3 ani /18/,/19/,/121/,/129/,/130/,/153/,/352/, pe diafragmele monolite realizate cu ajutorul cofrajelor glisante, respectiv metalice plane fixe, la blocurile de locuințe P+10E. Urmărirea în general s-a făcut prin observații directe asupra apariției și dezvoltării fisurilor la majoritatea clădirilor realizate și prin măsurători privind dezvoltarea pe timp de 140 zile a acestor deformații la blocul P+10E nr 22 din Calea Segului din Timișoara /19/,/69/,/130/,/208/,/352/.

Observațiile și măsurătorile s-au făcut comparativ pe diafragme identice din beton ușor cu gre ulit și din beton greu, realizate în condiții de mediu și tehnologice similare.

Măsurarea dezvoltării în timp a deformației diafragmelor a fost efectuată în colaborare cu Catedra de beton armat și clădiri a Facultății de Construcții din Timișoara. Măsurătorile s-au făcut cu ajutorul unor tije metalice (fig.7.1.) înglobate în diafragme, în dreptul planșelor și respectiv la 1,5 m înălțime, înregistrarea deplasărilor relative ale capetelor tijelor, făcându-se cu microcomparatoare /69/,/75/,/352/.

În paralel cu observațiile și măsurătorile in situ, efectul contracției s-a urmărit și în laboratorul Catedrei/69/, /75./,352/, pe prize de 15x10x10 cm și plăci (semipenouri)

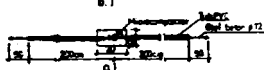
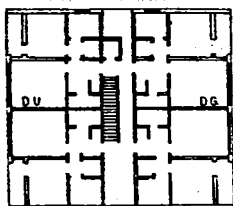


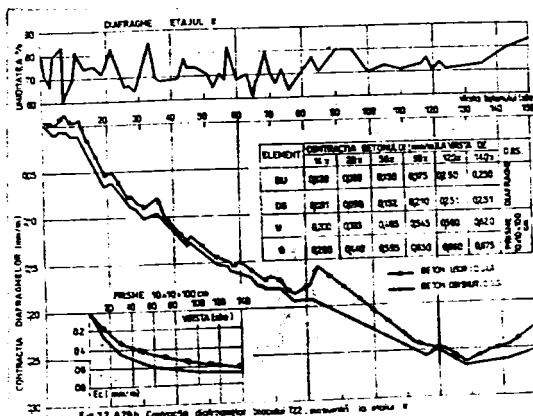
Fig.7.1 Modul de măsurare a contracțiilor la diafragmele cadrului P-10E  
 a) Dispozitiv de măsurare  
 b) Placă nivel curent tăc

de 15x10x10 cm, din beton cu compoziție similară cu cea din diafragmele urmărite în situ și respectiv pe modele de diafragme din mortar 1:1, cu agregat mono-granular, sort 1-3 mm.

Rezultatele cercetărilor efectuate au dus la următoarele concluzii:

- modul de creștere în timp a deformațiilor de contracție la beton

ușor cu granulat de Lugoj și a celui greu se manifestă după o lege asemănătoare; valorile mai scăzute, în prima perioadă de 100 zile și chiar umflarea betonului în primele 7 zile, fig. 7.2., se datorează structurii poroase a particulelor de granulat, care absorb apa în exces din amestecul de beton proaspăt și o rețin un timp, împiedicând în prima perioadă, evaporarea acestei ape, creînd condiții favorabile întăririi betonului asigurînd acestuia, în momentul începerii uscării o structură bine formată și cu rezistențe mecanice suficient de mari, pentru a putea face față cu succes eforturilor de contracție.



- contracțiile la vîrsta de 120 zile a celor două betoane din diafragmele urmărite, ale blocului experimental, au avut aceleași ordin de mărime (0,25 mm);

- variațiile de umiditate și de temperatură ale mediului înconjurător exterior influențează semnificativ defor-

maștile celor două betoane (fig.7.2): la creșterea umidității revenirea contracției fiind mai mare la betonul ușor decât la cel greu, iar la scăderea acestora contracția se manifestă mai lent la betonul ușor, ceea ce are un efect important asupra deformațiilor finale, din această cauză deformațiile din contracție ale betonului ușor cu granulit de Lugoj, in situ, în diafragmele blocului, sînt de 2-3 ori mai mici decît în elementele în formă de placă, pîstrate în condiții constante din laborator;

- or toate cî deformațiile finale de contracție ale elementelor din beton ușor cu granulit sînt cu 70% mai mari decît a celor din beton greu, acestea au un efect mai puțin defavorabil asupra eforturilor datorită modulului de elasticitate substanțial mai redus al betonului cu granulit de Lugoj, deschiderea fisurilor din contracție rezultînd mai mică la cele din beton ușor; la aceasta a contribuit și efectul favorabil al utilizării la Timișoara a unui procent între 25... 30% de nisip de râu, cu deformație specifică mică /130/, /135/, /105/. Astfel, deschiderea maximă a fisurilor pe modele de diafragmă din beton ușor cu granulit de Lugoj, reprezintă 0,6-0,90 în deschiderea maximă a fisurilor dezvoltate pe modele identice din beton obișnuit greu, avînd totodată și înălțimea cu 20% mai redusă.

Aceste rezultate explică comportarea favorabilă in situ - din acest punct de vedere - a diafragmelor din beton ușor cu granulit de Lugoj, permițînd reducerea secțiunii armăturii constructive.

Rezultatele arătate mai sus, au fost confirmate de cercetările din țară, efectuate pe prisme și semiprisme în laboratorul de betoane al ICPM București /17/, /105/, /107/, /129/ și de catedra CCM a facultății de Construcții /368/ și de rezultatele obținute în străinătate /174/, /123/, /254/, /264/, /303/.

7.3. Comportarea elementelor sub încălzire.

În vederea omologării noilor elemente din beton ușor cu granulit utilizate la realizarea construcțiilor experimentale au fost încercate la scară 1:1, pe standurile de probă din laboratorul catedrei de beton armat și clădiri de la Fac. de Construcții din Timișoara și respectiv de la poligoanele

de prefabricate și șantierele TAGOM Timiș/70/,/127/,/146/, /149/,/193/,/352/.

Verificarea comportării acestor elemente sub încălzire, s-a făcut prin compararea datelor experimentale obținute privind fisurarea, sgețile formate și capacitățile portanțe a elementelor, cu caracteristicile prescrizate de proiectul din proiecte.

Au fost încercate următoarele elemente:

1. Elemente de planșeu de 5,30 m lățime, 1,80 m lățime și 21 cm grosime din beton ușor cu granulit de Lugoj marca BG 250-1,7 (fig.7.3), realizate conform proiectului tip IP.GCM 20121/1976 „Bloc locuințe P+10E, grad 7 seismic din beton de granulit, cu diafragme în sistem celular /142/,/146/, /352/.



Fig.7.3.Încercarea elementului de planșeu la catedra CCIA din Timișoara.

2. Planșee de 4,80x4,80 m și 14 cm grosime din beton ușor cu granulit marca BG 250-1,3, realizat conform proiectului tip IP.GCM 19.373/75 „Clădiri de locuit P+4E, grad 7 seismic din beton de granulit”, cu diafragme din panouri mari sistem figure /27/,/141/,/146/,/193/.

3. Dale preturmate ușoare neizolate de planșeu de suprafață mare (de forță pîrțată cu latură de 5,30 m), pentru încălziri utile de  $750 \text{ kg/m}^2$  (fig.7.4.), la proiectul IPT-IPP/CC 21120/100 „Dezvoltarea laborator. de elemente hidraulice și orologie industrială” de la fac.de mecanică din Timișoara /70/,/75/.

Rezultatul încercărilor efectuate, prezentate în mod detaliat în /70/,/75/,/105/,/141/,/193/,/352/, indică o comportare obișnuită a elementelor la ciclurile de încălzire-



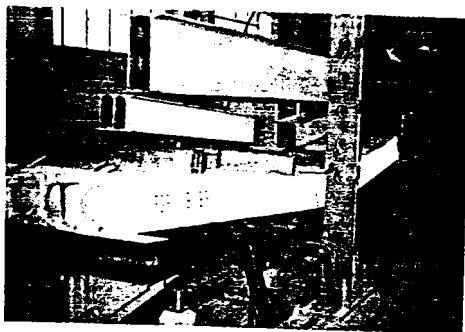


Fig.7.4. Incercarea elementului de plangeu de suprafață mare la șantier.

descăzcare, atât în stadiul de exploatare cât și la rupere, concretizate în următoarele concluzii:

-încălzirea de apariție a fisurilor este cu numai 6-7% mai redusă decât cea de calcul, fapt explicat de rezistența la întindere mai redusă a betonului ușor, în comparație cu betonul greu /47/, /174/, /183/, /208/, /245/, /303/, /342/;

-deschiderea maximă a fisurilor în stadiul de exploatare este mult mai mică decât valoarea de control a scestei prevăzută în STAS 6654-1/1976 și respectiv în proiecte, dovadă o bună comportare în exploatare a elementelor realizate din beton ușor cu granulat de Lugoj;

-atât săgețile maxime, cât și cele remanente, sînt mai mici decât cele de control, prevăzute în STAS, iar săgețile maxime sînt sub valorile calculate;

-încercările de rupere obținute pe elemente sînt mai mari decât cele rezultate din calcul, respectiv cele de control indicate de STAS 6654-1/1976, chiar și la încercări efectuate la vîrste sub 28 zile, dovadă rezerve de capacitate portante însemnate a elementelor.

#### 7.4. Protecția armăturii împotriva coroziunii

Încercările și observațiile efectuate s-au referit la structura betonului, zonele segregate, modul de conservare (protecție contra coroziunii) a armăturilor (în funcție de grosimea stratului de acoperire și compoziția betonului) și în special la adîncimea de carbonatare a betonului.

Cercetările au vizat atât elemente prefabricate cât și monolite din structurile realizate și în paralel corupte

prismatice, expuse finisat și nefinisat acțiunii factorilor climatici din mediul exterior.

Din observațiile și cercetările efectuate în colaborare cu ICPMC București și IPROTIM /19/, /165/, /121/, /125/, /17 /129/, /193/, rezultă următoarele constatări:

- la clădirile de locuit P+0E cu structura formată din diafragme și planșee monolite în sistem figură realizate din beton cu granulit BG 200-1,7 cu ajutorul cofrajelor glisante finisate concomitent cu gisirea pereților, menela de carbonatare a betonului au fost foarte reduse sau chiar inexistente, fapt ce dovedește că straturile de protecție și de finisaje aplicate imediat, contribuie la reducerea substanțială sau chiar oprirea completă a carbonatării în profunzimea a betonului;

- la clădirea cu P+9 E a hotelului de la complexul turistic Muntele Mic, pe pereții etajelor din beton cu granulit marca BG 200-1,7, realizați cu ajutorul cofrajului glisant, expuși nefinisați timp de un an (etajele II-IX), și respectiv doi ani (etajul I), acțiunii factorilor climatici extrem de aspri din zona muntoasă a hotelului (altitudinea de peste 1500 m), adâncimea maximă a zonelor carbonatate a fost de 10 mm, la elemente cu vârstă de un an și de 11 mm la cele cu vechimea de doi ani, stratul de acoperire de 15 mm grosime din beton ușor, preparat cu granulit cu dimensiunea maximă a granulelor sub 16 mm și cu un dozaj de 300 kg ciment/ mc și respectiv cu un adaos de 20-25% nisip de balastieră 0-3 mm, asigurând o protecție bună a armăturilor;

- cercetările efectuate pe elemente prefabricate din beton ușor cu granulit tratate termic montate la clădiri de locuit și la o hală industrială, au arătat că pentru amestecurile de beton BG 250-BG 400 cu structură compactă, la care procentul de nisip de râu din compoziție este de cel puțin 15% și dozajul de ciment de minimum 300 kg/mc, în condițiile unei execuții corecte, stratul de protecție și armăturilor se carbonatează lent în timp, similar cu elementele prefabricate din beton greu de aceeași marcă;

- cu creșterea adaosului de nisip de balastieră sort 0-3 mm se reduce adâncimea de carbonatare a betonului ușor cu granulit;

- observațiile precum și cercetările de laborator efectuate pe elemente refabricate mortar (păstrate în mediul exterior 3-12 ani și în situ, pe construcțiile experimentale realizate), arată că în betoanele ușoare cu grăniț B3 200-1,7, preparate cu ciment P 40 și Pa 35, în condițiile unei execuții corecte, protecția armăturilor în otrăvire corozivă chimică este asigurată în mod similar cu cea a betoanelor grele de aceeași marcă;

- pe suprafețele de beton cu defecte de turnare (segregări, caverna, nuchi rupte, etc), prăfuzirea șnelor de carbonare este mai mare și crește rapid în timp, impunând și din acest punct de vedere, ca și în cazul betonului greu, o atenție deosebită respectării stricte a tehnologiei de execuție și prin aceasta executarea unor lucrări de bună calitate.

#### 7.5. Comportarea la acțiuni dinamice.

Mervind în cunoștință condiții de încercare în regiile dinamice a elementelor și structurilor, urmărirea comportării la aceste acțiuni a construcțiilor realizate din beton ușor cu grăniț de Lugoș, s-a limitat la observarea comportării cupului înalt cu 12 niveluri a hotelului de la complexul turistic Muntele Alu, situat la altitudinea de 1570 m.

Situația clădirii la altitudine mare a permis verificarea „in situ” a comportării structurii acestuia, descrisă detaliat la pct.6.1.2.3. al Cap.6 și în /146/, /165/, la acțiunea provocată de precizia și rafalele accentuate ale vântului cu o viteză de până la 150 km/oră.

Comportarea structurii la nivelurile curente realizate din beton ușor cu grăniț marcă B3 200-1,7, în decursul a celor 12 ani de observație, s-a dovedit favorabilă și similară cu cea a restului structurii (subsol și parter), executată din beton greu obișnuit /18/, /19/, /125/.

Având în vedere faptul că stit grănițul livrat de diferite fabrici din țară este și betoanele ușoare respective au caracteristici foarte apropiate /94/, /106/, comportarea seismică a structurilor realizate din beton ușor cu grăniț de Lugoș se poate considera similară cu cea obținută pe elementele și structurile executate la scară naturală din beton ușor cu grăniț de Iași.

Experimentările efectuate de ICCPDC- Filiala Iași în laborator și pe platforma seismică, constând din încercarea la sarcini statice și dinamice a două panouri, a trei îmbinări verticale (tip +, T și L) și a unei porțiuni de structură cu trei niveluri din panouri mari, executate la scară naturală din beton de granolit de Iași, au dus la rezultate comparabile și chiar mai avantajoase, în comparație cu rezultatele corespunzătoare obținute pe elemente, subansambluri și structuri similare din beton greu încercate în aceleași condiții /198/.

Rezultatele experimentate au fost confirmate de comportarea foarte bună, la seismul din 4 martie 1977, a clădirilor de locuit S+P+4E cu structura din panouri mari realizate din beton cu granolit, din municipiul Iași /14/, /198/.

Comportarea favorabilă la acțiuni dinamice a elementelor, a porțiunii de structură încercate și respectiv a blocurilor de locuințe date în folosință, supus acțiunii seismului din 4 martie 1977, realizate din beton ușor cu granolit se datorează avansurilor pe care le prezintă acest beton (greutate redusă, deformabilitate ridicată și absorbție mare de energie) /7/, /126/, /149/, /198/, /221/, /354/.

Pe baza rezultatelor obținute la încercările prezentate și a comportării favorabile a blocurilor date în exploatare rezultă concluzia că este recomandată folosirea structurii din panouri mari a cinci niveluri realizată din beton ușor cu granolit la construcțiile de locuințe amplasate în zone seismice de grad 7 și 8 (scara M.M.).

Ținând cont de această comportare favorabilă la acțiuni dinamice, cât și de experiența obținută de T--AGCM Timișoara la realizarea betonului ușor cu granolit de Lugoj, cu avizul proiectantului I.P.T. București S-a generalizat execuția în întregime a suprastructurii blocurilor de locuințe P+4E din panouri mari, realizându-se pînă în prezent în această soluție peste 15.000 de apartamente. De asemenea au fost realizate din acest beton, în premieră pe țară, peste 200 apartamente și în clădiri de locuit P+8E din panouri mari conform proiectului tip IPCT 772 /140/.

### 7.6. Comportarea hidrotermică a elementelor de închidere.

Din urmărire, atât în cursul execuției, cât și pe o perioadă de 5-9 ani, după darea în exploatare, a 35 clădiri de locuit P+10E, însumând peste 1500 apartamente și două hoteluri P+9E, cu 550 locuri de cazare, cu structura din diafragme în sistem figură, realizate prin glisare din beton ușor cu granulit class A3a de Lugoj marca BG 200-1,8 în structura monostat/19/,/19/,/50/,/105/,/107/,/121/,/125/,/129/,/130/,/135/,/146/,/203/, au rezultat următoarele constatări:

Pe carotele extrase din pereții exteriori ai blocului H6 Calea Sagului din Timișoara, după 28-42 de zile de la turnare, conductivitatea termică a betonului a variat între 0,42-0,58 kcal/mh<sup>0</sup>C /92/, încadrându-se în prevederile Instrucțiunilor C.155-81/370/.

De asemenea din compararea densităților aparente ale betonului, obținute pe carotele extrase din disfragmele corpului înalt al hotelului de la Muntele Mic, la un an de la turnarea betonului, cu densitățile betonului la 28 de zile din curbile de probă (tabelul 7.2 de la pct.7.1.) au rezultat reduceri ale densității, între 54-114 kg/mc /165/,/146/,/153/. Acest fapt constituie o rezervă în plus, față de densitatea și respectiv de conductivitatea termică aferentă la vârsta de 28 zile luată în considerare la calculul capacității de izolare termică a pereților exteriori.

La pereții exteriori în strat unic (monostat) de 30 cm grosime, realizați prin glisare, s-au eliminat defectele de execuție ascunse, întâlnite frecvent la acești pereți realizați prin același procedeu din beton greu cu strat termoizolator în lobet din plăci de b.c.s. În acest fel au fost eliminate punțile termice de dimensiuni necontrolabile în zonele nervurilor de legătură între cele două straturi de beton și în zonele colțurilor, a bolandrurilor, a centurilor, precum și cele neprevăzute, generate de deplasarea plăcilor de termoizolație în timpul turnării betonului și datorită algeării cofrajului glisant /17/,/36/,/49/,/53/,/73/,/105/,/165/,/125/,/135/,/146/,/336/.

De asemenea dato ită continuității materialului și omogenității acestuia în soluție monostat, fenomenele fizice de transfer de căldură și umiditate se petrec în condiții mai apropiate de ipotezele admise de normele de proiectare/ 53/,/66/.

Observațiile efectuate prin sondaj, timp de 5 pînă la 9 ani/19/,/50/,/105/,/107/,/121/,/125/,/129/,/130/, asupra regiunilor higrotactice din încăperile clădirilor de locuit multietajate, realizate în județul Timiș cu pereții exteriori din beton ușor cu granolit în soluție monostat, au evidențiat o comportare foarte bună a acestora, superioară pereților exteriori din beton gren în structură sandviș cu termoizolația din plăci de b.c.c. În perioade rece a anului nu a apărut condens la nici una din aceste clădiri de locuit, deși temperatura interioară în comparație cu cea avută în vedere la proiectare, a fost redusă între timp cu  $2^{\circ}\text{C}$ , iar regiunul de încălzire funcționează cu întreruperi în locul încălzirii permanente prevăzute /130/.

La evitarea apariției condensului pe suprafețele interioare ale pereților de închidere executate din beton ușor cu granolit a contribuit și temperatura cu  $2-4^{\circ}\text{C}$  mai ridicată a acestora, în comparație cu elemente similare din beton gren, creînd o rezervă în plus pînă la stingerea punctului de rouă, chiar și în cazul depășirii umidității maxime admise ale aerului din încăperi /17/,/50/,/105/,/121/,/125/,/130/,/135/.

Pe timp de vară datorită stabilității termice ridice a structurii monostat, temperatura interioară a încăperilor s-a menținut constantă, variînd între  $+19^{\circ}\text{C}$  și  $+22^{\circ}\text{C}$ , cu toate că temperatura exterioară la sonde varia între  $+16^{\circ}\text{C}$  și  $+40^{\circ}\text{C}$ , asigurînd și în această perioadă a anului condiții deconfortabile de confort, mult superioare pereților exteriori în structuri sandviș din beton gren cu strat termoizolator din b.c.c.

Comportarea foarte bună, în ce a ce privește protecția termică a pereților exteriori din beton ușor de granolit, a fost confirmată și de rezultatele urmării in situ a celor 30 de clădiri de locuit P10B realizate prin gisere din acest beton în structură monostat, în municipiul Cluj-Epoca, la care timp de 8 ani nu s-au apărut fenomene de condens/53/,/310/, /327/.

O comportare similară cu cea a pereților exteriori monoliți au prezentat și panourile exterioare autoportante realizate în structură monostrat din beton ușor cu granulat clase A3a marca BG 150-1,7, montate la blocurile P+10E însușind peste 200 apartamente din municipiul Timișoara/79/, /130/.

Condițiile efectuate asupra acestor panouri realizate prin turnare inversă, au arătat că structura acestora rezultă întotdeauna neomogenă, caracterizată prin zone macroporoase la partea superioară (fața interioară a panoului)/130/, /146/. Această neomogenitate însă nu are efecte negative, ci dimpotrivă, îmbunătățește comportarea hidrotermică în exploatarea a panourilor de închidere perimetrice. Astfel, pe de o parte, structura macroporoasă dominantă ( $\frac{2}{3}$  -  $\frac{3}{4}$ ) din grosimea panoului) atribuie panourilor o capacitate de izolare termică superioară, iar pe de altă parte, stratul de beton compact pe fața exterioară a panourilor de grosime suficientă (minimum 5 cm) asigură o protecție sigură împotriva agenților climaterici exteriori, ne mai fiind necesară executarea tencuielilor de protecție prevăzute pentru elemente din beton semi-compacte /96/, /174/, /183/, /197/.

Comportarea favorabilă a panourilor monostrat, a fost confirmată și de confortul hidrotermic bun asigurat de acestea la clădirile de locuit +4E din panouri mari realizate la Cluj-Napoca, cu pereți exteriori portanți de 27 cm grosime în strat unic din beton ușor cu granulat, cu granulozitate discretă și adaos de cenugă de termocentrală/35/, /312/, și respectiv la clădirile multietajate realizate la București, cu panouri de închidere autoportante cu grosime totală de 35 cm din beton coloidal ușor cu granulat /135/.

Panourile exterioare monostrat de 38 cm din beton ușor de granulat cu adaos de termocentrală și apunant S.I. autoportante din BG 100 - CE/1,4 și respectiv portante din BG 150-CT/1,5, realizate de T-AGC T1 19, în perioada 1992-93 /56/ în colaborare cu Filiala ICCPD Cluj-Napoca/373/, au prezentat caracteristici termotehnice superioare. Astfel, densitatea aparentă medie a betonului la 6-7 zile de la turnare este determinată prin cântărirea panourilor, a rezultat de 1436 kg/m<sup>3</sup> la panouri autoportante și de 1496 kg/m<sup>3</sup> la cele portante, conductivitatea variind între 0,38-0,43 W/m K /56/. Din încercări

higrotermic în regim permanent a unui panou autoportant în structură monostrat, de 32 cm grosime, efectuată la stația higrotermică a Filialei ICRPDS din Iași/374/, rezistența la transfer termic medie ponderată, a rezultat de 0,884  $\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$ , practic egală cu cea a panourilor exteriori de 27 cm în 2 straturi din beton greu cu strat termoizolator din plăci de b.c.s. prevăzute în proiectele tip în perioada respectivă.

Din verificările efectuate în exploatare/130/, în apartamentele clădirilor de locuit B+4E cu structură din panouri masi, realizate din beton ușor cu granulit class A3b marca BG 250-1,9, cu panouri exterioare în trei straturi de 27 și respectiv 30 cm grosime, cu termoizolație din vată minerală de 8 cm grosime, a rezultat că, condensul a apărut numai în cazurile și numai în zonele în care s-a omis complet stratul de termoizolator. Față de panourile exterioare similare realizate din beton greu, efectele acestor greșeli de execuție au fost însă mult atenuate, datorită proprietăților termice favorabile cunoscute ale betonului ușor cu granulit /130/.

#### 7.7. Capacitatea de izolare acustică.

Pentru determinarea capacității de izolare acustică la zgomot aerian și din impact a pereților și planșeelor din beton ușor cu granulit de Lugoj de la blocurile turn PalcoB, executate în Timișoara de către TAGOM Timiș, Catedra de construcții civile a Institutului Politehnic Iași, în anul 1975, a efectuat măsurători "in situ" /12/, /92/, /267/. Pereții în grosime de 15 cm au fost realizați cu ajutorul cofrajelor glisante, cu compactarea manuală a betonului iar planșeele în grosime de 14 cm s-au turnat în cofraje fixe, betonul compactându-se cu vibretele de interior / 135/, /165/.

Rezultatele măsurătorilor obținute pe elemente din beton ușor, în comparație cu cele înregistrate pe elemente similare din beton obișnuit greu - au arătat o comportare mai bună la frecvențe mai mari de 1000 Hz ale zgomotului perturbator și o comportare mai slabă în gama frecvențelor joase, situate între 125-500 Hz.

Ținând cont de faptul că în exploatarea clădirilor de locuit sînt mai frecvente zgomotele cu nivel de inten -



sitate cuprins între 1000 - 4000 Hz, rezultă că pereții și planșeele din beton ușor cu granolit de Lugoj, la grosime egală, asigură o capacitate de izolare acustică egală sau chiar superioară, celor din beton greu /18/, /19/, /129/.

Aceste rezultate sînt în concordanță cu cele obținute de alți cercetători din străinătate, pe elemente și construcții realizate din betoane de argilă expandată /174/, /175/, /166/.

### 7.3. Concluzii

Urzărirea comportării în timp a construcțiilor realizate din beton ușor cu granolit de Lugoj, pe lângă asigurarea securității în exploatare, a contribuit și la elucidarea unor probleme legate de caracteristicile specifice a noului material utilizat și de sistemele constructive și respectiv tehnologiile de lucru aplicate, completînd, cu date noi, unele rezultate obținute, care nu puteau fi sesizate suficient de fidel, în condițiile cercetărilor de laborator.

Rezultatele obținute au arătat o comportare în general similară cu cea a construcțiilor executate din beton greu, în ceea ce privește rezistențele mecanice, comportarea sub încălziri, contractia și izolarea fonică și superioară sub aspectul comportării higrotermice a elementelor de încastrare.

Cunoașterea comportării reale, în condiții de exploatare, a elementelor și construcțiilor realizate din beton ușor cu granolit, a contribuit la mărirea încrederii în posibilitățile de aplicare și generalizare cu succes a acestui material, deosebit de eficient, la realizarea construcțiilor din țara noastră.

CAP.8. COMBIBISURII SI CONCLUZII CU PRIVIRE LA  
TIN OU SIE BETON LUI USOR CU GRANULIT  
DE LUGOJ.

Folosirea betonului ușor compact cu agregate de gran-  
ulit la realizarea elementelor portante și autoportante pen-  
tru construcții civile și sociale, executate în țară și în  
special în județul Timiș, a necesitat cunoașterea atât a carac-  
teristicilor și modului de comportare a agregatului, cât și a  
particularităților tehnologiei de preparare și punere în operă  
a acestui beton, determinate de proprietățile specifice ale gra-  
nului de Lugoj.

Lucrarea cuprinde rezultatele studiilor și cercetări-  
lor desfășurate în acest domeniu, pe o perioadă de peste 10 ani  
cu caracter teoretic și experimental cât și realizările obținute  
în producție la T-AGOM Timiș.

Cercetările și aplicațiile au putut fi realizate ca  
urmare a unei fructuase colaborări între T-AGOM Timiș, ICPMC  
București, IPHOTIM și Catedra C.C.I.A.- Facultatea de Construc-  
ții Timișoara, ținând seama și de rezultatele și informațiile  
obținute din țară de la Cluj-Napoca, Iași și București.

Aspectele studiate și prezentate în lucrare se refe-  
ră la: caracteristicile specifice ale granului de Lugoj și  
influența lor asupra principalelor proprietăți ale betonului;  
tehnologie de preparare, transport și punere în operă a beto-  
nului, studiată în condiții de laborator, cât și mai ales, în  
condiții concrete de producție; calitățile de folosire a  
tehnologiilor neconvenționale și a adosurilor, pentru îmbunătă-  
țirea unor caracteristici ale betonului; particularitățile de  
execuție a diferitelor elemente de construcții și structuri  
precum și comportarea lor in situ. Un accent deosebit se acordă  
tehnologiei de obținere a betonului ușor cu granulit de Lugoj  
și în special următoarelor faze: preumectarea granului,  
ordinea de introducere în betonieră a componentilor și doza-  
rea lor, cu accent deosebit asupra dozării apei; ordinea

componentilor și în special stabilirea duratei optime de malsare. De asemenea sînt tratate transportul și punerea în operă a betonului, în condiții obișnuite, cît și în condiții de folosire a superplastifiantilor. Detaliat sînt analizate întărirea betonului în condiții normale cît și mai ales, în condiții de tratament termic.

Pe lângă betonul ușor cu granolit de rezistență a fost studiată și tehnologia de obținere și posibilitatea de folosire a betoanelor ușoare de izolație rezistență.

Pe tot parcursul lucrării rezultatele obținute sînt comparate cu datele prezentate în literatură din țară și străinătate, scoțindu-se în evidență aspectele specifice ale betonului cu granolit de Lugoj.

Rezultatele obținute pe parcursul cercetărilor au fost introduse direct în producție și au contribuit la extinderea sferei de folosire a betonului ușor cu granolit, realizîndu-se numai la T-AGCM Timiș, în această perioadă un volum de peste 570 mii m<sup>3</sup> de beton ușor cu granolit utilizat la executarea a peste 18.000 apartamente, 750 locuri de cazare în hoteluri, 2120 locuri în creșe și grădinițe, 80 școli de clasă în școli și alte obiective social-culturale și elemente diverse cu efecte tehnico-economice deosebit de favorabile. De asemenea aceste rezultate au fost folosite la elaborarea sau completarea a șapte acte normative, unui număr mare de proiecte adaptate și a trei proiecte tip, precum și a unsprezece instalații și procedee tehnologice protejate prin brevete de invenții și certificate de inovator, și a unui număr mare de articole publicate în literatură de specialitate din țară și străinătate.

### 8.1. Cu privire la caracteristicile fizico-mecanice ale granolitului de Lugoj.

Studiile de laborator și experimentările industriale efectuate în colaborare cu I.P.C. Lugoj, în cariera și linie de fabricare a fabricii au permis determinarea caracteristicilor specifice a granolitului și influența acestora asupra proprietăților și tehnologiei betonului ușor.

Contribuții aduse și concluziile desprinse sînt:

1. Existența în cariera de exploatare a rezilienței

tipuri de argile, situate la diferite adâncimi care diferă între ele prin compoziție chimică și mineralogică (v. tab. 2.1) și legat de aceasta, stabilirea posibilităților de obținere a diferitelor clase de granulit; se prezintă coeficienții de expansiune, temperatura de ardere și clasa de granulit care se poate realiza, cu fiecare tip de argilă sau cu amestecurile acestora (v. fig. 2.2.).

2. Creșterea pe parcursul anilor a densității granulitului livrat, datorită unor condiții tehnice de exploatare a argilei și de fabricarea granulitului, având ca consecință schimbarea clasei granulitului de la A3a la A3b și majorarea cu 110 până la  $150 \text{ kg/m}^3$  a densității betonului.

3. Necesitatea folosirii la prepararea betonului a unui ados de nisip de balastieră de 25-35% mai mare decât valoarea de maximum 23% admisă de normativ/96/, pentru suplimentarea deficitului de fracțiune 0-3 mm, din sortul C-7 (0-10) mm a granulitului, ducându-se la creșterea densității cu  $10-60 \text{ kg/m}^3$ .

4. Posibilitatea folosirii a unui ados de pînă la 15% de cenușă de termocentrală de Mîntia, fără mărire a adosului de nisip de balastieră.

5. Majorarea ponderii fracțiunii 0-3 mm din granulit, prin introducerea în fluxul tehnologic de fabricație a unei mașini de fasonat suplimentară, cu diametrul orificiilor redus.

6. Posibilitatea folosirii, în condiții optime, a sorturilor de granulit 0-10 mm și 10-20 mm, avînd ca efect diminuarea densității betonului și extinderea fracțiunii 16-20 mm, la prepararea betonului ușor de rezistență.

7. Realizarea unui aparat de secționare a granulelor de agregat ușor, fără dereglarea structurii acestora, folosit pentru urmărirea fenomenului de absorbție a apei, aparatul constituind obiectul unui brevet de invenție a autorului tezei (v. fig. 2.12).

8. Necesitatea preumezirii granulitului înainte de prepararea betonului, pentru evitarea absorbției apei și menținerea lucrabilității betonului.

9. Existența unei absorbții de apă mai zari cu 24-35% la granitul preumectat, cu mult timp înainte de prepararea betonului, în comparație cu cel folosit uscat, împănându-se preumectarea cu puțin timp înainte de introducerea granitului în betonieră (v.fig.2.14).

10. Absorbția de către granolit în betonul proaspăt a unei cantități de apă în medie cu 20% mai mici, în comparație cu absorbția acestuia în apă; mărirea absorbției veriind direct proportional cu creșterea consistenței betonului (v.fig. 2.16).

11. Stabilirea procentului optim de preumectare a granitului de 9... 10%, valori peste care absorbția de apă din betonul proaspăt este redusă, nainfluentind semnificativ consistența betonului, pînă la punerea în operă (fig.2.11.).

12. Existența în betonul ușor cu granolit proaspăt a fenomenului de vacuumare internă (selfvacuumare); prin care, apa absorbită la preparare în porii interiori ai granulelor, în cursul perioadei de întărire, este cedată treptat pietrei de ciment în curs de formare, asigurînd, prin adare internă, îmbunătățirea aderenței între granule și matrice, reducerea frecvenței defectelor în această zonă și continuarea și adîncirea proceselor de hidratare a particulelor de ciment, contribuind în final la creșterea în timp a rezistențelor betonului ușor, creînd posibilitatea obținerii în mod curent a betonelor BG200-BG300, cu același dozaj de ciment, ca la betonul greu.

13. Existența la betonul ușor cu granolit, a unei speri de apă mai scăzute și de durată mai redusă, în comparație cu betonul obișnuit, reducerea fiind direct proporțională cu creșterea ponderii granitului în amestecul de beton (v.fig.2.19). De asemenea, a rezultat că la betonul ușor cu granolit, creșterea raportului a/c contribuie, într-o mai mică măsură, la mărirea cantității de apă separată (v.fig.2.20).

### 8.2. Cu privire la influența gradului de umezire a granitului asupra tehnologiei și proprietăților betonului ușor.

Plecîndu-se de la faptul că folosirea granitului complet uscat sau saturat cu apă, are o serie de efecte negative asupra tehnologiei și proprietăților betonului s-au efectuat studii experimentale în condiții de laborator și de producție curentă, pe beton preparat cu granolit uscat, saturat cu

și preumectat la 9..10%. În cadrul studiilor s-au urmărit consistența, densitatea și rezistența la compresiune a betonului, în diferite condiții de întărire (STAS, în aer, tratament termic și izolat complet de mediul exterior), comparativ cu betonul obișnuit.

Contribuții aduse și concluziile desprinse sînt:

1. Cea mai mare pierdere de lucrabilitate în timp se produce la betonul cu granulit uscat; la betonul preparat cu granulit preumectat scăderea lucrabilității fiind neînsemnată, ca și la cel cu granulit saturat cu apă, însă nespărînd efectele negative asupra rezistenței (v. Tabelul 3.2).

2. În stare proaspătă densitatea betonului cea mai mare se obține cu granulit saturat și cea mai mică, cu granulit uscat, la granulitul preumectat densitatea avînd o valoare medie; la 28 de zile densitățile devin practic egale (v. fig. 3.1. și tabelul 3.3.).

3. La păstrare în condiții STAS, cantitatea de apă absorbită în timpul păstrării în apă, respectiv variația densității este proporțională cu gradul de preumectare a granulitului la granulitul saturat comportarea este identică cu cea a betonului obișnuit (v. fig. 3.2.).

4. Densitățile obținute în condiții de păstrare STAS sînt mai mari decît cele realizate în condiții de păstrare în aer sau de tratament termic intermediar.

5. Densitățile au valori maxime sau depășesc pe cele prevăzute în normativul C.155-81 /96/, datorită densității granulitului și a necesității folosirii unei cantități sporite de nisip de balastieră.

6. În condiții identice de păstrare, rezistențele la compresiune maxime la 28 zile se obțin în cazul folosirii granulitului uscat și minime, cu granulit saturat; la folosirea granulitului preumectat se obțin valori intermediare (v. fig. 3.5).

7. Rezistențele la compresiune la 28 zile, au fost mai mari decît marca betonului, în toate situațiile, excepție făcînd numai betonul cu granulit saturat menținut în aer.

8. În cazul păstrării în condiții STAS, rezistențele betonului cu granulit preumectat, ating la 7 zile 0,79 din rezistența la 28 de zile, față de 0,63 obținut la betonul obiș-

nuit; la 28 de zile rezistențele celor două tipuri de betoane devin egale. Betonul preparat cu granulit uscat are o creștere în timp a rezistenței la compresiune asemănătoare cu cea a betonului obișnuit, iar la betonul ușor cu granulit saturat, rezistențele la 28 de zile sînt mai reduse cu aproximativ 14%, față de betonul obișnuit.

9. În cazul pătrării în aer, cînd se folosește granulit preumezit sau uscat, la 7 zile, rezistențele sînt aproximativ egale cu cele ale betonului obișnuit, iar în continuare sînt mai mari, obținîndu-se la 28 de zile valori mai mari cu 10% respectiv cu 25%, fapt deosebit de favorabil pentru execuție în condiții de producție. Betonul preparat cu granulit saturat, are la 28 de zile, rezistența cu 10% mai mică, decît cele ale betonului obișnuit.

10. În cazul tratării termice cu abur viu, rezistențele betoanelor ușoare, la toate vîrstele, sînt superioare rezistenței betonului obișnuit, fiind asemănătoare și altele liniilor de variație, excepție constituind numai betonul, cu granulit saturat, la care, pînă la 7 zile, rezistențele rîmîn inferioare rezistenței betonului obișnuit ca apoi să le depășească.

11. Comportarea mai favorabilă la tratament termic a betonului ușor cu granulit, comparativ cu betonul obișnuit, se datorează următoarelor cauze: compensarea pierderilor de apă cu apa absorbită în porii interiori a granulelor de agregat și menținerea umidității necesare continuării reacțiilor de hidratare a cimentului și după tratamentul termic, creșterea la temperaturi ridicate a unei aderențe chimice între hidroxidul de calciu și componentii mineralogici de pe suprafața particulelor de granulit, reducerea migrației hidroxidului de calciu din mortar și cristalizarea lui în jurul granulelor datorită conductivității termice mai reduse a acestora și întîrzieres, la începutul tratamentului, datorită acestuia, a transferului de căldură de la mediul de tratare la beton.

Toate aceste particularități ale comportării betonului ușor la tratare termică sînt însă mai atenuate în cazul betonului ușor preparat cu granulit de Lugoj, datorită densității mari și volumului de pori relativ redus a acestui agregat ușor, în comparație cu alte agregate pe bază de argilă expandată din străinătate.

### 8.3. Cu privire la particularitățile tehnologiei betonului ușor cu granulat de rezistență.

#### 8.3.1. Stabilirea compoziției betonului.

Analiza unui număr mare de informații din literatura de specialitate, precum și observațiile făcute prin încercările de laborator și în condiții de producție, au arătat că la stabilirea compoziției betonului ușor trebuie să se țină seama și de caracteristicile specifice ale granulatului și de particularitățile de preparare și punere în operă. Factorii care influențează în plus față de betonul obișnuit, cuprind stabilirea compoziției betonului ușor analizați pe larg în lucrare, sînt: densitatea aparentă a granulelor diferit pe sorturi și absorbția de apă a agregatului ușor determinate de porozitatea acestuia.

Metoda cea mai adecvată pentru stabilirea compoziției, prezentată detaliat în lucrare, s-a dovedit a fi metoda volumelor absolute, recomandată de CEB /45/, /354/, și preluată în normativul C.155 - 81/96 /.

Pe baza cercetărilor și observațiilor din producție s-a perfecționat și în practică la T-AGOM Timiș, un sistem de control și de corelare operativă a compoziției betonului ușor cu granulat, cu variațiile aleatoare ale caracteristicilor granulatului de Lugoj și a tehnologiei de preparare, transport și punere în operă a betonului. Metoda constă în verificarea concomitentă a densității aparente și a lucrabilității betonului atât la preparare cît și la punere în operă și în plus a randamentului amestecului la preparare. Metoda - în comparație cu metodologia de control ulterior, efectuată asupra betonului întărit - constituie un sistem de control preventiv, permițînd luarea măsurilor operative de corectarea compoziției betonului, fiind preluată și prin noua redactare a normativului C 140-81/ 101/.

#### 8.3.2. Prepararea betonului

Cercetările de laborator și experimentările efectuate în condiții reale din stațiile de betoane ale T-AGOM Timiș, au urmărit: testarea diferitelor modalități de preamnezare a granulatului; stabilirea ordinii optime de introducere în betonieră a componentilor și a celor mai eficiente



metoda de dozare a apei; determinarea efectului duratei de amestecare și a tipului mijlocului de amestecare folosit; elaborarea tehnologiei de preparare în condiții de activare hidrosonică a sistemului apă-ciment și respectiv de utilizare a superplastifiantilor.

Pentru compararea între ele a diferitelor soluții experimentate au fost efectuate încercări asupra agregatelor (granulozitate, densitate și umiditate), betonului proaspăt (lucrabilitate, densitate, omogenitate și temperatură) și betonului întărit (densitate și rezistență la compresiune).

Pentru premezirea granulitelor au fost testate patru modalități: stropirea cu apă în haldă, preumectarea în betonieră, inundarea cu apă în silozul de zi și stropirea cu apă pe banda de alimentare a silozului de zi, cu ajutorul unui dispozitiv semiautomat inovația autorului (v. fig. 4.7 și 4.8).

În vederea stabilirii ordinii optime de introducere în betonieră a componentelor au fost studiate trei variante: amestecarea apei cu cimentul și adăugarea ulterioară a agregatelor, aceeași ordine ca la betonul obișnuit și malaxarea prealabilă, timp de un minut, a agregatelor cu  $1/2 \dots 1/3$  din cantitatea de apă și introducerea apei și a cimentului și a restului de apă.

Pentru dozarea apei au fost testate două tipuri de dozatoare automate bazate pe legătura dintre consistența betonului și un parametru electric al motorului malaxorului.

În paralel, a fost studiată influența duratei de amestecare și tipului mijlocului de malaxare asupra granulozității granulitelor și respectiv asupra caracteristicilor betonului ușor. Ca și malaxoare au fost testate cele cu amestecare forțată și cu cădere liberă, folosindu-se șase timpi de amestecare, în intervalul de 30... 240 sec.

Prepararea betonului ușor în condițiile tratării hidrosonice a sistemului apă-ciment, s-a realizat cu o instalație concepută și brevetată de autor în colaborare cu un colectiv de specialiști de la T-AGCM Timiș și Catedra CHIF de la Facultatea de Construcții din Timișoara, în cadrul unei stații de betoane pilot (v. fig. 4.18 și 4.22).

Pentru folosirea superplastifiantilor la betonul ușor, au fost utilizate experimental superplastifiantii de tip VINC-11 și VINC-22, iar în colaborare cu Catedra CCI de la Facultatea de Construcții din Timișoara și Întreprinderea "Detergentul" din Timișoara, au fost testate un număr de 15 noi produse.

Pe baza acestor cercetări au rezultat următoarele contribuții și concluzii:

1. Tehnologia de preparare a betonului ușor cu granulit nu necesită dotări cu instalații și utilaje deosebite în stațiile centrale de betoane, cu excepția instalației pentru premezirea agregatului ușor, impunând însă respectarea unor condiții tehnologice specifice (premezirea agregatului ușor, respectarea ordinii de introducere a componentilor în betoniere și a duratei optime de amestecare).

2. Dintre metodele de premeiere a granulitului studiate, cea mai adecvată este stropirea controlată pe banda de alimentare a silozului de agregate din stația de betoane, folosind dispozitivul semiautomat prezentat în fig. 4.7, care asigură umedirea uniformă a granulitului; metoda a fost introdusă în producție curentă.

3. Umiditatea optimă de premeiere a granulitului este între 9-10%, care asigură menținerea, cu modificări nesemnificative, a consistenței betonului proaspăt, în intervalul de timp dintre preparare și punere în operă.

4. Ordinea optimă de introducere a componentilor în betonieră constă în amestecarea, în prima etapă, a agregatelor cu 1/2 - 1/3 parte din apă, timp de un minut, și adăugarea în etapă a doua a cimentului și restului de apă și amestecarea până la durata totală, în funcție de tipul betonierei. În felul acesta s-au obținut cele mai omogene garje de beton (v. tab. 4.4 și 4.8 și fig. 4.46) și sporuri de rezistențe de 5-8% față de celelalte variante studiate.

5. Ambele dozatoare automate testate asigură prepararea unor betoane cu granulit cu consistența practic constantă, histogramele de frecvență ale consistenței (fig. 4.10 și 4.11) caracterizându-se printr-o distribuție de tip Gaussian, peste 95% din rezultate situându-se într-un interval de răspândire de  $\pm 3$  cm.

6. Durata minimă necesară de amestecare stabilită prin testări asupra betonului proaspăt și întărit, precum și asupra fenomenului de sfărâmare a agregatului ușor, este de două minute la betoniere cu amestecare forțată și respectiv de trei minute la cele cu cădere liberă (v. tab. 4.5 și fig. 4.17). Prolungirea timpului de amestecare peste duratele optime duce pe de o parte la creșteri reduse de rezistență iar pe de altă parte, produce fenomene negative ca: sfărâmarea granulelor poroase ducând la modificarea granulometriei (v. tab. 4.6 și 4.7) și reducerea lucrabilității și mășirea temperaturii betonului (v. tab. 4.5). Este necesar ca Normativul C.150-81 /96/ să fie completat cu precizarea duratelor optime de amestecare pe tipuri

7. Amestecarea granulitului împreună cu restul componentilor betonului, la timpii de amestecare minima necesare (optime), corespunzătoare betonierelor testate, nu modifică practic granulometria granulitului, ducând la procente de sfărâmare reduse de - 2,28%, la betoniere cu amestec forțat (tab. 4.6.) și respectiv de - 0,49%, la betoniere cu cădere liberă (tab.4.7); numai amestecarea uscată, separată sau împreună cu nisipul de balastieră a granulitului produce modificări însemnate în granulometria acestuia.

8. Distanțe optime dintre paletete și fundul cuvei betonierelor cu amestec forțat este sub 3 mm, reducându-se în acest fel procentul de sfărâmare a granulitului; cu condiția respectării acestei distanțe se recomandă cu prioritate utilizarea acestui tip de betoniere la prepararea betonului ușor cu granulit.

9. Folosirea tratării hidrosonice a sistemului apă-ciment, duce la creșteri de rezistență a betonului ușor de aproximativ 15%, cu 5% mai mari, decit cele obținute la betonul obișnuit de același marcă.

10. Procentul optim de adăos de superplastifiant tip VINC este de 1,5% la VINC-22 și de 2,5% la VINC-11, ducând la îmbunătățirea sensibilă a lucrabilității betonului proaspăt (mărind tasarea de aproximativ 4 ori (v.fig.4.23) și la creșterea importantă a rezistențelor la toate vîrstele (v.fig. 4.24) prin reducerea cantității apei de preparare și permițînd astfel reducerea duratei tratamentului termic și a dozaajului de ciment; sporurile de rezistență la toate vîrstele fiind mai mari decit la betoanele obișnuite (c.fig.4.23).

11. Rezultatele cu privire la folosirea superplastifiantului VINC-11, au fost cuprinse în instrucțiunile C.D.137-81/ 195/, permițînd stabilirea măsurilor tehnologice și organizatorice necesare pentru introducerea în producție a acestui superplastifiant și a avantajelor tehnico-economice obținute.

12. Testarea produselor cu rol de superplastifiant a permis selectarea unui nou tip de superplastifiant brevetat /86/a/, pentru betoane obișnuite și ușoare, care, în proporție de 0,01% din cantitatea de ciment, în cazul betoanelor ușoare cu granulit de Lugoș, duce la mărirea tasării de trei ori și la creșterea rezistențelor inițiale cu 58%, respectiv a celor finale cu 29%.

13. Posibilitatea folosirii la betoanele ușoare, în aceleași condiții ca la betonul obișnuit a plastifiantului mixt Disan.

### 8.3.3. Transportul betonului

Experimentările efectuate în bazele de producție și pe șantierele T-AGCM Timiș au arătat că la transportul betonului ușor cu granulit se pot utiliza procedeele folosite curent la betoanele obișnuite.

La transportul cu pompele de beton trebuie respectate următoarele condiții tehnice: lucrabilitate L3/L4 la betonul proaspăt, realizarea unui amestec „sturz” cu conținut de părți fine între 400-530 kg/m<sup>3</sup>, praumectarea obligatorie la 9-10% a granulitului și folosirea la prepararea betonului a unui ados de 10-15% cenășă de termocentrăle.

Pentru evitarea pierderii în timp relativ scurt (30-40') a sporului de lucrabilitate conferit betoanelor ușoare de adosul de superplastifiant VINC-11, a fost realizată și brevetată /163/ instalația de adăugare a superplastifiantului pe parcursul transportului, cu puțin timp /5-10'/ înainte de descărcare pe șantier, cu care au fost dotate autobetonierele (fig.4.29 și 4.31).

În scopul recuperării complete, fără poluarea mediului, a materialelor rezultate din splizarea autobetonierelor, a fost concepută și introdusă în producție, la T-AGCM Timiș, o instalație specială (fig.4.31/a) /152/.

### 8.3.4. Turnarea, compactarea și tratarea betonului.

Urmărirea turnării și compactării betonului ușor cu granulit în condițiile folosirii mai multor tipuri de cofraje (cofraje glisante și cofraje metalice de inventar) și realizării elementelor prefabricate (panouri mari, diferite tipuri de planșe, etc), a arătat că scenata nu necesită măsuri deosebite, impunând totuși următoarele:

- Folosirea unor pervibratoare cu frecvență înaltă (min.12.000 rot/min,) și amplitudine mică (sub 0,8 mm) și a unei durate de vibrație de aproximativ 30 sec, cu introducerea rapidă (1-2 sec) și curățarea lentă (17-18 sec) a betonului.

- utilizarea plăcilor vibrante la compactarea elementelor orizontale, cu grosimea sub 35 cm asigurând o supraîncălzire între 0,02-0,04 daN/cm<sup>2</sup>, pentru evitarea segregării inverse;

- acordarea unei atenții deosebite granulometriei agregatului ( $\phi_{max} < 10$  mm), folosit la prepararea betonului turnat în ultimul strat, atunci când se dorește obținerea, din turnare, a unei fețe superioare finisată a elementelor;

Caracteristicile betonului ușor cu granulat de lușoj în funcție de tratarea lui după turnare au fost urmărite atât în condițiile întăririi obișnuite (în condiții STAS, în aer fără și cu udare în primele 7 zile), cât și în condiții speciale (izolat de mediul înconjurător și tratat termic).

Concluziile obținute sînt următoarele:

- betonul ușor, în condiții de întărire obișnuite, în primele 7 zile are o viteză de creștere a rezistenței mai mare, decît betonul obișnuit, însă la 28 de zile, rezistențele celor două tipuri de betoane sînt practic egale;

- betonul ușor preparat cu granulat preumedat pătros în aer, are o sensibilitate mai redusă la absența umezșii, decît betonul obișnuit;

- pe timp friguros, betonul ușor are o comportare mai bună, fapt confirmat de comportarea favorabilă a acestuia, la executarea pe timp de iarnă, a hotelului de la Muntele Mic/146/, motivat prin inerția termică mai mare și conductivitatea termică mai redusă a granulatului, în comparație cu agregatele de balastieră;

- existența unei autovacuării (solifvacuare), cu efect pozitiv asupra formării structurii betonului ușor, descrisă detaliat la Cap.2. pot.2.2.4.;

- la tratarea termică rezistențele betonului ușor cu granulat deșăgesc, la toate vîrstele, pe cele ale betonului obișnuit;

- comportarea mai bună la tratare termică a betonului ușor cu granulat, în comparație cu betonul obișnuit, se datorează influenței favorabile pe care o au, asupra formării structurii betonului, proprietățile specifice ale granulatului (porozitatea mare, conductivitate termică redusă și activitatea

chimică la temperaturi mai mari a componentilor mineralogici de pe suprafața granulelor, precum și conductivitatea mai redusă a acestui beton;

-ciclul optim de tratament termic a betonului ușor cu granulit de Lugoș reprezentat în fig.4.36 se compune din:  $t_a=2$  ore,  $t_r=2$  ore,  $t_t=6$  ore, la  $60^\circ\text{C}$  și  $t_c=2$  ore.

### 8.3.6. Controlul calității

Din experiența câștigată la lucrările executate la T-AGCM Timiș, a rezultat că pentru controlul calității betonului ușor cu granulit se pot aplica aceleași metode ca și la betonul obișnuit.

Pentru încercări nedistructive, în baza unui vast studiu experimental efectuat pe eprubete și carote, a fost stabilită pentru betonul ușor cu granulit de Lugoș, valorile coeficientului de influență a naturii agregatului „Ca” pentru determinarea rezistenței la compresiune a acestuia. Valoarea acestui coeficient a rezultat de: 1,80 la încercări ultrasonice, 1,30 la încercări cu sclerometru și 1,55 la metoda combinată.

### 8.4. Cu privire la tehnologia betoanelor ușoare cu granulit de izolație-rezistentă

În scopul realizării unor penouri de închidere perimetrale monostrat pentru clădiri de locuit, în colaborare cu ICCPDC Filiala Cluj-Napoca, au fost studiate condițiile tehnologice de obținere a unor betoane ușoare cu granulit de izolație-rezistentă, folosindu-se în compoziția lor ca adăsură cenugă de termocentrală de la Mintia și spumant S.I. antrenori de aer.

Experimentările efectuate în condiții de laborator cât și în producție au urmărit influența asupra caracteristicilor betonului ușor a următorilor factori: granulometria granulitului, dozajul de spumant, durate de amestecare și tipul betonierii.

Pe baza prelucrării statistice a rezultatelor și ținând cont de observațiile tehnologice efectuate, au rezultat următoarele:

1. Posibilitatea obținerii curente cu rețetele din tabelul 5.3. a unor betoane BG 100 - BG 150, cu densitatea aparentă în stare întărită de  $1419 \text{ kg/m}^3$  și respectiv de  $1496 \text{ kg/m}^3$  (tabelul 5.4.), prin prelucrarea statistică pe calculator

a rezultatelor încercărilor, s-au stabilit relațiile(5.1.) și (5.2.), care dau legătura între rezistența la compresie și densitatea acestor betoane (v.fig.5.3).

2. Aerul antrenat în masa betonului, pe lângă reducerea densității, îmbunătățește lucrabilitatea betonului, reduce sedimentarea și înlătură complet separarea apei la suprafața betonului, permițând începerea finisării elementelor imediat după turnarea betonului.

3. Pentru antrenarea în masa betonului, la un dozaj de 9 l apumant S.I. la  $m^3$  de beton, o durată practic acceptabilă(4 minute), a unui volum corespunzător ( $200 \text{ dm}^3/m^3$ ) de aer, malaxoarele trebuie să aibă o turație mai mare de 70 rotații/minut(fig.5.1).

4. Ciclul optim de tratament termic a rezultat de: 16 ore + 2 ore + 9 ore + 3 ore = 24 ore, iar temperatura de izotermie de  $45^\circ\text{C}$ .

5. Posibilitatea realizării de panouri de închidere monostrat cu grosimea de 32 cm, cu caracteristici termotehnice la nivelul panourilor sandwich din beton greu cu termoizolația din b.c.a.

6. Comportarea bună a panourilor realizate în cursul operațiilor de decofrare, manipulare, transport și montaj și „in situ”.

Rezultatele cercetărilor efectuate au fost folosite la elaborarea completărilor Normativului C.155-81/96/ și a unor proiecte tip pentru clădiri de locuit.

### 8.5. Cu privire la valorificarea cercetărilor și extinderea sferei de folosire a betoanelor ușoare cu granulit.

Rezultatele cercetărilor teoretice și experimentale au fost valorificate prin contribuții la elaborarea de acte normative și proiecte tip, realizarea de tehnologii, tipuri de elemente și structuri din beton ușor cu granulit, precum și de utilaje, materiale și instalații brevetate.

Dintre actele normative, proiecte tip și alte proiecte, la elaborarea cărora s-a contribuit, se amintesc:

- Fișă tehnică: Elemente prefabricate și construcții din betoane ușoare de rezistență și de izolație cu granuliți clase A3a și A3b, elaborat de ICPMC București în 1976 și aprobat de MBRPC/108/;

- Instrucțiuni tehnice pentru prepararea și folosirea betoanelor cu granuliți, indicativ C.155-75 /191/;

- Normativ privind prepararea și utilizarea betoanelor cu agregate ușoare, indicativ C.155-81/96/;

- Completarea normativului C.155-81, cu anexa VIII privind Utilizarea agregatelor de granuliți clase A3b, cenusei de termocentrale și spumantilor la realizarea elementelor de închidere și separare/96/;

- STAS 7343-79. Agregate minerale ușoare. Granuliți și revizuirea acestora din anul 1980 /364/;

- Instrucțiuni tehnice provizorii pentru folosirea superplăstifianților VINC-11 și VINC-22 la prepararea betoanelor și realizarea elementelor prefabricate, indicativ C.L. 137-82/ 195/;

- Proiect tip experimental IPROTIM nr 19.373/75: Clădiri de locuit P+4E din panouri mari din beton cu granuliți clase A3a de Lugoj /197/;

- Proiect tip experimental IPROTIM nr 20.121/76: Clădiri de locuit 10-12 nivele, cu parter flexibil, din beton ușor cu granuliți clase A3a/192/;

- Proiect IPROTIM nr 27.121/001-1983: Clădiri de locuit P+1E, pentru mediul rural, cu panouri exterioare monostrat din beton ușor cu adaos de cenășă și spumant/289/.

Dintre tehnologiile ,structuri și elemente prefabricate realizate arătam următoarele:

- panouri de închidere perimetrice autoportante din beton ușor cu granuliți BG 150, BG-CT 150 și BG-CT 150 cu adaos de spumant, la clădiri de locuit S+P+4E..10E, însumând 772 de apartamente(fig.6.2 și 6.4) și la hotelul "Triașoara" (fig.6.3);

- clădiri de locuit și hoteliere S+P+9E..10E, realizate integral din beton ușor BG 200 cu ajutorul cofrajelor glisante, cu structuri de tip fașon, având pereți interiori și exteriori monostrat, însumând peste 1500 de apartamente(fig.6.7) și 550 locuri de cazare în hoteluri(fig.6.9.);



- clădiri de locuit și social- culturale S+P+3E..  
108, cu structura tip fagure sau celular, realizate integral  
din beton ușor cu granolit, cu diafragma din BG200 turnate în  
coșraje metalice de inventar și pereții exteriori și planșee  
prefabricate, din BG250, totalizând peste 1000 apartamente(fig.  
6.12), 700 locuri în cămine pentru studenți(fig.6.14) și 200 lo-  
curi hoteliere(fig.6.15);

- clădiri de locuit și social- culturale S+P+1E..  
88, având întreaga sa restructură realizată din panouri mari, în  
sistem fagure din beton ușor BG250, însumând peste 16.000 de  
apartamente(fig.6.16 și 6.17), peste 2000 locuri în creșe-  
grădinițe(fig.6.19) și școli general cu 80 săli de clasă  
(fig.6.20);

-elemente prefabricate diverse ca: elemente de  
planșeu de 18 cm monostat din beton BG250, pentru clădiri de  
locuit multietajate cu nucleu central monolit și cadre perife-  
rice prefabricate din beton greu(fig.6.23), la 600 apartamente;  
dale preturnate nervurate de dimensiuni mari din BG300, pentru  
laboratoarele de la Fac. Mecanică(fig.6.24); cabine de băi apa-  
tiale din BG300, pentru peste 3000 apartamente(fig.6.25);  
perți despărțitori din BG-OT 150 cu apunant la peste 17.000  
de apartamente și alte elemente neportante.

Instalațiile, dispozitivele și materialele, proce-  
deele tehnologice noi concepute și introduse pentru îmbunătă-  
țirea procesului tehnologic de preparare și punere în operă a  
beto ului ușor cu granolit au fost protejate prin următoarele  
brevete de invenții și certificate de inovator:

- Instalație pentru pneumoctarea pe bandă a granolitu-  
lui certificat inovator nr 30 1985 /162/(fig.4.9);

- Aparat pentru sectionarea granulelor de agregat ușor.  
Brevet de invenție R.S.R. nr 90.420/1985 /154/ (fig.2.12);

- Panou prefabricat din beton ușor pentru pereți ex-  
teriori. Brevet de invenție R.S.R. nr 90.312/1986 /349/(fig.  
6.8);

- Beton ușor cu izolație și rezistență pentru elemen-  
te de închidere și compartimentare. Brevet R.S.R. nr.94863/  
1986 /375/;

- Instalație hidrosonică pentru fibrințirea, dispersia și li-  
fizarea unor produse și substanțe în medii diferite de dis-  
persie. Brevet de invenție R.S.R. nr 92.383/1986 /241/;

- Instalație hidrosonică pentru tratarea cimenturilor folosite la prepararea betoanelor și mortarelor. Brevet de invenție R.S.R. nr. 92.385/1985 /242/(fig.4.22);

- Procedeu hidrosonic de sporire a eficienței cimenturilor utilizate ca lianți în betoane și mortare. Brevet de invenție R.S.R. nr. 89483/1985 /350/;

- Instalație adaptabilă pe autobetoniere pentru dozarea superplastifiantilor în betoane transportate pe șantier. Brevet de invenție R.S.R. nr. 87.915/1985 /163/(fig.4.30);

- Procedeu de întărire a betoanelor, mortarelor și pastelor pe bază de ciment. Brevet de invenție R.S.R. nr. 93.903/1985 /64/b/;

- Instalație de recuperare a materialelor la spălarea autobetonierelor în stații de betoane. Certificat de inventator nr. 64/1985 /152/ (fig.4.31/a);

- Compoziție aditivă superplastifiantă pentru betoane și procedeu de obținere a acesteia. Brevet de invenție R.S.R. nr. 91423/1986 /86/a/.

În lucrare sînt prezentate detaliat elementele și construcțiile realizate, instalațiile și aparatele introduse în producție precum și avantajele tehnico-economice obținute (fig.6.5).

#### 8.6. CU PRIVIRE LA COMPORTAREA IN SITU A BETOANELOR SI CONSTRUCTIILOR REALIZATE.

Folosirea în județul Timiș a unui volum mare de beton ușor și extinderea sferei lui de folosire la diverse tipuri de elemente și structuri, unele în premieră pe țară, a necesitat și urmărirea comportării "in situ" a acestui material și a structurilor realizate.

Principalele aspecte urmărite pe o perioadă de peste 10 ani și prezentate pe larg în lucrare, se referă la: rezistența betonului și evoluția ei în timp, fenomenul de contracție, protecția oțelului beton împotriva coroziunii, comportarea diferitelor elemente sub încărcări, comportarea higrotermică a elementelor de închidere și acustică a elementelor de compartimentare.

Studiile efectuate cu privire la rezistențele la compresiune, determinată pe carâte, a contracției urmărită cu ajutorul unui dispozitiv special conceput /75/, precum și a coroziunii armăturii, în condiții severe de exploatare, arată următoarele:

- rezistența la compresiune au fost mai mari decât măsurile prescrise, fiind însă, mai mici cu aproximativ 15%, decât cele determinate pe cuburi de probă;

- creșterea în timp, cuprinde 30%, a rezistențelor la compresiune, față de rezistențele la 28 de zile;

- în prima perioadă de timp, betoanele ușoare cu granulat, au deformații de contracții mai mici, decât betoanele obișnuite, iar în final sînt mai mari cu 20%;

- apariția fisurilor din fenomene de contracție împiedecă, la betonul ușor, este mult mai târzie iar deschiderile finale sînt mai mici, decât la betonul obișnuit;

- manifestarea fenomenelor de coroziune asemănător ca și la betonul obișnuit, în condițiile unei execuții corecte a elementelor;

- comportarea bună în timp a betonului, nesemnificându-se degradării sub acțiunea mediilor exterioare obișnuite.

Comportarea sub încărcări a elementelor de construcții a fost urmărită la acțiunea încărcărilor de exploatare, cît și pe elementele prototip, încărcate cu sarcini de scurtă durată pînă la rupere; au fost efectuate de asemenea încercări de comportare de tip seism, pe platforma de la ICCPDC-Filiala Iași.

Din aceste încercări au rezultat următoarele:

- comportarea foarte bună sub sarcini de exploatare a tuturor elementelor (deschideri de fisuri și săgeți sub valorile prescrise);

- apariția fisurilor numai la încărcări peste cele de calcul;

- capacitate portantă experimentală mai mare decât cea rezultată, din calcul;

- comportare bună atât a elementelor, îmbinărilor cît și a structurilor din panouri mari la acțiuni seismice.

Comportarea higrotermică a fost urmărită pe elemente de închidere din construcțiile executate din beton

ușor cu granulat, s-a determinat de asemenea coeficienții de conductivitate termică pe carote extrase din construcții. În pereții au fost făcute observații și pe construcții identice ca structură și închideri realizate din beton obișnuit.

Concluziile obținute sînt următoarele:

- la betonul ușor de rezistență preparat cu granulat clasa A3a și A3b coeficientul de conductivitate termică a avut valori între 0,42-0,53 kcal/mh<sup>0</sup>C iar la betonul ușor de izolație-rezistență de 0,38-0,42 kcal/mh<sup>0</sup>C;

- comportare bună (nesemnându-se fenomenul de condens) a pereților exteriori monostrat de 30 cm grosime, realizați prin glisare din EG200 cu granulat clasa A3a, precum și a panourilor exterioare autoportante realizate în același structură, la grosimea de 27 cm, din beton EG 150;

- realizarea la panourilor autoportante cu structură monostrat din beton ușor de izolație rezistență, cu grosimea de 32 cm, a unei rezistențe termice medii ponderată, echivalentă cu cea a panourilor exterioare de 27 cm, în trei straturi cu termoizolație din plăci de b.c.a.;

- folosirea betonului ușor de rezistență pentru panouri exterioare portante în trei straturi, cu grosime de 27-30 cm, cu termoizolație din vată minerală asigură o comportare termică superioară, față de panourile cu structură identică din beton obișnuit;-

Încercările privind izolarea acustică arată o comportare mai bună a pereților și plengeelor din beton ușor cu granulat față de cele din beton obișnuit de grosime egală, la frecvența zgometelor peste 1000 Hz (frecvențe curent întâlnite în exploatarea clădirilor de locuit).

B I B L I O G R A F I E

- /1/ AVRAM, C.: Curs de beton armat. Partea I, Litografia învățământului, Timișoara, 1957.
- /2/ AVRAM, C.: Perspectiva folosirii betonului armat în construcții, Simpozion "Structuri eficiente", Hunedoara, oct. 1979.
- /3/ AVRAM, C.: Informare privind deplasarea de documentare în Suedia în perioada 8-15 dec., 1977.
- /4/ AVRAM, C.: Cuvînt de deschidere la schimbul de experiență "Utilizarea eficientă a granului, la realizarea elementelor prefabricate și construcțiilor" v./383/.
- /5/ AVRAM, C.; ANASTASESCU, D.: Unele aspecte structurale și economice în proiectarea clădirilor multietajate în regiuni seismice și prezentînd condiții de fundare dificile, Seminar CEB-UNO, București, oct. 1974.
- /6/ AVRAM, C., BOB, C., JEBELIANU, E., KORECKÝ, I.: Influența unor noi aditivi asupra proprietăților betonului, Rev. Materiale de Construcții 4/1980, București.
- /7/ AVRAM, C., BOB, C.: Noi tipuri de betoane speciale, Editura Tehnică, București, 1980.
- /8/ AVRAM, C., FAÇAOARU, I., FIDELMON, I., MIRSU, O., TERTEA, I.: Regiunile și deformațiile betonului, Editura Tehnică, București, 1971.
- /9/ AVRAM, C., DEUTSCH, I., POP, A., WEISS-BIENHOLZ, A.: Proiectarea economică a elementelor de construcții din beton armat, Editura Facla, Timișoara, 1979.
- /10/ A.C.I.: Guide for structural lightweight aggregate concrete, Report of A.C.I. Committee 213, Concrete International, 1979.
- /11/ A.C.I.: Recommended practice for measuring, mixing, transporting and placing concrete, Report of A.C.I. Committee 304, 1973.
- /12/ A.C.I.: Recommended practice for selecting proportions for structural lightweight concrete, A.C.I. Journal, January, 1968.
- /13/ AVRAM, C., ELLIOT, I.: Curs de beton armat, vol. I., Litografia I.P.T., 1976.
- /14/ ALEXANDRESCU, E.s.a.: Betoane ușoare de rezistență. Realizări în municipiul Iași, Rev. Materiale de Construcții 2/1978, București.
- /15/ A.C.I.: Recommended practice for selecting proportions for structural lightweight concrete, Report of A.C.I. Committee 613, 1968.
- /16/ ANASTASESCU, D.: Unele aspecte ale proiectării structurilor B+4E și B+10E din beton ușor cu granuli, Schimb de experiență Timișoara, 1975, v/383/.

- /17/ ANASTASESCU, D., ANVENDER, V., IONESCU, D.: Clădiri de locuit S+P+4E cu panouri mari prefabricate din beton ușor cu agregate de granolit. Rev. Materiale de Construcții 1/1973, București.
- /18/ ANASTASESCU, D., IONESCU, I., KORECK, I.: Încercări in situ la construcții multietajate din beton ușor cu granolit class A3s de Lugoj, Schimb de experiență "Comportarea in situ a construcțiilor" editia 2R-3s, Oradea, 2R-3s sept., 1975.
- /19/ ANASTASESCU, D., IONESCU, I., KORECK, I.: Comportarea in situ a clădirilor civile realizate din beton ușor cu granolit, Schimbul de experiență „Comportarea in situ a construcțiilor”, Călimănești, 1973.
- /20/ ANASTASESCU, D., CAPATINEANU, Gh., KORECK, I.: Realizări și propuneri privind elementele de compartimentare la clădiri civile, Simpozionul GMT, oct. 1985, Cluj-Napoca.
- /21/ ASSOCIATION FRANCAISE DU BETON: Bilon et perspective d'emploi des betons legers de structure, Cahier de l'A.F.B., no 82, Paris, 1976.
- /22/ ASTM, 1970: Concrete and Minerslaggregates, Philadelphia.
- /23/ AURICH, H.: Betontechnologische u. bauatellenpraktische Erfahrungen mit Konstruktionsleichtbeton, Beton 9/1969 și 10/1969, R.F.G.
- /24/ AVRAMESCU, C., CALUGARU, I.: Rocci pentru industria materialelor de constructii, Rev. Materiale de Construcții 2/1979, București.
- /25/ BALAEV, A., I., ș.a.: Dispozitiv pentru compactarea amestecului de beton cu cheremzit, Brevet URSS nr. 167764 din 14 apr. 1965.
- /26/ BALASA, V.: Posibilități de folosire a betonului de granolit (argilă expandată) la structurile de locuințe executate în cofraje glisante.
- /27/ BEIU, E.: Contribuții la tehnologia betonului aparent cu parament brut, Teza de doctorat I.P. Cluj-Napoca, Fac. Construcții, 1970.
- /28/ BEIU, E., CAPATA, I., VESCAN, V.: Studii privind calculul cofrajelor, v./386/.
- /29/ BERGL, O.: Armerade konstruktioner i lättballastbetong, Goteborg, 1981.
- /30/ BERGMANN, K.: Experiența de fabricare și utilizare a argilei expandate, Die Ziegelindustrie 11/12, 1966, R.F.G.
- /31/ BOB, C.: Stabilirea compoziției betonului greu obișnuit, v./386/.
- /32/ BOB, C.: Prelucrarea datelor experimentale,uletianul Științific al Sediului de Comunicări, vol. V, Baia Mare, 1980.
- /33/ BOB, C., JEBELIANU, E., ILCA, A., IGNATON, E., KORECK, I.: Extinderea domeniului de utilizare a editivilor în betoane grele și ușoare, Contract I.P.T. nr. 107/1985.

- /34/ BOB, C., JAB LEANU, B., ILCA, A., KORECK, I.: Testarea unor noi tipuri de aditivi plastifianti pentru prepararea mortazelor și betoanelor, Contract I.P.T. nr. 129/1982.
- /35/ BOGOS, C., BULGARU, V.: Noi soluții de pereți exteriori din beton ușor pentru clădiri de locuit, comportarea lor termică, Studii și cercetări INCERC nr. 5/1979, București.
- /36/ BOGOS, C.: Protecția termică a clădirilor de locuit. Proiectare-execuție-exploatare. Schimb de experiență "Comportarea in situ a construcțiilor" Birgu-Mureș, 1980.
- /37/ BOGHIAN, A.: Tratamente electrochimică a betoanelor ușoare. Comunicare la sesiunea Jubiliară I.P. Cluj-Napoca, 1968.
- /38/ BOGHIAN, A.: Tratamente termică a betonului cu ajutorul curentului electric. Teză de doctorat I.P. Iași, 1971.
- /39/ BOGSI, J. A.: Concrete workability measurement, "WILSON seminar" "Fresh Concrete", March 22-24<sup>th</sup>, Leeds, în limb., 1973.
- /40/ BRATU, V.: Pompe de beton fabricate în România, Reviste Construcții 1/1977, București.
- /41/ BROWN, W. P.: The use of lightweight concrete in the Melbourne area, particularly in high-rise precast residential construction v./382/
- /42/ BUCHEAN, I. C.: Betoane armate cu fibre de oțel. Teză de doctorat, I.P.T. 1983, Timișoara.
- /43/ BUDNIKOV, P. P., ELIZON, M. P., YAKUB, J. A.: Structura, compoziția și proprietățile agregatelor ușoare folosite în betoanele în URSS.
- /44/ CADAR, I.: Mortare și betoane armate cu fibre de sticlă, Teză de doctorat, I.P.T. 1980, Timișoara.
- /45/ C.E.B.: Structures en beton leger. Bulletin d'Information nr. 95, mai 1972, Paris.
- /46/ C.E.B.: Lightweight aggregate concrete, Design and technology, Bulletin d'Information, nr. 121, 1977, Paris.
- /47/ C.E.B.-F.I.P.: Lightweight aggregate concrete. Manual of design and technology, Lancaster-London-New-York, 1977.
- /48/ CERNEA, I., IONESCU, I., CORUȘA, I., BERETZ, B., UNTERMANN, M., SIBU, I.: Aspecte ale preparării și livrării betonului ușor cu granulit ca beton marfă v./383/.
- /49/ CIULEA, Gh., CIOVOCOS, T., GRADTEARU, B., KORECK, I., ANASTASESCU, D., CRISTESCU, V., IONESCU, I., RADULESCU, B.: Realizarea construcțiilor de locuințe prin glisare din beton ușor. v/383/.
- /50/ CIULEA, Gh., CIOVOCOS, T., KORECK, I., CERNEA, I., ROTH, I., MOLDOVAN I., ANASTASESCU, D., MARINOV, R., CRISTESCU, V., IONESCU, G., ISPIȘ, T., IONESCU, I., AVRAM, C., RĂDULESCU, B., BOB, C., IUREVI, C.: Realizări în construcții în șantierele clădirilor din beton ușor cu rezistență. Rev. Materiale de Con-

- /51/ CIULEA, Gh., KORECKI, I., ANASTASESCU, D., IONESCU, I.: Tehnologia de realizare a structurilor multietajate din beton ușor cu granolit, v./386/.
- /52/ C.N.I.T.: Discuții tehnice cu tema: "Realizări în RSR în domeniul prefabricatelor și clădirilor din beton ușor de rezistență și aspecte ale dezvoltării producției de agregate ușoare artificiale în perspectivă, Rev. Materiale de Construcții 3/1978, București.
- /53/ COMSA, E., NEȚEA, Gh.: Cu privire la comportarea higrotermică de durată a peretilor exteriori la clădiri de locuit P+loE executate prin glisare din beton ușor cu granolit, v./385/.
- /54/ COROBCEAN, S., FLOREA, N.: Procedeu de preparare și tratare termică a betoanelor de înaltă rezistență, v./385/.
- /55/ CORMON, P.: Betons Legers, D'Aujourd'hui; Ed. Eyrolles, 1973, Paris, Franța.
- /56/ COTUNA, I., VARNA, E.: Realizarea panourilor exterioare pentru clădiri de locuit în structura monostat, Schimb de experiență e laboratoarelor de construcții, Constanța, sept. 1983.
- /57/ COVALI, S., GHEORGHE, A., BOGOS, C., BOGHIAN, V., JERCHIUTA, V., POP, I.: Panouri de pereti exteriori portanți din corpuri ceramice și beton de granolit, v./383/.
- /58/ CRISTESCU, V.: Informare privind participarea la Congresul internațional pentru betoane ușoare. Londra, 26-29 mai 1968, CDCAS, București, 1968.
- /59/ CRISTESCU, V.: Cuvântarea din partea I.C.C.P.D.C. la deschiderea lucrărilor Conferinței a IX-a de betoane 1978, v./386/.
- /60/ CRISTESCU, V.: Fabricarea și folosirea granolitului în construcții, Editura Tehnică, București, 1964.
- /61/ CRISTESCU, V., IONESCU, I., MOLDOVAN, I., ABASTASESCU, D., CIULEA, Gh., KORECKI, I.: Clădiri de locuit și social-culturale din beton ușor de granolit realizate în jud. Timiș, Rev. Construcții, 8/1978, București.
- /62/ CSENTEMIROV, M.G.: A tudományos -műszaki halsdás egyes kérdései a Szovjetunió építőiparban, Magyar Építőipar, 7/1979, R.P.U.
- /63/ DEUTSCH, I.: Curs de tehnologia lucrărilor de construcții, vol. II, Litografia IPT, 1973.
- /64/ LOBRA, I., MUNTEANU, Gr., CRACIUN, I., ALMASAN, E., POP, V., POPA, J.: Preocupări și realizări privind utilizarea betonului ușor de granolit la realizarea unor construcții civile în orașul Cluj-Napoca, v./383/.
- /64 a/ DRAGOI, I., FLUIERAS, Gh., KORECKI, J., ZAVOIAN, A.: Procedeu de tratare a maselor pe bază de ciment portland. Brevet RSR 93902/1987.
- /65/ DUFF, A., ABRAMS: Effect of curing conditions on the wear and strength of concrete. Bulletin 2, Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago, 1920.



- /56/ ERNST, K.: Feuchtmessung für die Betonherstellung, Betonzeitung, 2/1969, Wiesbaden, R.F.G.
- /67/ FACAOANU, I.: Studiul întăririi betoanelor prin metode ultrasonice de impuls. Teză de doctorat, 1960, I.P.T.
- /68/ FELDMAN, I.G.: Întărirea rapidă a panourilor de pereti din beton de chersmit cu ajutorul razelor infrasoșii, Reviste Beton i jekzobeton, URSS,
- /69/ FILIPON, I., MIHAILESCU, A., GNUMER, I., BOB, C., FURDUI, C., ROSU, C., KORECK, I.: Studiu comparativ asupra contractiilor betoanelor ușoare cu granulat și al betoanelor obișnuite, v./395/.
- /70/ FILIPON, I., MIHAILESCU, A., DEURSCH, I., BOB, C., FURDUI, C.: Studii și cercetări privind extinderea utilizării betonului ușor cu granulat la construcții civile și încălzirea unor panouri prefabricate din beton greu la subsol. Contract I.P.T. nr 109/78.
- /71/ FISCHER, GY.: Könyvbeton falszerkezetek készítése csuszossluzatban, Revista Magyar Építőipar, 10/1965, R.P.U.
- /72/ FOCSA, V., GAVRILAS, I.: Izclarea termică a clădirilor și economia de energie în exploatare, Revista Construcții, 2/1975, București.
- /73/ FOCSA, V., RADU, A., SARDINO, R.: Comportarea higrotermică a pereților din beton armat monolit, glisati, Revista Construcții, 8/1974. București.
- /74/ FOLDVARY, A.: Factorii care influențează rezistențele mecanice ale betonului, Referat I.P.T. Fac de construcții, 1975.
- /75/ FURDUI, C.: Contribuții privind studiul betoanelor ușoare de rezistență și a comportării lor în structuri cu disfragme monolite, Teză de doctorat I.P.T., 1983.
- /76/ GAUDON, P., STROILLCU, R.: Origines și măsurarea rezistențelor mecanice ale agregatelor ușoare, Colloque "Betons Legers" 27-28.09.1975, Rennes, Franța.
- /77/ GAZA, I.: Dozator automat de apă pentru prepararea betoanelor și mortarelor, care ține cont de umiditatea și porozitatea agregatelor, Brevet R.S.R. nr. 79277/82.
- /78/ GERICK, G.B.: Rapport de la Comision de la FIP sur le béton léger precontraint. Compte-rendu du V-ème Congres FIP, Paris, 1966.
- /79/ GIBOEGHE, I., RAULESCU, S., MARINOV, R., CIOMOCOS, T., HEINBERMATH, K.: Panouri mari pentru construcțiile P+LoE din beton cu granulat, Revista Materiale de Construcții, 2/1975, București.
- /80/ GIUSIUI, I., MUGIOIU, D.: Elemente prefabricate, precomprimate din beton cu granulat, Căier CDCAS și MCIND "Instrucțiunile execuției și proiectării", 1973, București.
- /81/ GIURGIU, I.: Zid antifonic realizat din beton de granulat v./385/.
- /82/ GORDON, S.S.: Vackunarea betonului, Moscova, 1949.
- /83/ GRIGORE, I.: Soluții practice pentru îmbunătățirea lucrărilor de glisare, Buletin Informativ tehnic C.P.M. 3/1969, București.

- /85/ GRÖLL, L.: Contribuții privind influența unor agregate ușoare asupra rezistenței betonului, Teza de doctorat I.P. "Gh. Asachi" Iași, 1976.
- /86/ GYENGÖ, T.: A beton kiszáradásáról, Revista Magyar építőipar 11/1979, R.P.U.
- /86 a/ GUSARU, N., MAURER, E., BOB, C. I., JEBBLEAN, E., ILCA, A. I., KORNCH, I.: Compoziție aditivă superplastifiantă pentru betoane și procedee de obținere a acestuia, Brevet RSR nr. 93903/1988.
- /87/ HAEFFELMANN, H.: Leichtbeton unter Verwendung von Blehton; erzielbare Festigkeiten und bauphysikalische Fragen, Revista Betonsteinzeitung, 10/1970, R.D.G.
- /88/ HAIKIN, V., ș.a.: Confectionarea panourilor de pereți din beton de chersmit, pentru clădirile cu multe etaje, Revista Stroitelstvo i arhitektura, 5/1965, Moscva, URSS.
- /89/ HANSEN, C. P.: Materials Science and Materials Engineering Education, Buletin NILEM, Mars-April, 1974.
- /90/ HANSON, J. A.: Optimum steamcuring procedures for structural light-weight concrete, Revista Journal of the A.C.I. iunie 1965.
- /91/ HANSON, J. A.: American practice in proportioning light-weight-aggregate concrete, Proceedings of the First International Congress on Light-weight, Concrete, London, 1962.
- /92/ HOLLIDAY, L.: Composite Materials, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, New-York, 1966.
- /93/ ICCPDC-filiala Cluj-Napoca: Studiu privind dezvoltarea pe plan mondial și intern a folosirii betoanelor ușoare de rezistență, 1973.
- /94/ ICCPDC-filiale Cluj-Napoca: Urmărirea calității betoanelor de rezistență folosite în construcții, Referat, 1974-75.
- /95/ ICCPDC-filiala Cluj-Napoca: Instrucțiuni tehnice provizorii pentru prepararea și folosirea betoanelor cu agregate artificiale granulate cu cenușă de la termocentrale Mintia.
- /96/ ICCPDC-filiala Cluj-Napoca în colaborare cu INCEC și ICPMC București: Normativ privind prepararea și utilizarea betoanelor cu agregate ușoare C 155-S1 și completării aprobate prin Decizia nr. 27/84.
- /97/ ICCPDC-filiala Cluj-Napoca: Asistență tehnică pentru realizarea panourilor exterioare în structură monostată autoportante din beton ușor cu cenușă de termocentrală și spumant pentru clădiri de locuit, Contract nr. 1539/1982 cu TCMT.
- /98/ ICCPDC-filiala Iași: Folosirea betoanelor ușoare la realizarea construcțiilor civile și industriale, Contract nr. 1002/1977.
- /98a/ ICCPDC-filiale Iași: Incercarea higrotermică în regim termic permanent a unui panou mare confectionat din beton cu agregate ușoare, Contract 848/1981.
- /99/ ICCPDC-filiala Sibiu: Procedeu de dozare a apei pentru realizarea consistenței betonului, Referat 1975.

- /100/ ICCPDC, C8-75 Normativ pentru folosirea aditivilor la prepararea betoanelor și mortarelor.
- /101/ ICCPDC, C140-79 Normativ pentru executarea lucrărilor din beton și beton armat.
- /102/ ICCPDC-filiala Cluj-Napoca și filiala Iași: Studiu și cercetări privind procedeele tehnice perfectionate de dozare a agregatelor ușoare și preparare a betonului ușor în stațiile de betoane, Contract nr. 863/1977 și 683/1977.
- /103/ ICCPDC-filiala Cluj-Napoca: Metode și procedee de dozare a agregatelor ușoare și stabilirea tehnologiei optime de preparare a betoanelor ușoare cu stații de șantier și centralizate, Contract nr. 10012/1977.
- /104/ ICCPDC-filiala Cluj-Napoca: Studiu privind verificarea caracteristicilor agregatelor ușoare, urmărite la producători, 1978.
- /105/ ICPMC București: Realizarea și urmărirea comportării blocurilor cu 10-12 niveluri din beton cu granuli executate cu cofraje glisante și plane, Contract nr. 1432/1976.
- /106/ ICPMC București: Cercetări în vederea realizării argilei expandate cu granule de maximum 10 mm, pentru completarea sortimentelor produse de sectiile de granulat, Referat 1976.
- /107/ ICPMC București: Folosirea agregatelor ușoare (granulit) cu caracteristici superioare, pentru elemente de structură și închidere pentru construcții civile și industriale și completarea instrucțiunilor de proiectare și folosire, Contract nr. 3373/1975.
- /108/ ICPMC București: Fișa tehnică-Elemente prefabricate și construcții din betoane ușoare de rezistență și de izolație cu granulat clase A3a și A3b, București, 1977.
- /109/ ICPMC București: Studiu tehnologic de laborator al argilei din perimetrul Rodos, P.z. plan 152.2/1969, București.
- /110/ ICPROM Iași: Proiect tip 4740/P-1975-Cășiri de locuit P+4B din panouri mari din beton cu granulat clase A3b.
- /111/ ICPROM Iași: Proiect 5531/M/1986-Panouri bi-strat din beton de granulat asociat cu b.c.a.
- /112/ ICPROM Iași: Proiect 5533/1986 și 5534/1986-Cășiri din celula spațiile din beton de granulat.
- /113/ INCERC București: Eficiența folosirii betonului de granulat în elemente de rezistență sub aspectul consumului de combustibil și energie, Studiu 1974.
- /114/ INCERC București: Prognoza dezvoltării științei și tehnologiei în domeniul betonului și construcțiilor de beton armat în perioada 1981-2000, 1975.
- /115/ INCERC București, filiala Cluj-Napoca și I.P. Iași: Îmbunătățirea metodei de determinare a compoziției și caracteristicilor betonului proaspăt realizat

cu agregate ușoare, Referat 1974-1975.

- /116/ INCERC București: Instrucțiuni tehnice pentru utilizarea superplastifiantului FLUBET la prepararea betoanelor de ciment, Indicativ C211-82.
- /117/ INCERC București: Instrucțiuni tehnice pentru încercarea betonului cu sclerometrul "SCHmidt" tip N, Indicativ C30-67, Buletinul Construcțiilor nr 9/1973, București.
- /118/ INCERC București: Instrucțiuni tehnice pentru încercarea betonului cu ultrasunete, Indicativ C26-72, Buletinul Construcțiilor nr 10/1972, București.
- /119/ INCERC București: Instrucțiuni tehnice pentru determinarea rezistenței betonului prin metode nedistructivă combinată, Indicativ C129-71, Buletinul Construcțiilor nr 5/1971, București.
- /120/ INCERC filiale Cluj-Napoca: Cercetări privind utilizarea betonului ușor de granulat la realizarea structurilor cu diafragma executate cu cofraje glisante, Contract nr. 7015/1975.
- /121/ IONESCU, I.: Comportarea în timp a unor elemente prefabricate și construcții din beton ușor, Revista Materiale de Construcții 8/1973, București.
- /122/ IONESCU, I.: Utilizarea betoanelor ușoare în construcții, Sinteză documentară CDCAS, 1969, București.
- /123/ IONESCU, I.: Aspecte ale formării structurii și proprietățile de bază la unele betoane ușoare de rezistență, Conferința I-a de Chimie și tehnologia siliceștilor și compuşilor oxidici, Braşov, 1972.
- /124/ IONESCU, I.: Unele aspecte actuale ale tehnologiei betonului ușor, Revista Materiale de Construcții, 4/1979, București.
- /125/ IONESCU, I., ANASTASESCU, D., KORECK, I.: Quelques aspects des recherches et des réalisations roumaines dans le domaine du béton léger de résistance, Revista Ciment betons plâtres chaux 4/1978, Franța.
- /126/ IONESCU, I., ANASTASESCU, D., KORECK, I.: Réalisation d'habitations en élément préfabriqués de béton léger et en béton léger transportable en Roumanie, Revista Ciments betons plâtres chaux, 4/1979, Franța.
- /127/ IONESCU, I., ANASTASESCU, D., KORECK, I.: Aspecte ale tehnologiei de realizare a clădirilor de locuit cu diferite grade de prefabricare din beton ușor, Revista Materiale de Construcții, 4/1975, București.
- /128/ IONESCU, I., ANASTASESCU, D., KORECK, I.: Realizarea clădirilor de locuit și hoteliere cu prefabricate din beton ușor și beton transportat, Revista Materiale de Construcții, 3/1977, București.
- /129/ IONESCU, I., ANASTASESCU, D., KORECK, I.: Aspecte ale comportării în exploatare a unor clădiri industriale și civile cu structură integral prefabricată din beton ușor, Schimb de experiență "Comportarea în situ a construcțiilor", Călimănești, 1978.
- /130/ IONESCU, I., ANASTASESCU, D., KORECK, I.: Unăvrirea comportării în timp a unor clădiri de locuit și social-culturale realizate din beton ușor cu granulat, Schimb

de experiență "Comportarea in situ a construcțiilor"  
1982, Tulcea.

- /131/ IONESCU, I., ș.s.: Tabele uzuale de lucru și calcul pentru încercări nedistructive în construcții, CDCAS, București.
- /132/ IONESCU, I.: Aspecte actuale ale utilizării superplastifiantilor în tehnologia betonului și prefabricatelor, Revista Materiale de Construcții 1/1980.
- /133/ IONESCU, I., ISPAS, T.: Unele considerații privind dezvoltarea producției de agregate ușoare artificiale, Studii ICPMC, București, 1974.
- /134/ IONESCU, I., ISPAS, T.: Practica actuală a betosnelor, Editura Tehnică, 1980, București.
- /135/ IONESCU, I., RADULESCU, E., ANASTASESCU, D., KORECK, I., BERETZ, E.: Tehnologia utilizării betonului ușor la realizarea clădirilor înalte, Revista Materiale de Construcții, 1/1975, București.
- /136/ IONESCU, I., ș.s.: Aspecte de la începerea producției de panouri mari prefabricate din beton ușor cu granolit, pentru clădiri P+4E la IMC Iași, v./385/.
- /137/ IONES, R., PACAOARU, I.: Încercarea nedistructivă a betonului, Editura Tehnică, București, 1974.
- /138/ IPCT București: Clădiri din celula spațiale din beton de granolit, Proiect IPCT, 960/B.
- /139/ IPCT București: Soluții de alcătuire a peretilor exteriori de clădire de locuit din panouri mari prefabricate, Catalog I, 1981.
- /140/ IPCT București: Proiect tip nr. 772/L-81, Clădiri de locuit din panouri mari P+8E pentru zone de grad seismic 8/7).
- /141/ IPROTIM-ICPMC-TCET: Clădiri de locuit P+4E din elemente prefabricate cu beton cu granolit A3a, proiect tip experimental nr 19373/1975.
- /142/ IPROTIM-ICPMC-IPT: Clădiri de locuit cu 10-12 nivele cu parțiu flexibil din beton ușor cu granolit clase A3a, proiect tip experimental nr 20121/1976.
- /143/ JAGERMANN, C., HAIPA, H., KARL, S., WEIGLER, H.: Perspectivele cercetării în betonul cu agregate ușoare, Beton Legers-Colloque Rennes, 1976, Franța.
- /144/ KAMESWARA, C.V.S., SWARNY, R.N., MANGAT, P.S.: Mechanical behaviour of concrete as a composite material, RILEM Ustérisuz et constructions 40/1974, Bzanta.
- /145/ KORECK, I.: Fabricarea și caracteristicile granolitului de Lugoj, Referat doctorat IPT Facultatea de Construcții, Timișoara, 1978.
- /146/ KORECK, I.: Tehnologii de preparare, transport și punere în operă a betonului ușor cu granolit de Lugoj, Referat doctorat, IPT Facultatea de Construcții, Timișoara, 1979.
- /147/ KORECK, I.: Unele aspecte legate de îmbunătățirea caracteristicilor granolitului de Lugoj, Comunicare la Sesiunea științifică a I.P. Cluj - Napoca, 1978.
- /148/ KORECK, I.: Influența caracteristicilor granolitului asupra tehnologiei betonului ușor, Studiu C.P.J. Timiș, 1984.
- /149/ KORECK, I.: Formarea structurii betonului ușor cu granu-

Timișoara, 1980.

- /150/ KORECK, I.: Betonul ușor cu granuli, Referat, Simpozionul "Tipuri noi de betoane speciale", Baza de Cercetări Științifice din Timișoara al Academiei RSR, 1980.
- /151/ KORECK, I.: Creșterea rezistențelor mecanice ale betonului ușor cu granuli de Lugoș prin tratarea hidrosonică, Studiu CPJ Timiș, 1987.
- /152/ KORECK, I.: Instalație de recuperare materialelor la spălarea autobetonierelor în stații de betoane, Certificat inovator CPJ Timiș nr. 64/1985.
- /153/ KORECK, I. ș. a.: Tehnologia, controlul calității și comportarea în timp a betoanelor cu granuli de Lugoș, Schițul de experiență al laboratoarelor din construcții Tg. Mureș, 1979.
- /154/ KORECK, I., CIGARA, D.: Aparat pentru sectionarea granulelor de agregat ușor, Brevet invenție nr 92420/1985.
- /155/ KORECK, I., GAJO, V., COTUNA, I., IVANESCU, M., IANESCU, I., VLORBA, I., CIOBANU, C.: Unele rezultate ale experimentărilor efectuate la TOST pentru utilizarea superplastifiantilor de tip VIKO în tehnologia betonului, Revista Materiale de Construcții 3/1981.
- /156/ KORECK, I., CIMOCOS, T., MOLDOVAN, I., MARINOV, R.: Clădiri de locuit P-4E cu înfrumusețarea din elevații prefabricate, v/386/.
- /157/ KORECK, I., CIULEA, Gh.: Metodă pentru eliminarea tencuielilor interioare și a altor procedee umede la blocurile glisate, IDT, București, 1967.
- /158/ KORECK, I., CIULEA, Gh., BRATES, M.: Defecte de execuție în construcții, Studiul și realizări în cadrul proiectării și execuției, CDCAS, București, 1969.
- /159/ KORECK, I., COTUNA, I., HEINERMAN, M., SURU, M., ȘOICA, V., VASILIU, D., MUREȘAN, H.: Aplicarea procedurii de dozare automată a apei la prepararea betoanelor ușoare de granuli, v./386/.
- /160/ KORECK, I., COTUNA, I., VARNA, E., SIMION, A., MIȘA, Gh.: Realizarea pancurilor exterioare în structura concretă la clădiri de locuit, Simpozion "Promovarea progresului tehnic în construcții", Timișoara, 1986.
- /161/ KORECK, I., GAJO, V., CERNEA, I., GAZA, I., COTUNA, I., IVANESCU, M.: Dozarea superplastifiantilor în betoanele transparente pe șantier, Revista Materiale de Construcții 2/1983, București.
- /162/ KORECK, I., GAZA, I.: Instalație pentru preamectarea pe bandă a granulițului, Certificat inovator nr 30/1985.
- /163/ KORECK, I., GAZA, I.: Instalație adaptabilă pe autobetoniere pentru dozarea superplastifiantilor în betoane transportate pe șantier, Brevet RSR nr 87915/1985.
- /164/ KORECK, I., HEINERMAN, M.: Determinarea experimentală, pentru betonul ușor cu granuli, a coeficientului de influență a naturii agregatelor, la stabilirea prin metode nedistructive a rezistenței la compresie a betonului, Studiu CPJ Timiș, 1989.

- /165/ KORECK, I., MILISIN, S.: Tehnologia utilizării betonului ușor cu granolit la realizarea construcțiilor social-culturale, Revista Materiale de Construcții 1/1973, București.
- /167/ KOVALENKO, W.: Probleme decazului de apă și a raportului apă-ciment în tehnologia betoanelor ușoare cu agregate poroase, Revista Cement-Wapno-Gips, 10/19 R.P. Polonă.
- /168/ KOVALENKO, W., PIETRAS, Z.: Ustalenie jednolitej metody projektowania betonow lekkich z kneszysz porowatych, ITB Katowice, 1964.
- /169/ KOZAK, A.E., ș.a.: Din experiența execuției clădirilor din blocuri spațiale în orașul Minsk, Revista Beton i Jelezobeton, 2/1932, URSS.
- /170/ KRILOV, B.A.: Investigations into hardening and some properties of light weight concrete with manufactured porous aggregates at electric curing, International Conference on the problems of accelerated hardening of concrete in manufacturing precast reinforced concrete units, Moscow, 1964.
- /171/ KUZNETSOV, ș.a.: Beton spunos de cheramzit și cenușă pentru ferii exteriori, Revista Beton i Jelezobeton, 8/1932, URSS.
- /172/ LANDGREN, R.: Determining the water absorption of coarse lightweight-aggregates, for concrete, Proceedings of the ASTM, Philadelphia.
- /173/ LEWELING, J.D.: Handling, mixing, transporting and placing lightweight-aggregate concrete, v./382/.
- /174/ LEWICKI, B.: Betoane ușoare, Editura Tehnică, București, 1970.
- /175/ LEWIS, B.K.: Tratarea cu abur a betonului ușor după întărirea inițială în umed, Revista Construcții, 10/1965, Australia.
- /176/ L'Hermite, R.: Idées actuelles sur la technologie de beton, I.T.B.T.P., Paris, 1965.
- /177/ LITERAT, L., MARTA, L.: Cercetări asupra pietrei de ciment din betoane ușoare cu granolit, Schimbul de experiență a laboratoarelor în construcții, Tg. Mureș, 1979.
- /178/ LIUBSKASĪ : Executarea clădirilor de locuit din penouri mari la întreprinderea de prefabricație de construcții din beton armat din Vilnius, Revista Beton i Jelezobeton 3/1964, URSS.
- /179/ LOUDON, A.G., STACY, E.F.: Proprietățile termice și acustice ale betoanelor ușoare, Revista Structural Concrete 2/1966, Anglia.
- /180/ LUPAN, M.: Progrese și perspective în domeniul betoanelor / /.
- /181/ LUPAN, M.: Aspecte actuale și tendințe viitoare privind bazele tehnologiei betonului, v./386/.
- /182/ LUPAN, M.: Polosirea betonului ușor de granolit în construcții și economia de combustibil, Revista Construcții, 8/1974, București.
- /183/ LUPAN, M.: Particularitățile tehnologice ale betonului de rezistență cu agregate ușoare de tip granolit și ale prefabricării elementelor din aceste betoane, Studii și cercetări INCHRC 6/1974, București.

- /184/ MAIOROV, S.P.: Elemente de construcții din beton de cherșit, folosite în construcția clădirilor de locuit și industriale din Moscova, *Revista Beton i jelezobeton*, 4/1964, URSS.
- /185/ MAMILLAN, M.: Betonage en hiver, *RILEM-Matériaux et construction*, 50/1976.
- /186/ MAMILLAN, M., SIMONNET, J.: Etude d'un nouveau dispositif pour régler l'ouvrabilité du béton en cours du malaxage, *Annales de l'ITBTP*, 7/1971, Paris, France.
- /187/ MAGUREANU, C., POPA, P., TERETA, I.: Observații privind deformările ușoare de rezistență, *Sesiunea științifică a I.P. Cluj-Napoca*, 1978.
- /188/ MANARE, R., LUPAN, M.: Cercetări privind tehnologia betonului ușor de granulat cu structură compactă, *Studii și cercetări INCERC* 5/1972.
- /189/ MANARE, D., STANCU, M., BURTEA, M.: Aspecte privind compactarea și accelerarea întăririi betonelor ușoare cu granulat de Muregeni, *Conferința a IV-a de betoane*, Brașov, 1971.
- /190/ MATVEEV, B.P.: Abuzirea betonului la presiunea redusă, *Revista Beton i jelezobeton*, 6/1964, URSS.
- /191/ MEFMC: Instrucțiuni tehnice pentru prepararea și folosirea betoanelor cu granulat C 155-75, *Buletin de ordine și instrucțiuni pentru industria materialelor de construcții*, nr 2/1976.
- /192/ MEFMC-CMC-ICPMC, București: Elemente prefabricate din beton ușor, *Referat ICPMC*, contract 1598/1978.
- /193/ MEFMC-CMC-ICPMC, București: Noi tipuri de elemente prefabricate pentru construcții de locuințe și industriale din beton ușor cu agregate artificiale. Elemente pentru construcții de locuințe și industriale din beton cu granulat, *Contract* 1431/1976.
- /194/ MEFMC-CMC-ICPMC, București: Notă privind redactarea "Instrucțiunilor tehnice pentru prepararea și folosirea betoanelor cu granulat clasă A3a și clasă A3b București, 1975.
- /195/ MEFMC-ICPMC, București: Instrucțiuni tehnice provizorii pentru folosirea superplastifiantilor VMC 11 la prepararea betoanelor și realizarea elementelor prefabricate, *Indicativ CD 137-81*, București, 1982.
- /196/ MCI-ICCPDC, București, INCERC filiala Cluj-Napoca: Realizarea de elemente de construcții cu folosirea de betoane ușoare, cenuri și zguri de țerăcentra - lă și cili înlocuitori ai cimentului și agregatelor, *Contract* 1540/1982.
- /197/ MEFMC-CPJ Timiș-IPT și TCMF: Utilizarea eficientă a granulatului la realizarea elementelor prefabricate și construcțiilor, *Schimb de experiență* 14-16 nov. 1975.
- /198/ MIHAL, C., MANOLOVICI, M., ANDREI, Gh., CARLAN, St., MARIUSCU, St., AMARHIJ, D.: Comportarea seismică a clădirilor de locuit cu 5 niveluri din beton și cărămidă, *Proiectarea și execuția de calitate a construcțiilor*



- /199/ MIHAIL, N.: Întărirea accelerată a betoanelor, Editura Tehnică, 1972, București.
- /200/ MIHAIL, N.: Tehnologia betoanelor ușoare, Editura Tehnică, 1971, București.
- /201/ MIHAILOV, K.V.: Perspectivele dezvoltării betonului și betonului armat în URSS, Revista Beton și jelezobeton, 1 și 2/1976, URSS.
- /202/ MIHAIYESCU, A., BOB, C., FURDUI, C., ROSU, C., TUDOR, D.: Cercetări de laborator privind caracteristicile fizico-mecanice ale betoanelor ușoare cu granulat de Lugoș v./383/.
- /203/ MIHAIYESCU, A., BOB, C., FURDUI, C., ROSU, C.: Calitatea betoanelor ușoare de granulat turnate prin glisare în diafragmele blocurilor de locuit P+lo niveluri, v./384/.
- /204/ MIHAIYESCU, M., VASILACHE, V., BOGDANBANU, I., PETRISOR, M.: Aspecte ale dezvoltării producției de agregate ușoare artificiale în perspectivă, Revista Materiale de construcții, 2/1978.
- /205/ MIHAIYESCU, C., MOLOCEA, V., MACOVEI, N.: Unele aspecte ale proiectării de clădiri de locuit P+4E din penouri mari cu beton de granulat de Iași A3b, v./383/.
- /205a/ MIHAIYESCU, M.: Creativitatea constructivă în perspectiva tehnologică, v./386/.
- /206/ MIHAIKOVSKI, D.S., MELIKOVA, E.N., SOROKIN, V.I.: Alegerea cimenturilor în cazul turnării la cald a betonului de cheranzit, Revista Stroitelnic material, 2/1976, URSS.
- /207/ MIHUL, A., HOBJILA, V.: Asupra unor aplicații ale betoanelor armate cu fibre metalice, v./385/.
- /208/ MIHUL, A., HOBJILA, V., CUCIUREANU, A.: Considerațiuni asupra betoanelor ușoare cu granulat armate cu fibre de oțel, v./385/.
- /209/ MIRSU, O.: Proprietățile betoanelor cu agregate ușoare, Comunicare la a X-a Sesiune științifică a cadrelor didactice din IPT, 1963.
- /210/ MIRSU, O.: Betoane ușoare simple și armate, Teză de doctorat, Editura ASIT, Timișoara, 1957.
- /211/ MIRSU, O.: Factori de determină proprietățile betoanelor ușoare, Studii și cercetări Științe și Tehnice 2/1963, Baza Academiei RPR Timișoara.
- /212/ MOBICI, I.: Influența adusurilor de cenușă de termocentrală asupra rezistenței betoanelor la diferite viteze de încălzire, Revista Materiale de Construcții, 2/1985, București.
- /213/ MOLBOVAN, V.: Aditivi în betoane, Editura Tehnică, București, 1978.
- /214/ MOLBOVAN, V.: Cercetări privind corelația între structură și proprietățile betonului, Influența compoziției asupra structurii betonului, Revista Materiale de Construcții, 2/1979.
- /215/ MOLBOVAN, V.: Tehnologia produselor de hidratare și structură de rezistență a betoanelor de ciment, Revista Materiale de Construcții, 5/1975, București.

- /216/ MOLDOVAN, V., TATU, D.: Cercetări privind corelația între structura și proprietățile betonului. Influența aditivilor tensioactivi asupra structurii și proprietățile betonului, revista Materiale de Construcții, 3/1979, București.
- /217/ MUNTEANU, G.: Contribuții privind determinarea lungimii de transmițere prin aderență a eforturilor din toarcane preîntinse betonului cu granuliți precomprimat, Teză de doctorat, I.P. Cluj-Napoca, Facultatea de Construcții, 1973.
- /218/ MULLER -ROCHHOLZ, J.: Investigation of the absorption of water by lightweight aggregates from cement paste, The International Journal of lightweight concrete, 1/1979, Anglia.
- /219/ NEGOITA, A.: Structuri din betoane ușoare cu agregate poroase, Sinteză documentară CDCAS, București, 1973.
- /220/ NEGOITA, A.: Contribuții privind comportarea mecanică a pereților din beton simplu de granuliți, Teză de doctorat, București, 1971.
- /221/ NEGOITA, A., ș.a.: Unele aspecte privind folosirea betonului ușor de rezistență în structuri amplasate în zone seismice, Seminar CBB-ONU, București, 1974.
- /222/ NEGOITA, A., DUMITRAS, M., NEGOITA, I.: Aspecte privind relația dintre structura și principalele proprietăți ale betonului ușor compact, I-a Conferință de Chimie și Tehnologia Silicaților Tehnici și Compușilor oxidici, Brașov, 1972.
- /223/ NEVILLE, A.: Proprietățile betonului (traducere), Editura Tehnică, București, 1979.
- /224/ NESTOR, A., UTZA -BAICOIANU, S., PITIS, Gh.: Blocuri de locuințe cu structura din diafragma de beton ușor din scorie bazaltică executate în Ploiești, v. /385/.
- /225/ NEUMANN-VERNEVERE, P.: Betonul ușor ca marfă, Revista Beton 8/1963, BRG.
- /226/ NICOLAU, Th., APOSTOL, I.: Umidimetre electrice, Editura Tehnică, București, 1973.
- /227/ NICULESCU, L.: Influența cenușii de termocentrală asupra consistenței și rezistenței la compresion a betonului de ciment, Revista Construcții 7/1973.
- /228/ NICULESCU, L.: Cenușe de termocentrală în construcții, Editura Ceres, București, 1978.
- /229/ NICKOL, D.: Folosirea cenușii zburătoare economiseste ciment și agregate ușoare, Revista Baustoffindustrie, 9/1966, R.F.G.
- /230/ NISCHER, P.: Austrocknen von jungen Beton, Betonwerk+Fertigteile+Technik, 3-5/1976.
- /231/ ONET, T.: Contribuții la studiul deformațiilor grinzilor încovoiate din beton ușor armat sub încălziri de scurtă durată, Teză de doctorat I.P. Cluj-Napoca, 1972.
- /232/ ONET, T., VIOREL, G.: Cercetări privind ductilitatea elementelor încovoiate din beton cu agregat de granuliți, v/385/.

- /233/ OSTERMANN, L.: A beton jövője, Magyar Építőipar, 6/1977, RPU.
- /234/ OTOIU, M.: Stabilirea indicelui de recul și a vitezelor de propagare pentru principalele faze tehnologice ale elementelor de beton armat, Studiu CPJ, 1987.
- /235/ PACURARIU, M.: Contribuții la problema limpezirii apelor superficiale prin metode ultrasunetelor, Teză de doctorat, IPT, 1979.
- /236/ PACURARIU, M., CIOMOCOS, T., KORECK, I.: Cercetări experimentale a fenomenului de reopexie asupra betonelor datorită ultrasunetelor, Buletin Științific al IIT Tom. 26(40), fascicols 1/1981.
- /237/ PACURARIU, P. C. M., PACURARIU, V., KORECK, I., GAJO, V.: Cercetări experimentale privind creșterea randamentului cimentului prin pulverizare hidrosonică în betoane, A III-a Conferință națională de tehnologii neconvenționale, Sibiu, 1982.
- /238/ PACURARIU, P. C. M., ZAVOLAN, A., MARINESCU, V., KORECK, I., MEDVESAN, M.: Batoane B300 obținute prin hidrosonare, unele rezultate experimentale, Simpozion "Promovarea progresului tehnic în construcții de locuințe, social culturale și tehnico-edilitare", Timișoara, 1986.
- /239/ PACURARIU, P. C. M., PACURARIU, V., ZAVOLAN, A., MARINESCU, V., KORECK, I.: Stație de betoane și mortare de tip Nicolina I, echipată cu o instalație hidrosonică pilot, Simpozion "Promovarea progresului tehnic în construcții de locuințe, social culturale, tehnico-edilitare", Timișoara, 1986.
- /240/ PACURARIU, P. C. M., ZAVOLAN, M., MARINESCU, V., KORECK, I.: Creșterea rezistențelor mecanice ale betoanelor prin tratarea hidrosonică a sistemului apă-ciment, Simpozionul "Promovarea progresului tehnic în construcții", Timișoara, 1986.
- /241/ PACURARIU, P. C. M., NICOARA, T., PACURARIU, V., ZAVOLAN, A., MARINESCU, V., MIREL, I., KORECK, I., MARTIN, P. A.: Instalație hidrosonică de fărâmițare, dispersie și difuzia unor produse și substanțe în medii diferite de dispersii, Brevet RSR nr 92388/1985.
- /242/ PACURARIU, P. C. M., PACURARIU, V., ZAVOLAN, A., MARINESCU, V., KORECK, I.: Instalație hidrosonică pentru tratarea cimenturilor și mortarelor, folosită la prepararea betoanelor, Brevet RSR nr. 92385/1985-
- /243/ POIJARVI, H., OJA, K.: Rakenteelineste kevytsorabetonista, The State Institute for Technical Research, 1968, Helsinki.
- /244/ POPA, P., PULEA, D.: Noi tipuri de elemente din beton ușor, realizate cu agregate din cenugă de termocentrale (ACEU), Buletin de Informare, filiala ICPDC Cluj-Napoca, 1980.
- /245/ POPA, P., MAGUREANU, C., NIRCZA, P., KULCSAR, A.: Rezistența la întindere a betonului ușor și factorii care o influențează, v./385/.
- /246/ POPA, P., P. C. M.: Particularitățile tehnologice de preparare a betonului ușor cu cenugă la stații de generat și centralizate, v./386/.

- /247/ POPA, P., MIRCEA, D., MAGUNEANU, C., TOMA, M., FILIP, M., PAP, S.:  
Comportarea la sarcini statice a celulelor spațiale pentru clădiri de locuit din beton ușor de granulat, Sesiunea Științifică a I.P. Cluj - Napoca, 1979.
- /248/ POȘESCU, E., GHEORGHE, I.: Unele considerații asupra proprietăților betonelor ușoare cu agregate pe bază de argilă expandată produse în RSE, v./383/.
- /249/ POȘESCU, E., GREIF, I., TANĂSESCU, I.: Aspecte ale utilizării argilei expandate de Sântuc-Buzău, la realizarea elementelor prefabricate pentru construcții, v./383/.
- /250/ POWERS, T., TRÉVAL, C.: Unele aspecte analitice ale betonului proaspăt, Revista Cement, Lime, 9/1976.
- /251/ RAJVANYI, I.: Aspecte noi ale tehnologiei betonului cu granulat, studiate în laboratorul T.C. Muzes, "Revista Materiale de Construcții", 3/1978, București.
- /252/ RAMBA, M., ARSENIU, G., ANASTASESCU, D., GAUO, V.: Soluții de structuri și tehnologii eficiente pentru clădiri de locuit și social-culturale, "Revista Construcții", 2/1983, București.
- /253/ REBUT, P.: Ghid practic pentru vibrarea betonului, Editura Tehnică, București, 1967.
- /254/ REINSDORF, S.: Leichtbeton, Bd. I, VEB Berlin, 1968.
- /255/ REINSDORF, S.: "Simpozion" Compactarea betonului prin Vibrare" Revista Baustoffindustrie, 7/1966, RDG.
- /256/ REPJEV, B.K., TORAPTSEN, A.V.: Investigation into methods of accelerated hardening of structural hardite concrete.
- /257/ RILEY, C.M.: Relation of chemical properties of the bloating of clay, Journal of the American Ceramic Society, 1951.
- /258/ RYAN, W.G.: The production and properties of structural lightweight concrete in Australia, v./382/.
- /259/ ROBERT, E., FILLEO, R.F.: Utilizarea betonului ușor la poduri, Revista Beton și jelezobeton, 6/1983, Moscova, URSS.
- /260/ ROESSER, K.: Experiența dobândită în SUA cu folosirea betonului ușor în construcții, Revista Betonsteinzeitung, 11/1965, RFG.
- /261/ ROSCA, V., DUMITRESCU, P.V.: Vacuumarea betonului, Editura Tehnică, București, 1957.
- /262/ ROSU, C. ș. s.: Incercări nedistructive asupra betonelor ușoare cu granulat, Studiu nepublicat, Facultatea de Construcții, Timișoara.
- /263/ ROSU, C., BOB, C., COPUNA, I., KORECK, I.: Use of power station fly ash in the manufacture of concrete, Buletin științific și tehnic, IPT, Tom. 28(42) Construcții 1983, Timișoara.
- /264/ RULHAI, GY.: Könnnybeton, Editura Tehnică, Budapest, 1966.
- /265/ SARAPIE, I.G., KONDRATJEV, M.I.: Determinarea duratei de vibrații pentru amestecurile de cheramă-beton în timpul fasonării produselor, Revista Baustoffindustrie, 5/1967.

- /266/ SAXER, E., L., A.: Direct method of determining absorption and specific gravity of aggregates, Rock Products, 5/1956.
- /267/ SAFTOIU, C., POPESCU, R.: Procedee aplicabile la prepararea betonului pentru realizarea unui raport a/c constant, v./386/.
- /268/ SAFTOIU, C., PANU, L., POPESCU, R., IONESCU, I., FLOREA, I., CIORANU C.: Experimentări efectuate la TCM Frahova pentru realizarea elementelor prefabricate cu folosirea superplastifiantilor VINC-11 și VINC-22, Reviste Materiale de Construcții, 4/1981, București.
- /269/ STANCOULESCU, M.: Lucrabilitatea, parametru principal de control al calității livrărilor de beton, schimb de experiență al laboratoarelor de construcții, T. Un-reg, 1979.
- /270/ SCHEID, B., LAHN, D.: Kompensierung der Eigenfeuchte bei Betonmischungen, Das Baugewebe 24/1972.
- /271/ SCHULTZ, B.: Bazele fundamentale pentru prepararea betonelor uscate de construcție alcătuite din agregate expandate, Revista Betonzeitung 11/1965, BRG (traducere în caietul selectiv "Construcții civile, industriale și agricole, 4/1966, CRCAS, București).
- /272/ SCHUTZ, R.F.: Influența elasticității agregatului asupra rezistenței la compresie a betonului.
- /273/ SHALON, R., BEINITZ, R.C.: Mixing time of concrete technological and economic aspects, Research Paper 7/1958; Building Research Station, Technion, Haifa.
- /274/ SHCEKANENKO, R.A.: Investigation into methods of accelerated hardening of structural heavy concrete, International Conference on the problems of accelerated hardening of concrete in manufacturing precast reinforced concrete, Moscova, 1964.
- /275/ SHORT, A., KINIBURG, W.: Lightweight concrete, London, 1962.
- /276/ SHORT, A.: Agregate uscate în construcții de beton armat și precomprinat, Reviste Zement und Beton, 41/1967, Austria.
- /277/ SIMMONET, J.: Self operating device for the manufacture of constant workability of concrete, The servostabilimeter, BILEM, seminar "Fech Concrete", 1973.
- /278/ SKANEDALE, A.: Lättballest och lättbelastbetong, 1973, Suedia.
- /279 a/ SKRATYAEV, B.G., BLIZOV, M.P.: Betone uscate, IDT, București, 1957.
- /279/ SOLACOLU, S.: Chimia fizică și aplicațiilor tehnice "ditura București, 1957.
- /280/ SOVALOV, I.G., TOPCII, V.D.: Ob universalnoi invertenoi opslubke a promislennoi stroitelistrie, Promislennoe stroitelstvo, 42/1965, UESS.
- /281/ STEPOE, A.L.: Materiale de construcții, Editura Tehnică, București, 1964.
- /282/ STEPOE, A.L.: Materiale de construcții, Editura Tehnică, București, 1954.
- /283/ SREBROV, I., KAMERIKIN, G., NIKOVA, B.: Chimia și aplicațiile tehnice de

- /284/ STOICA, M.: Tehnologia betonului și betonului armat, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1962.
- /285/ STOICA, M. ș. a. : Instalație de dozare automată a apei în malaxorul de beton, Revista Inventivă și Inovații 1/1977.
- /286/ STOL, T.: Betoane din cheramzit încălzit, Revista Na Șteihkah Rossi, 11/1965, URSS.
- /287/ SUNA, I. F.: Metode de control cu ultrasunete rezistenței betonului de granulat, Revista Beton i jelo-zebeton, 6/1968, URSS.
- /288/ SZUK, G.: Setting and hardening of hydraulic materials, Ac. Teh. Sci. Hungaria, 1964.
- /289/ SIMION, A., MIȘA, Gh., BĂRILEU, Gh., KOVACS, T., ANASTASESCU, D., KORBEC, I.: Studiu privind pansurile exterioare monostat cu cenugă și spumant, Proiect IPROTIM nr. 27121/ool-83.
- /290/ ȘTEFĂNESCU-GOARGA, A.: Indrumator de laborator pentru materiale de construcții, Editura Tehnică, București, 1977.
- /291/ TATTER, SAKL, G. H.: The principles of measurement of the workability of fresh concrete and proposed simple twopoint test.
- /292/ TATU, D.: Cercetări privind corelația între structura și proprietățile betonului, Revista Materiale de Construcții, 9/1979, București.
- /293/ TEOREANU, I.: Tehnologia betoanelor și ezboimentului, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.
- /294/ TEOREANU, I.: Tehnologia lianților și betoanelor, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1967.
- /295/ TEOREANU, I., MOLDOVAN, V., NIȚULESCU, L.: Durabilitatea betonului, Editura Tehnică, București, 1982.
- /296/ TERTEA, I., MAGUREAKU, C.: Noi date privind curgera lentă a betonului ugor de granulat, Sesinnea științifică I. P. Cluj-Napoca, 1978.
- /297/ TERTEA, I., MIRSU, O.: Observații asupra deformațiilor durabile ale betoanelor cu agregate poroase, Lucrări științifice, I. P. Cluj, 1959.
- /298/ TERTEA, I., ONEȘ, T.: Particularitățile privind comportarea betonului din granulat, armat la sollicitări mecanice, v./383/.
- /299/ TERTEA, I., ONEȘ, T.: Verificarea calității construcțiilor de beton armat și beton precomprimat, Editura Mecia, Cluj-Napoca, 1979.
- /300/ TERTEA, I., ONEȘ, T.: Verificarea calității construcțiilor din beton armat și beton precomprimat, Editura Mecia Cluj - Napoca, 1979.
- /301/ TERTEA, I., ONEȘ, T., COMSA, E. ș. a. : Clădiri de locuit P+loE glisate cu pereți exteriori, din beton ugor cu granulat, Revista Materiale de construcții 1/1976, București.
- /302/ TERTEA, I., POPA, S., MESESAN, C.: Observații privind contracția și curgera lentă a betonului ugor de

- /303/ TERTEA, I., TOMA, M.: Betoane cu agregate ușoare, Referat de sinteză, v./385/.
- /304/ TERTEA, I., TOMA, M., s.s.: Proprietățile fizico-mecanice ale betonului ușor cu granulat de Mureșeni, Studii și cercetări INCERC 5/1972.
- /305/ TOMA, M.: Raport asupra colocvului CEB-FIP privind dezvoltarea cercetărilor în domeniul betonului ușor, Moscova, 1970.
- /306/ TOMA, M.: Noi aplicații eficiente ale betonului ușor la realizarea structurilor civile și industriale, Sesiunea științifică I.P. Cluj-Napoca, 1979.
- /307/ TOMA, M., IRIMES, M.: Domenii eficiente de utilizare și particularitățile de calcul a elementelor compuse oțel-beton realizate cu dală din beton ușor de granulat, v./385/.
- /308/ TOMA, M., IRIMES, M., VARNA, E.: Utilizarea cenușilor de termocentrală cu adăus direct în masa betonului, influența acestora asupra proprietăților betonului proaspăt și întărit și eficiența utilizării ei preprarea betonului, v./386/.
- /309/ TOMA, M., MUNTEANU, G., IOANI, A., IRIMES, M.: Cercetări și realizări în domeniul folosirii betonului ușor de granulat la construcții industriale și ingineresti, v./383/.
- /310/ TOMA, M., POPA, P., COCIARDI, M.: Aspecte privind urmărirea comportării în timp a structurilor de clădiri de locuit realizate cu elemente din beton de granulat în municipiul Cluj-Napoca, Schimb de experiență "Comportare in situ a construcțiilor", Tg Mureș, 1980.
- /311/ TOMA, M., VARNA, E., IONESCU, E., TESLARU, S.: Stabilirea compoziției betonului ușor de granulat în funcție de domeniul de utilizare, Studii și cercetări INCERC, 5/1972.
- /312/ TOMA, M., VARNA, E.: Panouri exterioare monostrat din beton ușor cu granulat sau ACEN cu granulozitate discontinuă și adăus de cenă de termocentrală, Revista Construcții 10/1979, București.
- /313/ TOMAS, A., HOLM, T.A.: Folosirea betonului ușor de rezistență la construcții navale, Revista Beton și jela-zobeton, 6/1983, Moscova.
- /314/ TAGCMT-TAGCIT-I.T.: Volum cu lucrările prezentate la Simpozionul "Promovarea progresului tehnic în construcții" Timișoara, 1986.
- /315/ TEYCHENNE, D.C.: Lightweight aggregates: Their properties and use in concrete in the Kingdom, v./382/.
- /316/ TRELEA, A.: Omogenitatea caracteristicilor fizico-mecanice ale betonului cu agregate ușoare, rezultat al corelării compoziției cu caracteristicile componentilor și în tehnologia de execuție, v./385/.
- /317/ TRELEA, A.: Contribuții privind tehnologia clădirilor din beton turnat mobil cu agregate ușoare, Tezitul de doctorat I.P. "Gh. Asachi" Iași, 1977.
- /318/ TRELEA, A.: Tehnologia lucrărilor de construcții, Metodologii

- /319/ TRELEA, A.: Aspecte privind tehnologia betoanelor cu agregate ușoare, Revista Construcții, 7 și 8/1973, București.
- /320/ TRELEA, A.: Procedee noi de cofraje de inventar din placaj, Revista de Construcții și Materiale de Construcții 4/1960, București.
- /321/ TRELEA, A., GROLL, L.: Îmbunătățirea metodologiei de determinare a compoziției și caracteristicilor betonului, realizat cu agregate ușoare, Studiu nepublicat, I.P. Login 1975.
- /322/ TRELEA, A., GROLL, L., GEMENIUC, Gh.: Instrumtor pentru întocmirea fișelor tehnologice ale lucrărilor de construcții, I.P. "Asachi", Facultatea de Construcții, Iași, 1975.
- /323/ TRUB, U.: Cîteva probleme privity s're la betonul proaspăt într-o stație centrală, Buletin din ciment, 16/1969, Elvetia.
- /324/ ŪJMELYI, J.: Mesterséges adalékanyagok felhasználásával készülő könnyűbetonok technológiájának kidolgozása, ETI jelentés, 1958, R.P.U.
- /325/ VARNA, E.: Îmbunătățirea caracteristicilor termotehnice ale betoanelor ușoare, Buletin Informativ ICOPDC Filiala de Cercetare și Proiectări în Construcții, Cluj-Napoca, 1979.
- /326/ VARNA, E., TOMA, M., MIHUT, O., TELECAN, E., ENESCU, St., TESLARU, S., IONESCU, E., DAN, V.: Studiu comparativ asupra agregatelor de granuilit ce se produc în ESR și modul în care acestea influentează proprietățile betonului ușor, v./393/.
- /327/ VARNA, E., TOMA, M., MIHUT, O., TELECAN, E.: Considerațiuni privind caracteristicile betoanelor ușoare de granuilit folosite la realizarea unor elemente și structuri la construcțiile civile, industriale și ingineresti, executate în anii 1974-1975, v./393/.
- /328/ VARNA, E., TOMA, M., MIHUT, O., TELECAN, E.: Proprietățile betonului ușor în stare proaspătă, v./395/.
- /329/ VARNA, E., TOMA, M., MIHUT, O., TELECAN, E.: Stabilirea compoziției betoanelor cu agregate ușoare, v./395/.
- /330/ VARNA, E., TOMA, M., MIHUT, O., TELECAN, E.: Betoane ușoare cu caracteristici termotehnice îmbunătățite, Revista de construcții, 9/1978, București.
- /330a/ VARNA, E.: Betoane cu greutate redusă folosind noi tipuri de agregate naturale sau artificiale și adămuri în masa betonului, Buletin Informații, 1981, Cluj-Napoca.
- /331/ VAQUIER, A.: Efectorii de absorbție a apei la agregatele ușoare, Coloque "Betons Legers", 1976, Rennes, Franța.
- /332/ VAQUIER, A.: Schimbul de apă între agregatele ușoare și mortar și consecințele asupra contracției betoanelor, Coloque "Betons Legers", 1976, Rennes, Franța.
- /333/ VASILIU, D.: Dozarea apei în funcție de umiditatea agregatelor, Revista Construcții, 1/1980, București.



- /334/ VIRONNAUD, L.: Batoane de argilă expandată, Annales de l'Institut Technique de Bâtiment et des Travaux Publics, nr 231-232, 1967, Franța.
- /335/ VOINA, N. I.: Teoria și practica utilizării cenușilor de la centralele termoelectrice, Editura Tehnică, 1981.
- /336/ VRACA, A. I.: Unele procedee pentru îmbunătățirea calității și mărirea productivității la executarea clădirilor de locuit cu sistemul cofrajelor glisante, "Din experiența organizațiilor de construcții", CDBAS, 1965.
- /337/ WALB, K., WISCHER, G.: Konstruktions-Leichtbeton hoher Festigkeit, Beton Verlag GmbH Dusseldorf, 1964, RFG.
- /338/ WEDLER, K.: Sand-Wasser-Korrektur bei der Betonproduktion, Beton, 3/1977, R.F.G.
- /339/ WEIGLER, H.: Konstruktionsleichtbeton in Deutschland, Stand der Entwicklung und Erkenntnisse, Betonsteinzeitung, 9/1971, R.F.G.
- /340/ WEIGLER, H., REISMANN, K.: Cercetări asupra betoanelor ușoare în construcții, Betonsteinzeitung, 11/1965, R.F.G.
- /341/ WEIGLER, H., KARL, S.: Eigenschaften der Zeitverfügbaren Leichtzuschläge und ihre Bedeutung für die Herstellung und die Eigenschaften von Stahlleichtbeton, Betonsteinzeitung, 9/1971, RFG.
- /342/ WEIGLER, H., REISMANN, K.: Cercetări cu privire la betoanele ușoare pentru construcții, Bauwirtschaft, 13/1966, RFG.
- /343/ WESCHE, K., WEBER, J. W.: Rezistența mecanică și comportarea la deformare a betonului ușor de construcții, Revista Materiale de Construcții, 1/1974, București.
- /344/ WESCHE, K., SASSE, H. R.: Stahlleichtbeton aus geblähten Zuschlagstoffen, Bahnen mit Leichtbeton, 1967, Dusseldorf, R.F.G.
- /345/ WILSON, H. S.: Ceramics Clay, Technology, 1957, New-York.
- /346/ WISCHERS, G., LUSCH, M.: Influența repartiției tensiunilor interne asupra comportării sub sarcină a betonului normal și ușor solicitat la compresie, Beton, 8/1972, RFG.
- /347/ ZAGAR, L.: Methods of determination of pore structure. General report proceedings of the international symposium on pore structure and properties of materials, Praga, 1979.
- /348/ ZAITEV, V. I. ș.c.: Modificarea proprietăților agregatului poros în funcție de acțiunea vapoarelor și a presiunii asupra amestecului de beton, Revista Stricitelne material-, 11/1981, URSS.
- /349/ ZAVOLAN, A., SUMA, C., JINCA, N., COTUJA, I., KORECK, I.: Panou prefabricat pentru pereți exteriori la construcția de locuințe, Brevet RSR nr 90312/1986.
- /350/ ZAVOLAN, A., PACURARIU, P. C. M., KORECK, I.: Procedeu hidrosofnic de sporire a eficienței cimentului utilizate ca lianți în betoane și mortare, Brevet RSR nr 894883/1985.

- /351/ xxx Betona de granulats legera artificialele. Anales de l'ITBTP, 1974.
- /352/ xxx Catedra de beton armat și clădiri IPT: Studiul rigidității și a capacității portante a unor plăci prefabricate din beton ușor sub acțiunea încălzirilor normale pe planul lor precum și a efectului contracției, Contract 97/1976.
- /352/a/ xxx CHIF. Fac. Construcții Timișoara-TIGOMET: Unele ipoteze și rezultate experimentale obținute prin hidrosonarea sistemului apă-ciment la prepararea mortarelor și betoanelor, Contract IPT nr 1782/1985.
- /353/ x x x C 19-77: Instrucțiuni tehnice pentru folosirea cimenturilor în construcții.
- /354/ x x x CSCAS Betoane ușoare (prelucrare după textul prezentat ~~prezentat~~ la a cea de a 15-a Sesiune lunară a CCB, Belgrad, 1972.
- /355/ x x x Concrete YEAR 200 IACI nr 8/1971.
- /356/ x x x ICCPBC-Filiala de Cercetare Prof. în construcții Timișoara: Cercetări asupra principiilor caracteristici ale agregatelor de granulit ce se produc în prezent în RSR, poz. plan normativ V/1975.
- /357/ x x x Japan Industrial Standard JISA 1135-1966: Method of testing specific gravity and absorption of structural lightweight coarse aggregate Tokyo.
- /358/ x x x Concluzii la Congresul Internațional al betonului ușor, Revista Building and Concrete Products, 7/1968, London.
- /359/ x x x C23-62 CSCAS Normativ pentru prepararea și punerea în lucrare a betoanelor ușoare cu agregate minerale, București.
- /360/ x x x C9-52 CSCAS Normativ pentru proiectarea și executarea clădirilor de locuit cu puține niveluri (P+GE) din beton ușor de granulit turnat în cofraje de inventar, București.
- /361/ x x x Recommendations provisoires pour l'utilisation des Betons de granulats, Legers Cahiers L'A.F.B. nr. 72, 1976, Branta.
- /362/ x x x RILEM Fintel Recommendation nr 4/10 nov. 1975.
- /363/ x x x STAS 4006-70: Agregate minerale grele pentru mortare și betoane cu lianți minerali. Metode de încercare.
- /364/ x x x STAS 7343-80: Agregate minerale ușoare. Granulit.
- /365/ x x x STAS 8265-70: Aditivul -plastifiant mixt DISAL.
- /366/ x x x STAS 3622-79 "Betoane de ciment. Clasificare.
- /367/ x x x SNIP II B - 1.62: Recomandări cu privire la proiectarea elementelor de construcții din betoane ușoare.
- /368/ x x x Catalog I. Soluții de alcătuire a peretilor exteriori la clădiri de locuit din perouri mari prefabricate. 1981

- /369/ x x x Studiu privind dezvoltarea în perspectivă 1976-1980 a producției de agregate ușoare artificiale Studiu ISPEAC, București, 1974.
- /370/ x x x Superplasticizers in concrete. Proceedings of an International Symposium Ottawa, Canada, 1978.
- /371/ x x x Structures en beton legers-Buletin d'Information CEB 85/1972, Paris.
- /372/ x x x Proceedings of the First International Congress on lightweight concrete, London, 1962.
- /373/ x x x STAS 2386-79" Agregate minerale ușoare. Condiții generale de calitate.
- /374/ x x x Vorläufiges Merkblatt für Stahlleichtbeton. Betonprüfung zur Überwachung der Leichtzuschläge, Nevisita Beton 18/1968 Busseldorf, R.F.G.
- /375/ BOB, C., FURDUI, C., MIHAIESCU, A., KORECK, I., PATRAS, I., ROSU, C., GUSATU, N.: Beton ușor de izolație și rezistentă pentru elemente de închidere și compartimentare, Brevet RSR nr. 94863/1986.
- /376/ BARITIU, Gh., ANASTASESCU, D., KORECK, I.: Soluții eficiente de închidere la clădiri de locuit din panouri mari Simpozion "Promovarea progresului tehnic în construcții" Timișoara, 1986.
- /377/ LAZAROVICI, D.: Stabilirea pentru beton ușor cu granulit de Lugoș, a coeficientului de influență a naturii agregatelor la determinarea rezistenței betonului, Studiu ICPJ Timiș, 1987.
- /378/ PAUNESCU, M., GIMOCOS, T., ZAVOLAN, A., MARIN, M., KORECK, I.: Structuri din elemente prefabricate din beton armat pentru infrastructura clădirilor Brevet RSR nr. 30392/1982.
- /379/ SUMA, C., MIHAIESCU, A., TUDORID, COTUNA, I., JINCA, N., ZAVOLANȚA, KORECK, I.: Soluții noi de îmbunătățire a rezistenței la transfer termic a panourilor mari pentru clădiri de locuit. v./314/.
- /380/ PAUNESCU, M., GIMOCOST, ZAVOLANȚA, MARIN, M., KORECK, I.: Infrastructura cu țelpi discontinue pentru pereții portanți, Brevet nr. 39555/1984.
- /381/ TASSION, P.P.: Education of young researchers in the of materials Buletin RILEM 49/1976.
- /382/ x x x Proceedings of the First International Congress on lightweight concrete, London, 1962.
- /383/ x x x Schimb de experiență "Utilizarea eficientă a granulitului la realizarea elementelor prefabricatelor și construcțiilor, Timișoara, 14-16 noi. 1975.
- /384/ x x x A III-a Conferință de betoane, Iași, 1975.
- /385/ x x x Conferința a VIII-a de betoane Cluj Napoca, 21-23 oct. 1976.
- /386/ x x x Conferința a IX-a de betoane, Gh. Gheorgjiu "ej, oct. 1978.

**C U P R I N S**

Cap.I. INTRODUCERE . . . . .	1
1.1. Definierea și clasificarea betoanelor ușoare cu agregate poroase și deosebiriile față de betonul obișnuit . . . . .	2
1.2. Stadiul actual al utilizării betoanelor ușoare . . . . .	6
1.3. Obiectul și structura lucrării . . . . .	13
Cap.II. STUDIILE PRINCIPALELE CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE ALE GRANULITULUI DE LUGOJ. . . . .	13
2.1. Influența materiei prime și a tehnologiei de fabricație asupra caracteristicilor granulelor . . . . .	13
2.2. Caracteristicile granulelor de Lugoj și influența acestora asupra tehnologiei și proprietăților betonului ușor. . . . .	21
2.2.1. Forma, natura suprafeței și structura granulelor . . . . .	21
2.2.2. Granulozitatea și mărimea granulelor . . . . .	22
2.2.3. Densitatea . . . . .	25
2.2.4. Porozitatea și absorbția de apă . . . . .	27
2.2.5. Rezistența proprie a granulelor . . . . .	38
Cap.III. STUDIUL INFLUENȚEI GRADULUI DE PREUMECTARE A GRANULITULUI ASUPRA TEHNOLOGIEI ȘI PROPRIETĂȚILOR BETONULUI UȘOR . . . . .	40
3.1. Studii experimentale de laborator . . . . .	41
3.2. Rezultate experimentale . . . . .	43
3.3. Concluzii . . . . .	44
Cap.IV. CERCETĂRI DE LABORATOR ȘI EXPERIMENTARI ASUPRA PĂRȚICULARITĂȚILOR TEHNOLOGIEI BETONULUI UȘOR CU GRANULIT . . . . .	52
4.1. Stabilirea compoziției betonului . . . . .	53
4.2. Prepararea betonului . . . . .	58
4.2.1. Depozitarea și transportul granulelor în stații de betoane . . . . .	58
4.2.2. Contribuția la stabilirea tehnologiei optime de preumectare a granulelor . . . . .	60

4.2.3. Dózarea componentilor . . . . .	63
4.2.4. Amestecarea betonului . . . . .	69
4.2.5. Imbunătățirea procesului de formare a pietrei de ciment prin tratare hidrosonică și prin folosirea aditivilor superplastifianți. . . . .	74
4.3. Transportul betonului . . . . .	83
4.3.1. Aspecte și măsuri specifice . . . . .	83
4.3.2. Transportul intern . . . . .	84
4.3.3. Transportul betonului marfă . . . . .	84
4.4. Turnarea și compactarea betonului . . . . .	87
4.5. Tratarea betonului după turnare . . . . .	91
4.6. Controlul calității betonului . . . . .	96
<b>Cap.V. CONTRIBUTII LA TEHNOLOGIA BETOANELOR USOARE CU GRANULIT DE IZOLATIE REZISTENTA. . . . .</b>	<b>100</b>
5.1. Cercetări și experimentări . . . . .	104
5.2. Experimentări efectuate în condiții de producție . . . . .	107
5.3. Folosirea panourilor exterioare la blocuri experimentale . . . . .	110
5.4. Concluzii . . . . .	111
<b>Cap.VI. VALORIFICAREA CERCETARILOR . . . . .</b>	<b>113</b>
6.1. Tehnologii aplicate. Tipuri de structuri și elemente prefabricate realizate din beton ușor cu granulit de Lugoș . . . . .	113
6.1.1. Panouri de închidere perimetrice autoportante . . . . .	113
6.1.2. Clădiri multietajate monolitice executate cu ajutorul cofrajelor glisante . . . . .	117
6.1.3. Clădiri P+3E..10E, cu diafragme turnate în cofraje metalice de inventar, plance și închideri prefabricate, . . . . .	125
6.1.4. Clădiri P+1E..8E din panouri mari prefabricate . . . . .	127
6.1.5. Elemente prefabricate diverse. . . . .	133
6.2. Contribuții la elaborarea de prescripții, normative și proiecte . . . . .	136
6.3. Utilaje, dispozitive și procese tehnologice noi elaborate și introduse în producție . . . . .	137

<b>Cap.VII. COMPORTAREA IN SITU A BETONULUI SI A CONSTRUCTIILOR REALIZATE</b>	140
7.1. Rezistența la compresiune și evoluția acestuia în timp	140
7.2. Efectul contracției	143
7.3. Comportarea elementelor sub încălzire	145
7.4. Protecția armăturii împotriva coroziunii	147
7.5. Comportarea la acțiuni dinamice.	149
7.6. Comportarea higrotermică a elementelor de închidere	151
7.7. Capacitatea de izolare acustică	154
7.8. Concluzii.	155
<b>Cap.VIII. CONTRIBUTII SI CONCLUZII CU PRIVIRE LA TEHNOLOGIA BETONULUI USOR CU GRANULIT DE LUGOJ</b>	156
8.1. Cu privire la caracteristicile fizico-mecanice ale granulatului de Lugoș.	157
8.2. Cu privire la influența gradului de premezire a granulatului asupra tehnologiei și proprietăților betonului	159
8.3. Cu privire la particularitățile tehnologiei betonului ușor cu granulat de rezistență	162
8.4. Cu privire la tehnologia betoanelor ușoare cu granulat de izolație-rezistență	163
8.5. Cu privire la valorificarea cercetărilor și extinderea sferei de folosire a betoanelor ușoare cu granulat.	169
8.6. Cu privire la comportarea în situ a betoanelor și construcțiilor realizate	172
BIBLIOGRAFIE	175