

UNIVERSITATEA TEHNICA TIMISOARA  
FACULTATEA DE CONSTRUCTII

Ing.ELEMER I. IGNATON

546.184  
219 D

CONTRIBUTII LA STUDIUL SI CERCETAREA ELEMENTELOR DE  
INCHIDERE DIN BETON ARMAT PENTRU CONSTRUCTII  
INDUSTRIALE SI AGRICOLE

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

- T E Z A D E D O C T O R A T -

CONDUCATOR STIINTIFIC,  
Profesor Dr. doc. ing. IOAN FILIMON

1994

## C U P R I N S

1. INTRODUCERE. ....	1
1.1 Considerații asupra obiectului tezei de doctorat. ....	1
1.2 Conținutul tezei de doctorat.....	4
2. STUDII DE SINTEZA PRIVIND SITUAȚIA ACTUALĂ A ELEMENTE- LOR DE ÎNCHIDERE PENTRU CONSTRUCȚII INDUSTRIALE ȘI AGRICOLE.....	8
2.1 Generalități.....	8
2.2 Elemente de închidere folosite în România la construcții industriale.....	9
2.3 Elemente de închidere folosite în România la construcții agricole.....	26
2.4 Stadiul actual al elementelor de închidere pe plan mondial.....	39
2.4.1 Elemente de închidere pentru construcții industriale.....	40
2.4.2 Elemente de închidere pentru construcții agricole.....	45
2.5 Concluzii și orientări actuale privind elemente- le de închidere.....	47
3. STUDII ȘI CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND AGREGATELE SI ADITIVII UTILIZATI LA PREPARAREA BETOANELOR USOARE. ....	49
3.1 Agregate folosite la prepararea betoanelor ușoare. ....	49
3.1.1 Agregate naturale ușoare.....	50
3.1.2 Agregate artificiale ușoare.....	51
3.1.2.1 Agregate ușoare din produse secundare.....	52
3.1.2.2 Agregate ușoare produse industrial..	52
3.2 Cenușa de termocentrală produs rezidual cu aplicabilitate în construcții.....	55
3.2.1 Probleme generale privind cenușa de termocentrală.....	55
3.2.2 Caracteristici chimice și fizice ale cenușilor.....	58
3.2.3 Activitatea nucleară a cenușilor.....	64

3.3	Aditivii în tehnologia betoanelor.....	68
3.3.1	Considerații generale.....	68
3.3.2	Mecanismul de acțiune al aditivilor.....	69
3.3.3	Aditivi antrenori de aer (spumanti).....	73
4.	STUDII SI CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND REALIZAREA	
	BETOANELOR USOARE.....	80
4.1	Considerații generale.....	80
4.2	Clasificarea betoanelor ușoare.....	82
4.3	Betoane spumate ce utilizează cenușa de	
	termocentrală.....	83
4.4	Cercetări experimentale privind realizarea	
	betoanelor ușoare spumate (BUS).....	91
4.4.1	Materiale și compoziții folosite.....	91
4.4.2	Tehnologia de preparare.....	91
4.4.3	Caracteristici fizico-mecanice.....	92
4.4.3.1	Densitatea aparentă.....	92
4.4.3.2	Caracteristici de rezistență.....	97
4.4.3.2.1	Rezistența la compresiune pe	
	cuburi.....	97
4.4.3.2.2	Rezistența la compresiune pe	
	prisme.....	103
4.4.3.2.3	Rezistența la întindere din	
	încovoiere.....	103
4.4.3.2.4	Rezistența la îngheț-dezghet.	104
4.4.3.2.5	Tratamentul termic.....	105
4.4.4	Caracteristici de deformație.....	109
4.4.4.1	Modulul de elasticitate.....	109
4.4.4.2	Contrația betonului ușor spumat...	113
4.4.4.3	Calculul deformațiilor de	
	contrație.....	115
4.4.5	Caracteristici termotehnice.....	117
4.5	Instrucțiuni tehnice cu privire la realizarea	
	betonului ușor spumat (BUS) de izolație și	
	rezistență.....	119
4.5.1	Materiale folosite.....	119
4.5.1.1	Cimentul.....	119
4.5.1.2	Agregatul (cenușa de termocentrală)	120

4.5.1.3	Apa.....	120
4.5.1.4	Spumantul.....	120
4.5.2	Stabilirea compoziției betonului ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență.....	121
4.5.3	Prepararea, transportul și turnarea betonului BUS.....	121
4.5.4	Tratarea și conservarea betonului și elementelor prefabricate din beton ușor spumat (BUS).....	123
4.5.5	Controlul calității materialelor prime, betonului și a elementelor prefabricate din beton ușor spumat (BUS).....	124
4.5.6	Norme de tehnica securității muncii.....	124
4.6	Cercetări experimentale privind realizarea betoanelor ușoare de granolit cu cenușă și spumant.....	124
4.6.1	Materiale și compoziții folosite.....	125
4.6.2	Tehnologii de preparare.....	127
4.6.3	Caracteristici fizico-mecanice.....	127
4.6.3.1	Densitatea aparentă.....	127
4.6.3.2	Rezistența la compresiune.....	128
4.6.4	Caracteristici termotehnice.....	129
5.	STUDII SI CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND ELEMENTELE DE INCHIDERE PREFABRICATE NEPORTANTE DIN BETON USOR PENTRU CONSTRUCTII INDUSTRIALE SI AGRICOLE.....	131
5.1	Scopul studiilor și cercetărilor experimentale...	131
5.2	Caracteristicile elementelor de închidere.....	132
5.2.1	Materiale folosite.....	132
5.2.2	Alcătuirea panourilor.....	133
5.2.3	Tehnologia de execuție.....	140
5.3	Inercarea elementelor.....	145
5.3.1	Inercări mecanice.....	146
5.3.1.1	Standul experimental.....	146
5.3.1.2	Incărcări aplicate.....	146
5.3.1.3	Aparatura de măsură și control.....	148
5.3.1.4	Concluzii privind comportarea ele- mentelor de închidere la încercări	



	mecanice.....	149
5.3.2	Incercări higrtermice.....	155
5.3.2.1	Alcătuirea elementelor experimentale.....	155
5.3.2.2	Aparatura și metoda de măsurare....	157
5.3.2.3	Condiții experimentale.....	158
5.3.2.4	Determinarea cîmpului termic.....	159
5.3.2.5	Determinarea rezistenței la transfer termic.....	159
5.3.2.6	Verificarea teoretică a caracteris- ticilor higrtermice.....	161
5.3.2.7	Concluzii privind comportarea higr- termică a elementelor de închidere.	162
6.	EFICIENTA TEHNICO-ECONOMICA A FOLOSIRII BETONULUI USOR SPUMAT (BUS) SI A BETONULUI USOR DE GRANULIT (BG) CU CENUSA SI SPUMANT LA REALIZAREA ELEMENTELOR DE INCHIDERE NEPORTANTE.....	164
6.1	Considerații generale.....	164
6.2	Calculul comparativ al eficienței economice.....	165
6.2.1	Consumul de manoperă.....	165
6.2.2	Consumul de materiale.....	166
6.2.3	Energia înglobată.....	167
6.2.4	Consumul de combustibil.....	168
6.3	Concluzii privind eficiența economică.....	169
7.	CONCLUZII.CONTRIBUTII PERSONALE SI VALORIFICAREA CERCETARIILOR.....	170
7.1	Concluzii cu privire la realizarea betoanelor ușoare spumate.....	171
7.2	Concluzii cu privire la comportarea higrtermică a betoanelor ușoare spumate.....	174
7.3	Concluzii cu privire la proiectarea, execuția și incercarea elementelor de închidere neportante....	175
7.4	Concluzii cu privire la eficiența tehnico-economică a folosirii betonului ușor spumat (BUS) și a betonului ușor de granulat (BG) cu cenușă și spumant la realizarea elementelor de închidere neportante.....	177
7.5	Contribuții personale.Valorificarea cercetărilor..	178
	BIBLIOGRAFIE.....	181
	ANEXE.....	194

## 1. INTRODUCERE

### 1.1 Considerații asupra obiectului tezei de doctorat.

Creșterea impetuoasă a producției de construcții survenită după cel de al doilea război mondial, a favorizat dezvoltarea largă a industrializării construcțiilor, devenind în etapa actuală principala trăsătură caracteristică a activității din sectorul construcțiilor.

De asemenea, industrializarea României pînă în anul 1989 a dus la salturi deosebite ale dinamicii investițiilor și a producției de construcții - montaj (fig.1.1) în industrie și agricultură /27/, /259/.

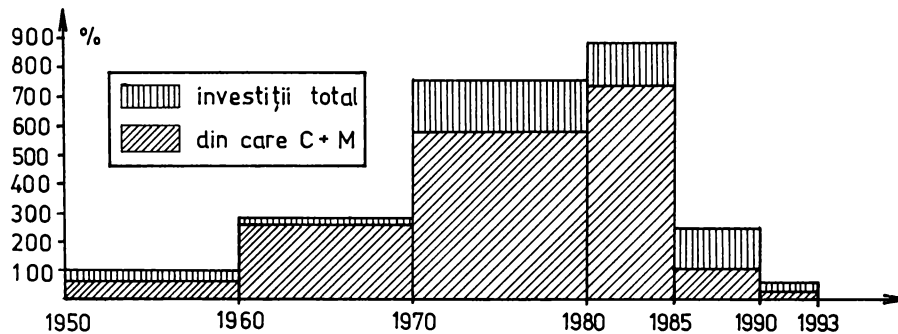


Fig.1.1

Criza energetică apărută pe plan mondial, la sfârșitul anului 1973, a avut urmări importante și în sectorul construcțiilor, influențând în mod direct și hotărâtor soluțiile tehnice adoptate, principala problemă pusă în acest context fiind necesitatea economisirii energiei /196/, /201/, /222/. Astfel, cercetarea științifică trebuie să contribuie la ridicarea eficienței în domeniul investițiilor, prin aplicarea unor soluții tehnice noi care să ducă la reducerea greutateii elementelor de construcții, a prețului de cost, a energiei înglobate, creșterea capacității de adaptare la modernizarea sau schimbarea proceselor tehnologice și valorificarea superioară a resurselor /47/, /48/, /58/, /59/, /72/, /78/, /93/, /96/, /147/, /156/, /174/, /196/, /198/, /199/, /291/.

În domeniul construcțiilor de o deosebită importanță este

reducerea și economisirea materialelor energointensive paralel cu micșorarea greutateii construcției și utilizarea materialelor re-folosibile.

Dezvoltarea energeticii în țara noastră, în condițiile crizei energetice, bazată pe utilizarea cărbunilor inferiori, a condus la obținerea unor cantități mari de reziduri (cenușă și zgură). Aceste cantități de cenușă și zgură de termocentrală crează mari probleme producătorilor de energie, sub aspectul captării și depozitării, dar pe de altă parte prezintă rezerve importante de materii refolosibile neenergointensive mai ales în domeniul construcțiilor.

Una dintre preocupările specialiștilor pe plan mondial și de la noi din țară este găsirea căilor și modalităților teoretice și practice de reintroducere a cenușilor în circuitul productiv ca materie primă.

Datorită caracterului său puzzolanic cenușa de termocentrală a căpătat în ultimii 50 de ani o extindere a ariei de folosire începând cu încercări timide, dictate mai ales de necunoașterea caracteristicilor acestui produs, până la utilizări de anvergură pe care le cunoaște astăzi ca material folosit la stabilizarea pământurilor pentru lucrări de baraje sau rutiere /161/, /169/, ca adaos puzzolanic la cimenturi până la 30 %...40 % din greutatea cimentului utilizat la realizarea unei game foarte largi de construcții civile, industriale, agricole și altele /164/.

Un domeniu nou de utilizare a cenușii în construcții este acela al încorporării ei direct în masa betonului ca înlocuitor parțial de ciment sau de agregat fin /153/, /190/, /191/, /192/, /195/, /204/, /205/, /206/, /208/, în acest fel se elimină inconveniente legate de transportul cenușei la combinatele de lianți și se eliberează capacități de producție folosite în procesul de măcinare și omogenizare a clincherului cu cenușa care antrenau și consumuri mari de energie, în medii 35,6 kgcc/t. Chiar dacă uneori economiile de ciment de 30...50 kg/m<sup>3</sup> de beton sau de nisip sînt modeste prin folosirea de 50...100 kg/m<sup>3</sup> cenușă la cantitățile de beton de peste 2...3 milioane m<sup>3</sup>/an se obțin economii importante de ciment și nisip paralel cu folosirea cenușei a cărei preț este mult mai mic decît prețul cimentului sau al nisipului.

O cale de îmbunătățire a caracteristicilor betoanelor ușoare "clasice" în sensul scăderii densității, creșterii capacității de izolare termică și reducerea energiei înglobate este aceea de schimbarea structurii betonului prin înlocuirea, totală sau parțială, a părții fine de agregat cu cenușa de termocentrală și crearea unor pori închiși în masa betonului utilizând antrenori de aer /193/, /195/, /205/, /206/, /208/, /213/, /218/, /219/.

O preocupare mai nouă este realizarea unor betoane ușoare spumate la care cantitatea de cenușă depășește 60 % din volumul betonului. Aceste betoane pot fi realizate ca betoane ușoare spumate de izolație sau ca și betoane ușoare spumate de izolație și rezistență /60/, /61/, /62/, /63/, /80/, /81/, /82/, /88/, /145/, /147/, /172/, /173/, /174/.

Folosirea betoanelor ușoare spumate de izolație, sau a betoanelor ușoare spumate de izolație și rezistență la realizarea elementelor prefabricate de închideri la construcții industriale și agricole reprezintă, în multe cazuri, o soluție deosebit de eficientă.

Pe plan național elementele prefabricate de închidere cele mai des folosite sînt fișile de BCA /224/, /225/, /230/, iar în ultima perioadă se utilizează și panouri din betoane ușoare de izolație și rezistență cu agregate de granulat, zgură, cenușă de termocentrală etc. /53/, /61/, /71/, /72/, /73/, /110/, /249/, /250/, /257/, /258/, toate avînd soluția monostrat.

Aceste elemente de închidere pentru construcții industriale și agricole sînt caracterizate prin:

- greutate proprie redusă, datorită folosirii betoanelor ușoare de izolație, sau a betoanelor ușoare de izolație și rezistență;
- caracteristici termotehnice îmbunătățite, datorită caracteristicilor termotehnice bune ale betoanelor ușoare de izolație sau de izolație și rezistență, precum și minimizarea sau desființarea punților termice;
- reducerea și economisirea materialelor energointensive;
- utilizarea materialelor re folosibile avînd energie înglobată redusă (cenușa, zgura, etc.);
- preț de cost redus.

Orientarea spre folosirea cenușii de termocentrală la prepararea betoanelor ușoare spumate de izolație, izolație și rezistență răspunde dezideratelor actuale de economisirea energiei, de folosire a materialelor recuperabile cu energie înglobată redusă și de reducere a cheltuielilor pentru construcții.

În această direcție se înscrie lucrarea "Contribuții la studiul și cercetarea elementelor de închidere din beton armat pentru construcții industriale și agricole".

În urma revoluției din decembrie 1989, libera inițiativă va avea un rol esențial în crearea sau privatizarea unităților implicate în activitatea de construcții (producători de materiale, proiectanți, executanți, etc.) va extinde sfera folosirii materialelor ieftine, economice și mai ales a rezidurilor (cenușă, zgură) industriale cu energie înglobată redusă. În acest context vor avea căutare betoanele ușoare spumate /60/, /62/, /63/, /82/, /83/, /89/, /109/, /119/, /147/, /166/, /173/, /174/ la care cantitatea de cenușă depășește 60 % din volumul betonului /60/, /62/, /63/, /147/, /173/, /174/ și din care se pot realiza diferite elemente de închidere pentru construcții industriale și agricole. Realizarea acestora trebuie să se poată sprijini pe un ansamblu de date tehnice noi.

Prin realizarea betonului ușor spumat (BUS) și prin folosirea acestuia la proiectarea, execuția și încercarea panourilor de închidere /250/, /251/, /252/ se face un pas spre aceste deziderate.

## 1.2 Conținutul tezei de doctorat.

Studiul și cercetarea elementelor de închidere din beton ușor spumat a necesitat precizări privind caracteristicile betonului ținând cont de înlocuirea totală a agregatelor naturale cu cenușă de termocentrală, compararea acestui beton cu betoane realizate - în țară și străinătate - cu alte tipuri de cenuși și alte betoane, precum și elucidarea unor probleme mai puțin abordate până la ora actuală.

Studiile întreprinse în prezenta lucrare, pe baza unui vast program experimental executat în laborator sau în "situ", au avut ca scop elucidarea problemelor legate de betonul ușor spumat în

următoarele domenii:

- caracteristici chimice și fizice ale cenușilor;
- activitatea nucleară a cenușilor de termocentrală;
- materiale pentru înspumare;
- compoziția betonului ușor spumat;
- tehnologia de preparare;
- caracteristici fizico - mecanice ale betonului ușor spumat
- proiectarea, realizarea și încercarea panourilor de închidere neportante din beton ușor spumat;
- eficiența economică a aplicării betonului ușor spumat la elementele de închidere.

În sensul rezolvării problemelor enunțate mai sus, lucrarea prezintă cunoștințele existente în aceste domenii, iar pe baza cercetărilor experimentale pe modele, elemente la scară naturală și în "situ", dă recomandări privind luarea în considerare a diferitelor aspecte legate de comportarea betonului ușor spumat și a elementelor de închidere neportante sub sarcini statice de scurtă durată, respectiv din punct de vedere higrotermic.

Teza de doctorat este structurată pe 7 capitole.

În **capitolul 1** se prezintă considerațiile asupra obiectului și conținutului tezei de doctorat, precum și contractele de cercetare științifică pe rezultatele cărora se bazează prezenta lucrare.

În **capitolul 2** se prezintă un studiu de sinteză cu privire la tipurile de elemente de închidere folosite pentru construcții industriale și agricole, atât la noi în țară cât și în străinătate, concluziile ce se desprind din aceste studii, precum și orientările actuale privind elementele de închidere.

În **capitolul 3** sînt trecute în revistă agregatele și aditivii utilizați la prepararea betoanelor ușoare. Dintre agregate sînt prezentate cenușile de termocentrală, studiile insistînd asupra stabilirii caracteristicilor fizico - chimice, precum și a activității nucleare ale acestora. De asemenea, se prezintă mecanismul de acțiune al aditivilor, precum și principalii aditivi antrenori de aer (spumați) utilizați la prepararea betoanelor ușoare spumate.

În **capitolul 4** sînt prezentate cercetările efectuate privind

tehnologia de realizare a betoanelor ușoare spumate (BUS) ce utilizează cenușa de termocentrală.

Prelucrarea statistică a unui număr mare de rezultate a permis să se tragă concluzii privind densitatea, rezistențele mecanice, caracteristicile de deformare și termotehnice, și să se prezinte relații de calcul pentru diferite caracteristici precum și relații de legătură între ele.

O atenție deosebită s-a acordat alegerii aditivilor antroni de aer și a % -ului de utilizare ale acestora pentru determinarea a celor mai eficienți aditivi.

În **capitolul 5** sînt prezentate sintetic rezultatele studiilor și cercetărilor experimentale privind proiectarea, execuția și încercarea elementelor de închidere neportante din beton ușor spumat (BUS).

Pe baza concluziilor privind tehnologia și comportarea panourilor în exploatare se poate afirma că acestea lucrează în domeniul elastic sub sarcina de exploatare și sînt capabile să preia o încărcare suplimentară egală cu greutatea proprie.

De asemenea, din punct de vedere higrotermic soluțiile de panouri propuse au avantajul evitării condensului pe fața interioară și în element în condițiile climatice studiate.

**Capitolul 6** prezintă eficiența tehnico-economică a folosirii betonului ușor spumat (BUS) și a betonului ușor de granulat (BG) cu cenușă și spumant la realizarea elementelor de închidere pentru construcții industriale și agricole.

**Capitolul 7** prezintă contribuțiile personale și concluziile desprinse din lucrare, cu recomandări privind modul de proiectare a elementelor de închidere din beton ușor spumat ținînd cont de caracteristicile fizico-mecanice a acestui material.

La baza cercetărilor efectuate stau 7 contracte de cercetare încheiate între catedra CCIA în calitate de executant și ICPMC București filiala Timișoara, TAGCM Timiș, TAGCIND Timișoara, IELIF Oradea și TAGCM Bihor în calitate de beneficiari, în perioada 1983 ...1989, după cum urmează:

- **Contract IPTVT Timișoara Nr.175/1983.** Determinări higrotermice la panouri pentru construcții agrozootehnice cu termoizolație pe bază de coji de orez, - beneficiar ICPMC București, Fili-

ala Timișoara;

- Contract IPTVT Timișoara Nr.69/1984. Determinări pe panouri portante monostrat din beton ușor pentru hale avicole de la investiția avicola Boldur, - beneficiar TAGCIND Timișoara;

- Contract IPTVT Timișoara Nr.79/1984, Faza 1 și 2. Studii și cercetări experimentale privind realizarea de elemente plane de închidere și despărțitoare, portante și neportante pentru construcții zootehnice și construcții industriale (neîncălzite), realizate din beton ușor cu granolit, - beneficiar TAGCIND Timișoara;

- Contract IPTVT Timișoara Nr.121/1985. Procedee și soluții pentru reducerea prețului de cost al construcțiilor industriale și agricole din beton armat pentru ridicarea calității lucrărilor pentru prevenirea deficienței lucrărilor. Tema 3, Noi tipuri de elemente de închidere și structuri de rezistență pentru construcții agricole și industriale. Faza 2. Realizarea de betoane ușoare de rezistență și termoizolație, - beneficiar TAGCIND Timișoara;

- Contract IPTVT Timișoara Nr.81/1987. Procedee și soluții noi pentru reducerea consumului de materiale și pentru mărirea gradului de industrializare a lucrărilor la construcții civile. Tema 2. Noi soluții pentru realizarea elementelor de închidere cu rezistență termică sporită și Tema 3. Folosirea betonului ușor spumat de izolație și rezistență și a betonului cu fibre de sticlă la realizarea elementelor de compartimentare și închidere, - beneficiar TAGCM Timișoara;

- Contract IPTVT Timișoara Nr.51/1989. Utilizarea cenușei captat uscat la termocentrala CET Oradea ca adaos la prepararea betoanelor, - beneficiar IELIF Oradea;

- Contract IPTVT Timișoara Nr.55/1989. Elemente de închidere din beton ușor pentru clădiri civile în mediul rural, - beneficiar TAGCM Bihor.



## 2. STUDII DE SINTEZA PRIVIND SITUAȚIA ACTUALĂ A ELEMENTELOR DE ÎNCHIDERE PENTRU CONSTRUCȚII INDUSTRIALE ȘI AGRICOLE

### 2.1. Generalități.

În vederea reducerii costului construcțiilor și a creșterii eficienței economice prin folosirea unităților de producție industriale și agricole, în ultimul timp a început să se manifeste tot mai mult tendința în găsirea unor soluții constructive eficiente, care să satisfacă o gamă cât mai mare de cerințe tehnologice, și cu posibilități mari de industrializare a execuției, bazate pe elemente prefabricate, tipizate, de mare serie /64/, /65/, /68/, /70/, /96/, /102/, /104/, /147/, /156/, /179/.

Din literatura tehnică de specialitate și din numeroase studii tehnico - economice efectuate în diferite țări, s-a ajuns la concluzia că cele mai avantajoase soluții structurale pentru construcții industriale și agricole din toate punctele de vedere, sînt cele la care se realizează separarea elementelor structurale de rezistență de elementele de închidere; prin acesta se simplifică montajul, se folosesc eficient diversele materiale și cresc posibilitățile de rezolvare a elementelor de închidere /9/, /24/, /25/, /56/, /57/, /72/, /73/, /129/, /131/.

Din studiile efectuate asupra unor clădiri industriale și agricole s-a constatat că, din totalul pierderilor de căldură înregistrate prin elementele de închidere, cea mai mare parte se realizează prin acoperiș (45 %...55 %), apoi prin pereți (30 %...40%) și în mai mică măsură prin intermediul pardoselii (10 %...15 %). De asemenea, s-a observat că pierderile de căldură sînt influențate atât de volumul și suprafața care delimitează construcția, cât și de modul de alcătuire și de calitatea materialelor folosite.

În aceste condiții, stabilirea unui raport optim între suprafață totală a elementelor de închidere și volumul construcției, modul de alcătuire constructivă a elementelor de închidere, alegerea materialelor de construcție corespunzătoare (îndeosebi a termoizolației) și asigurarea unei comportări corespunzătoare în timp constituie o problemă esențială la aceste categorii de con-

strucții. Trebuie menționat faptul că în condițiile existenței umidității relative ridicate a aerului interior în construcțiile agricole, regimul de temperatură cerut poate fi asigurat numai printr-o alcătuire corespunzătoare a elementelor de închidere și a unui schimb de aer dirijat și controlat.

Din analiza particularităților pe care le reprezintă construcțiile agricole față de cele industriale, rezultă că proiectarea și realizarea acestora constituie o problemă dificilă, în special datorită existenței unei umidități a aerului interior ( $\rho_i$ ) ridicate, care poate duce la producerea condensului pe suprafața sau interiorul elementelor de închidere. Eliminarea acestui fenomen este posibilă numai printr-un calcul de dimensionare sau de verificare din punct de vedere higrotermic efectuat corect și prin alcătuirea elementelor de închidere care să se bazeze pe utilizarea rațională a materialelor termoizolatoare.

Elementele de închidere se proiectează în concordanță cu tipul structurii de rezistență care condiționează direct soluțiile pentru pereți și acoperiș. De asemenea, soluția constructivă pentru elementele de închidere trebuie să se aleagă în funcție de destinația construcției (industriale, agricole etc.) și de rolul pe care acestea îl îndeplinesc în ansamblul construcției.

## 2.2 Elemente de închidere folosite în România la construcții industriale.

Elementele de închidere folosite pentru construcții industriale din România se pot clasifica în :

- elemente tipizate;
- elemente netipizate utilizate într-o zonă geografică restrânsă sau în stadiu de prototip.

Elementele tipizate existente la ora actuală sînt:

- panouri din beton armat, în trei straturi, dispuse orizontal (fig. 2.1...2.2) /233/, /234/ pentru hale cu încălzire discontinuă (5,97x1,19x0,20 m) avînd termoizolația din BCA sau din beton cu cenușă de termocentrală;
- panouri din beton armat (6,00x3,09x0,20 m), în trei straturi dispuse vertical (fig. 2.3) /235/, pentru hale cu încălzire

discontinuuă,avînd termoizolația din BCA ;

- pereți din azbopan (fig.2.4) /147/,/156/,pentru hale cu încălzire discontinuuă,cu termoizolație din polistiren,avînd schelet de descărcare;

- pereți din azbociment ondulat fără izolație termică , (fig.2.5) /226/ pentru hale neîncălzite,avînd schelet de descărcare;

- pereți din azbociment ondulat cu izolație termică din stabilit (fig.2.6) /227/,pentru hale cu încălzire discontinuuă,avînd schelet de descărcare;

- pereți din BCA - fișii orizontale (fig.2.7) /224/, pentru hale cu încălzire discontinuuă;

- pereți din BCA - fișii verticale (fig.2.8) /225/, pentru hale cu încălzire discontinuuă;

- pereți din profilit simplu și dublu (fig.2.9 a și 2.9 b), /228/,/229/,pentru hale neîncălzite/încălzire discontinuuă,necesi-tînd schelet de descărcare;

- pereți din tablă cutată neizolați termic (fig.2.10) /231/, pentru hale neîncălzite;

- pereți din tablă cutată izolați termic (fig.2.11) /232/, pentru hale cu încălzire discontinuuă,avînd termoizolație din stabilit,vată minerală etc.,avînd schelet de descărcare.

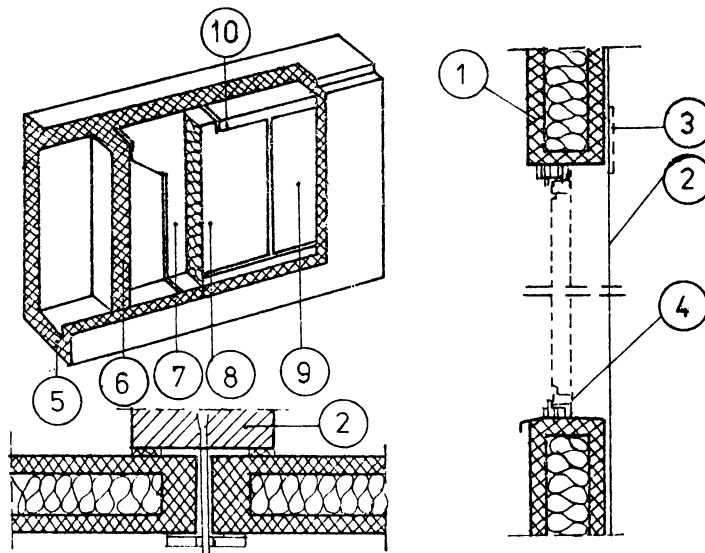
Dintre pereții netipizați care se află în stadiul de proto-tip se prezintă următoarele tipuri:

- panouri prefabricate din beton ușor cu agregate din steril ars,realizate de TAGCI Pitești - ICCPDC Filiala Cluj - Napoca (fig.2.12) /53/,/258/ pentru hale cu încălzire discontinuuă avînd dimensiunile de 5,98x1,01x0,33 m;

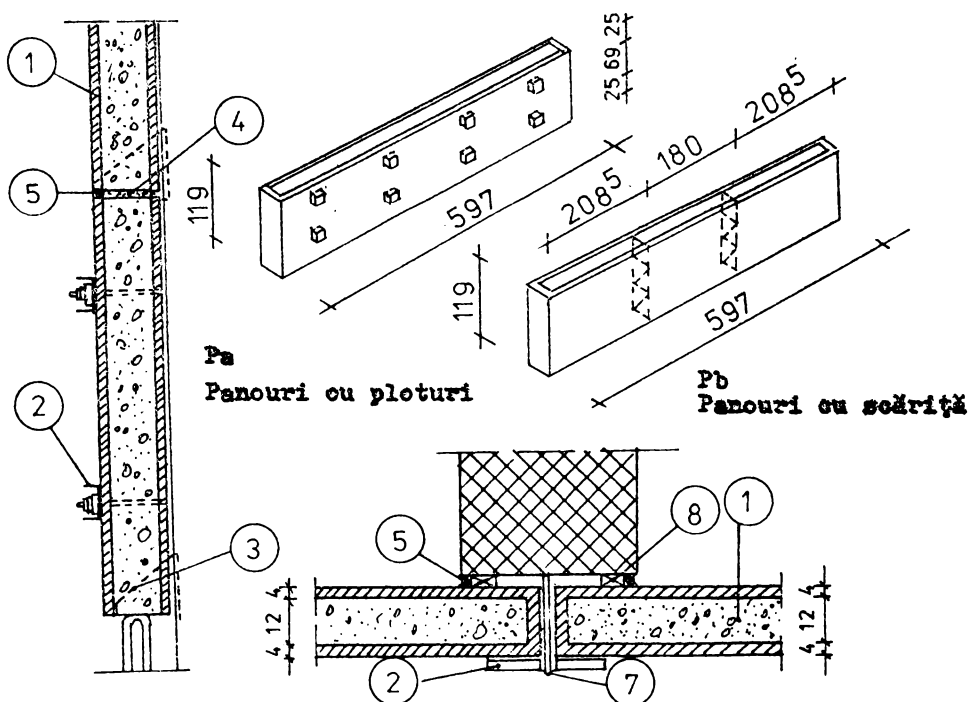
- panouri autoportante fișii verticale,folosite în județul Mureș (fig.2.13) /73/ pentru hale cu încălzire discontinuuă,cu termoizolația din BCA și zidărie de cărămidă avînd dimensiunile de 5,35x1,48x0,25 / 8,00x1,48x0,40 m;

- panouri portante tristrat așezate pe verticală-IPCT-București - ISPCAIA București (fig.2.14) /32/,/33/ pentru hale neîncălzite avînd termoizolația din polistiren expandat;

- elemente de închidere din BAFS concepute și realizate la Catedra de Construcții civile,industriale și agricole din Timi-



**Fig.2.1 PEREȚI EXTERIORI DIN PANOURI ÎN TREI STRATURI**  
 1-panou;2-stîlp;3-piesă de fixare;4-ferastră metalică;5-fața interioară din beton armat;6-nervură;7-folie polietilenă;8-termoizolație;9-hîrtie kraft;10-agrafă.



**Fig.2.2 PEREȚI PURTĂȚI ÎN TREI STRATURI CU PROCENT REDUS DE PUNȚI TERMICE**

1-panouri;2-piesă de fixare panou;3-consolă metalică;4-mortar;5-romalchid;6-PFL poros;7-tijă filetată;8-distanțier PFL.

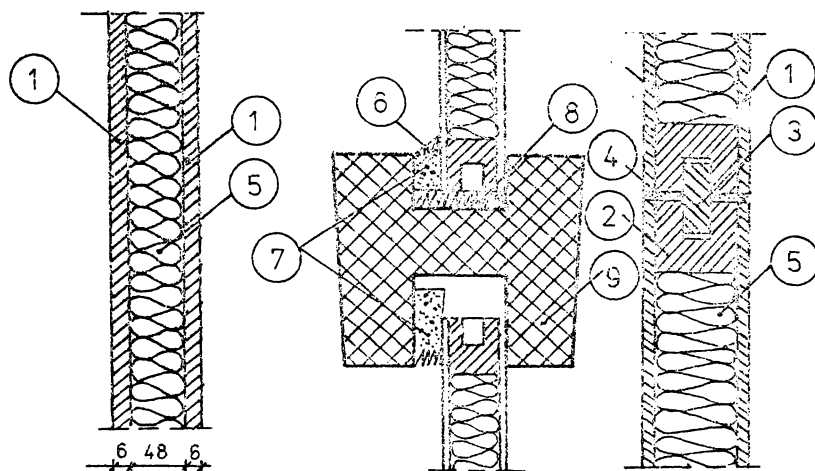
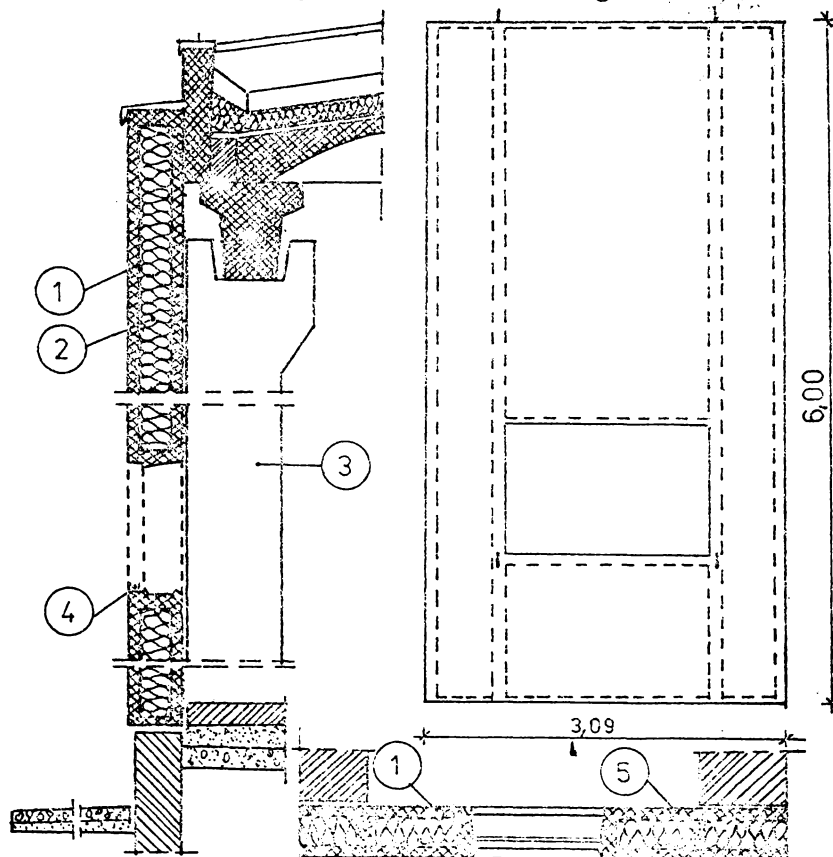


Fig.2.4 PERETI DIN PANOURI DE AZBOPAN

1-azbociment plan; 2-ramă; 3-bară de azbociment; 4-chit; 5-polistiren celular; 6-chit permanent plastic; 7-profil de cauciuc; 8-fișie din PFL dur; 9-riglă de b.a.



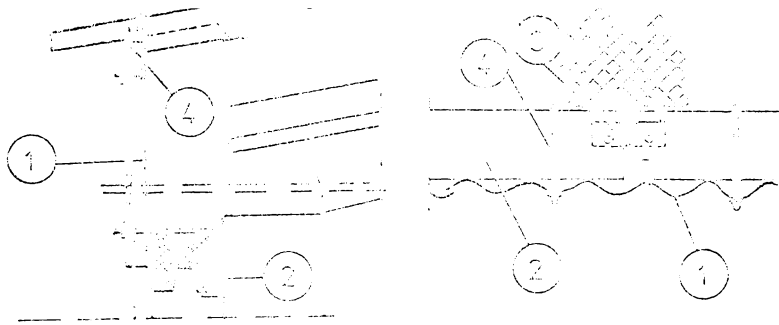


Fig. 205 PAVANUL DIN ASPECTUL SUPERIOR  
 1-asocierii de beton; 2-pavane; 3-aciune inferioara;  
 4-aciune inferioara.

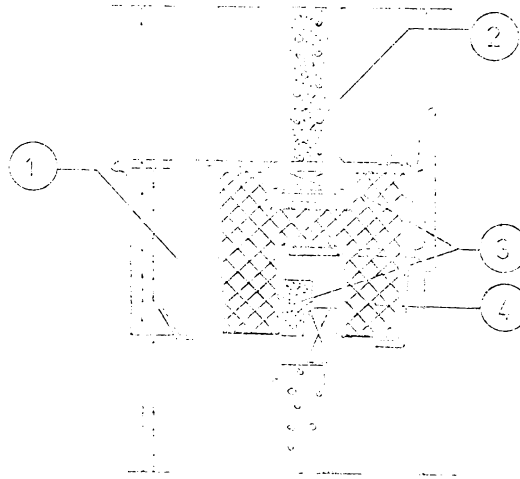


Fig. 206 PAVANUL DIN ASPECTUL SUPERIOR  
 1-aciune inferioara; 2-pavane; 3-aciune inferioara;  
 4-aciune inferioara.

1-aciune inferioara; 2-pavane; 3-aciune inferioara;  
 4-aciune inferioara; 5-aciune inferioara;

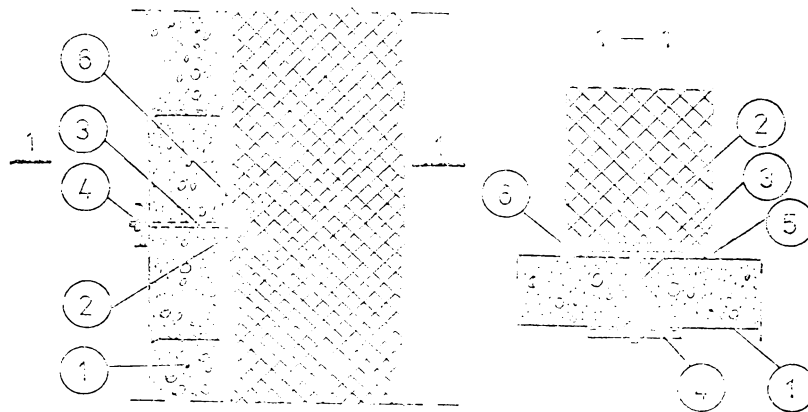


Fig. 207 PAVANUL

1-pavane; 2-aciune inferioara; 3-aciune inferioara; 4-aciune inferioara; 5-aciune inferioara; 6-aciune inferioara;

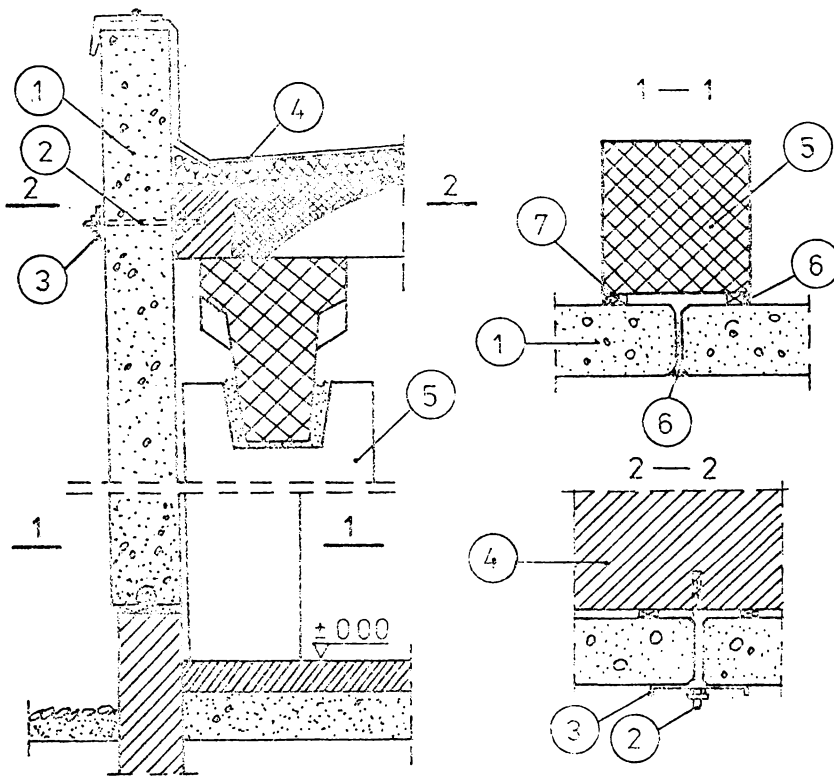


Fig.2.9 PERTEI DIN BCA-FISII VERTICALE

1-panou BCA;2-tijă filetată;3-piesă de fixare;4-monolitizare;  
5-stilp;6-chit permanent plastic;7-fișie din PFL poros.

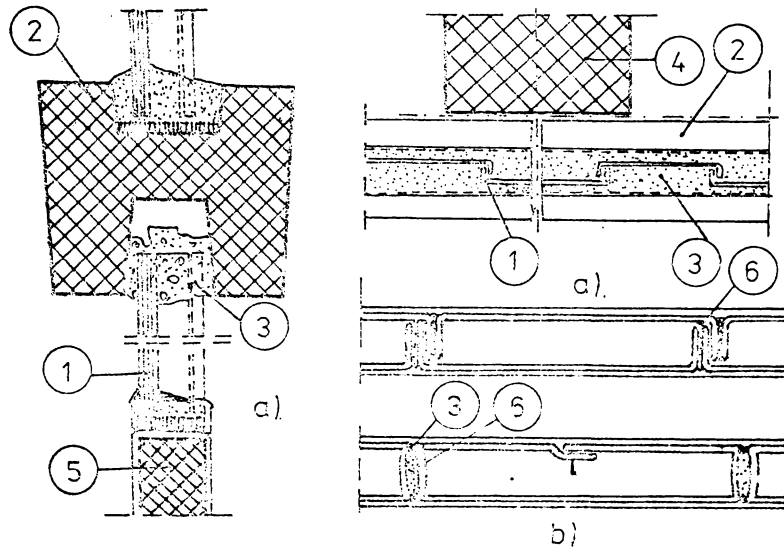


Fig.2.9 PERTEI DIN PROFILAT

a). profilat simplu; b). profilat dublu sau tubular;  
1-profilat simplu;2-rigiă din b.e.;3-chit permanent  
plastic;4-stilp;5-parapet;6-chit Kontix.

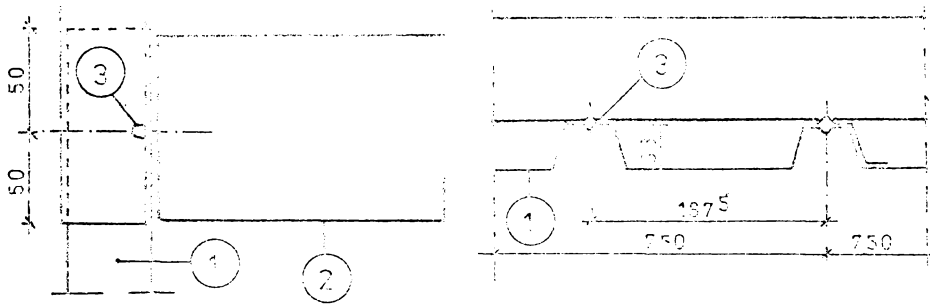


Fig. 2.1a. DETALIILE DIN TABLA CURATA  
 1-tabla curată; 2-caraia metalică; 3-suruburi autofiletante.

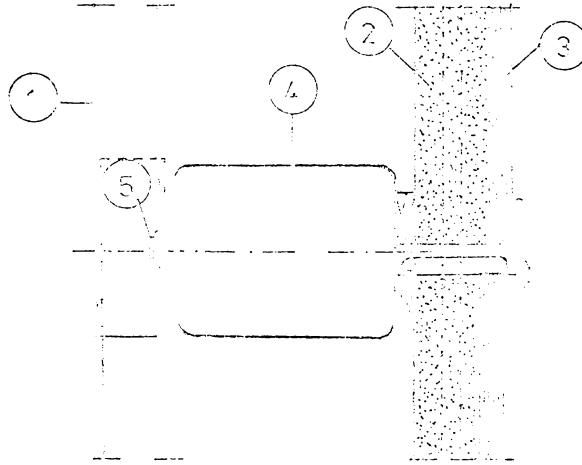


Fig. 2.1b. DETALIILE DIN TABLA CURATA, ÎNTR-UN PUNCT DE SERSIE  
 1-tabla curată; 2-caraia metalică; 3-capa de beton; 4-caraia metalică; 5-suruburi autofiletante.

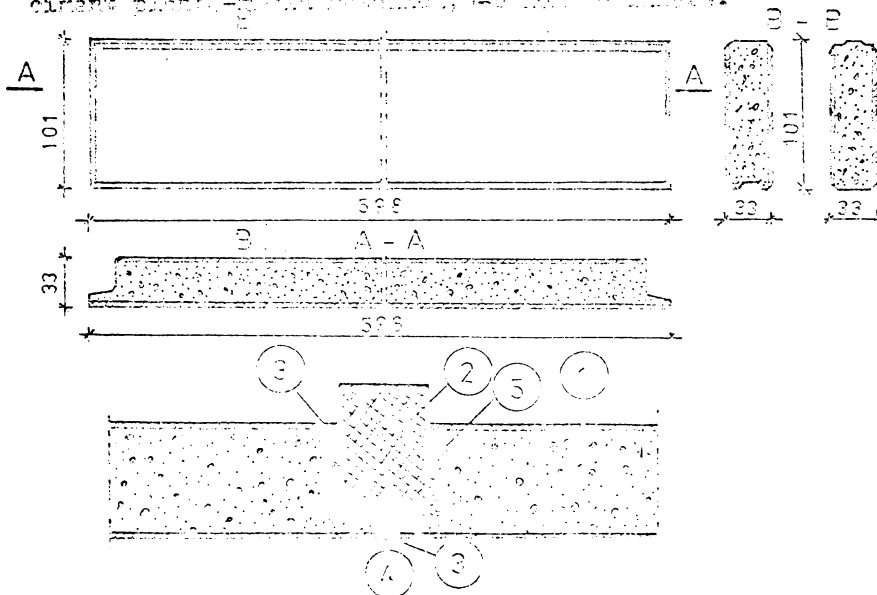


Fig. 2.1c. DETALIILE DIN TABLA CURATA, ÎNTR-UN PUNCT DE SERSIE  
 1-tabla curată; 2-caraia metalică; 3-capa de beton; 4-caraia metalică; 5-suruburi autofiletante.



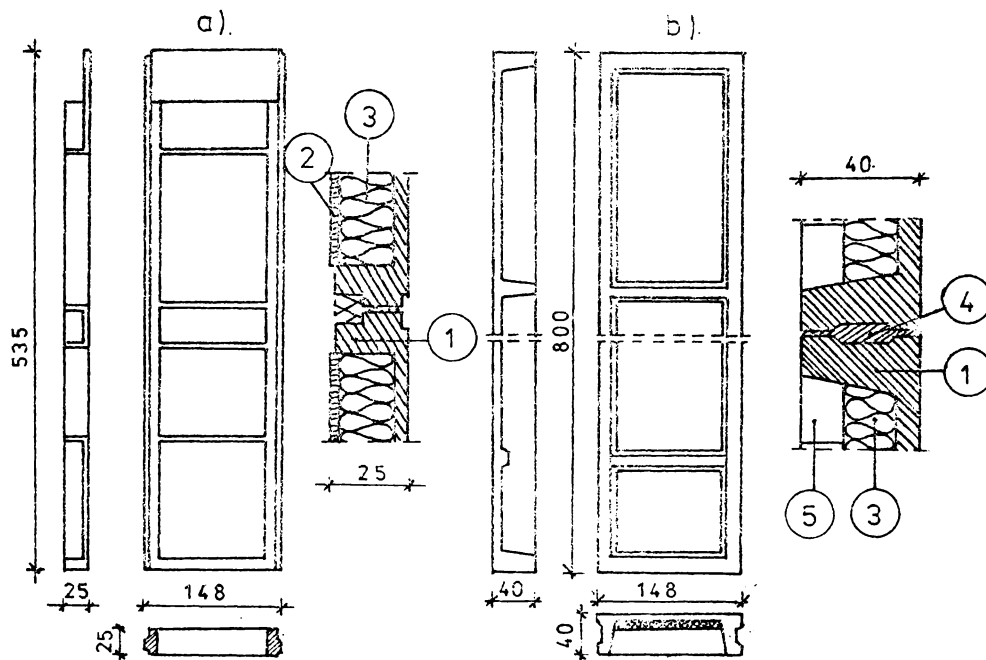


Fig.2.13 PANOURI AUTOPORTANTE FISII VERTICALE

1-cheson din b.a.; 2-tencuială; 3-termoizolație; 4-beton monolitizare; 5-zidărie de cărămidă.

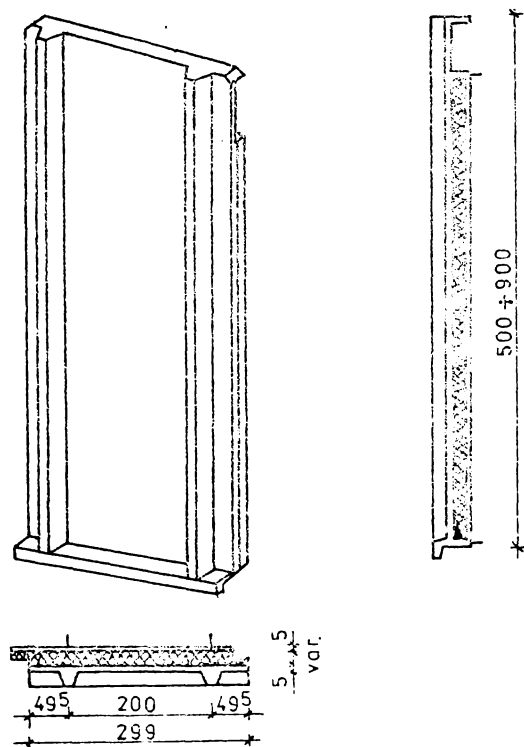


Fig.2.14 PANOURI VERTICALE POZOSITE IN INDUSTRIA

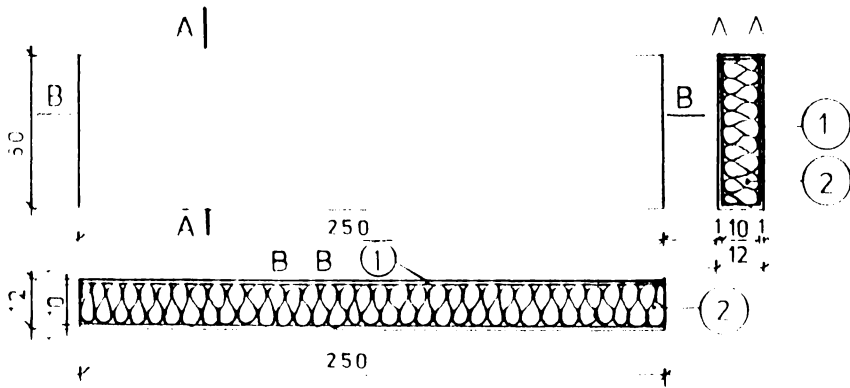


Fig.2.15 ELEMENTE DE INCHIDERE DIN BAES (TIMISOARA)

1-beton armat cu fibră de sticlă (BAES); 2-termoizolație din polistiren expandat.

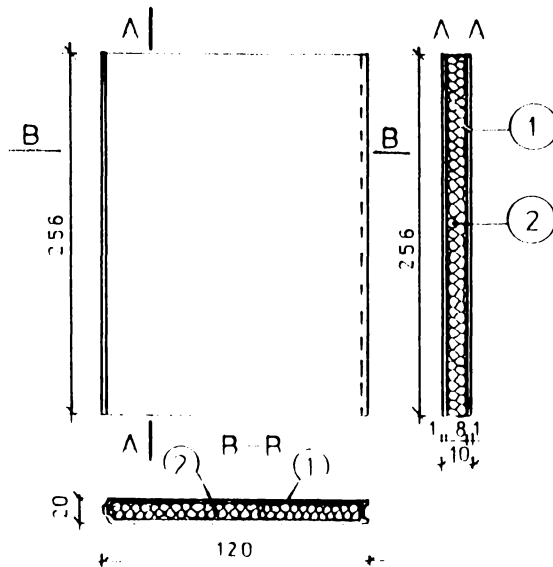


Fig.2.16 ELEMENTE DE INCHIDERE DIN BAES (IOPIC BUCURESTI)

1-beton armat cu fibră de sticlă (BAES); 2-termoizolație.

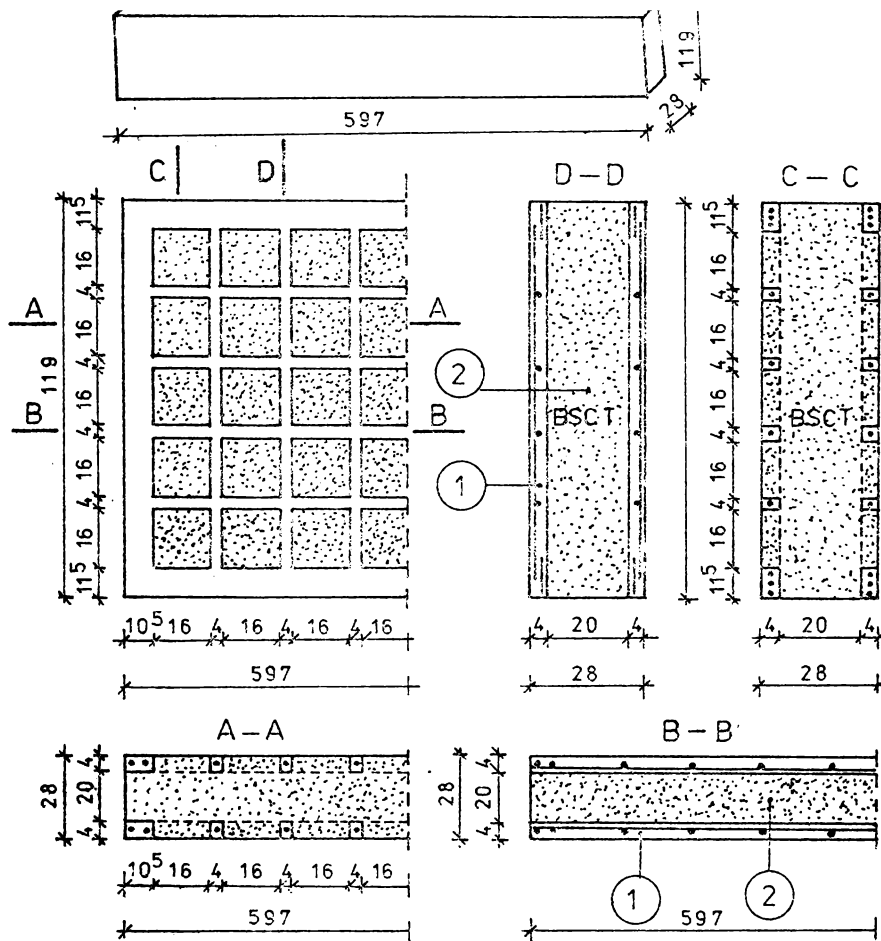


Fig.2.17 PANOU PREFABRICAT TRAFORAT TIP PTP  
1-beton armat;2-beton spumat cu cenusă de termocentrală

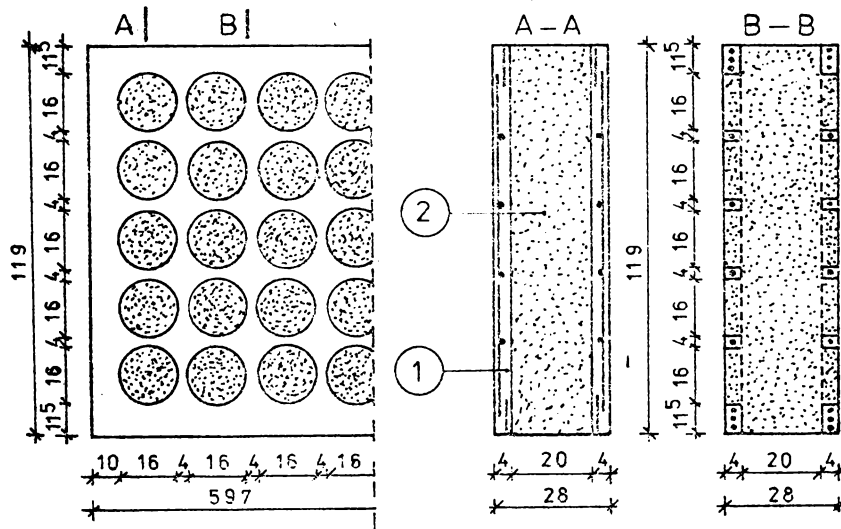


Fig.2.18 PANOU PREFABRICAT TRAFORAT TIP PTO 1  
1-beton armat;2-beton spumat cu cenusă de termocentrală.

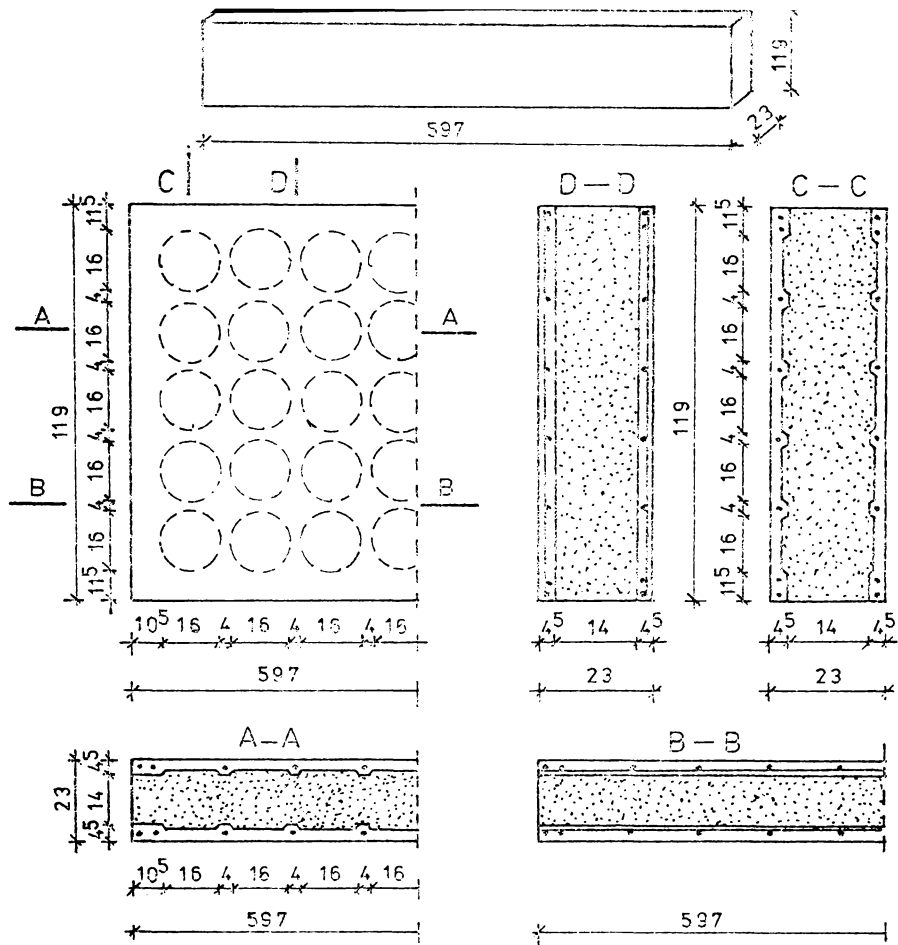


Fig.2.19 PANOU PREFABRICAT AMPRENTAT TIP PAO

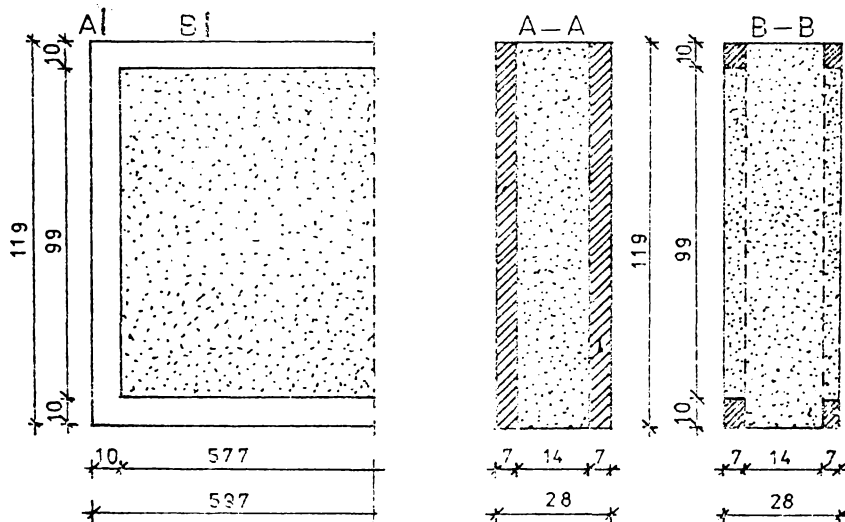


Fig.2.20 ELEMENTE ARMATE CU CADRE TIP RAMA - PACT

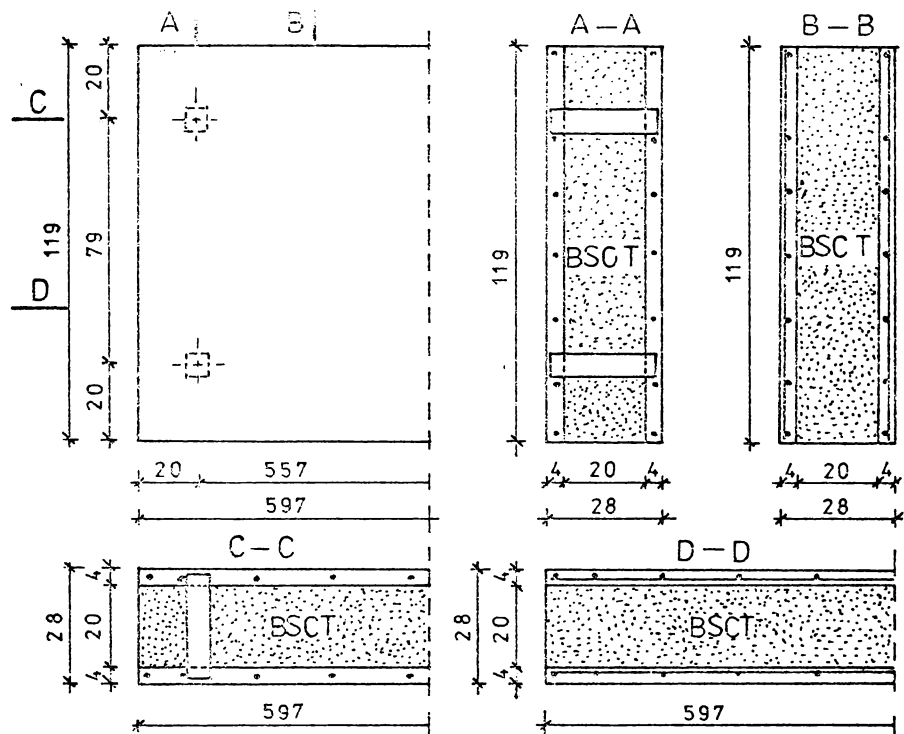


Fig.2.21 PANOU CU STRUCTURA SANVIS - PS

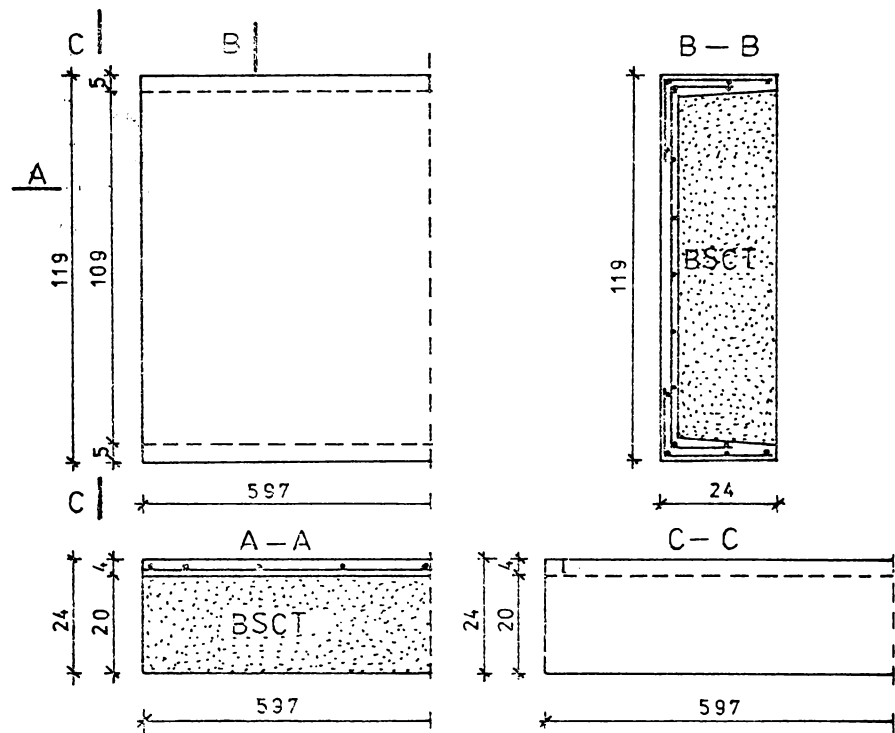


Fig.2.22 PANOU CU STRUCTURA CHESONATA - PC

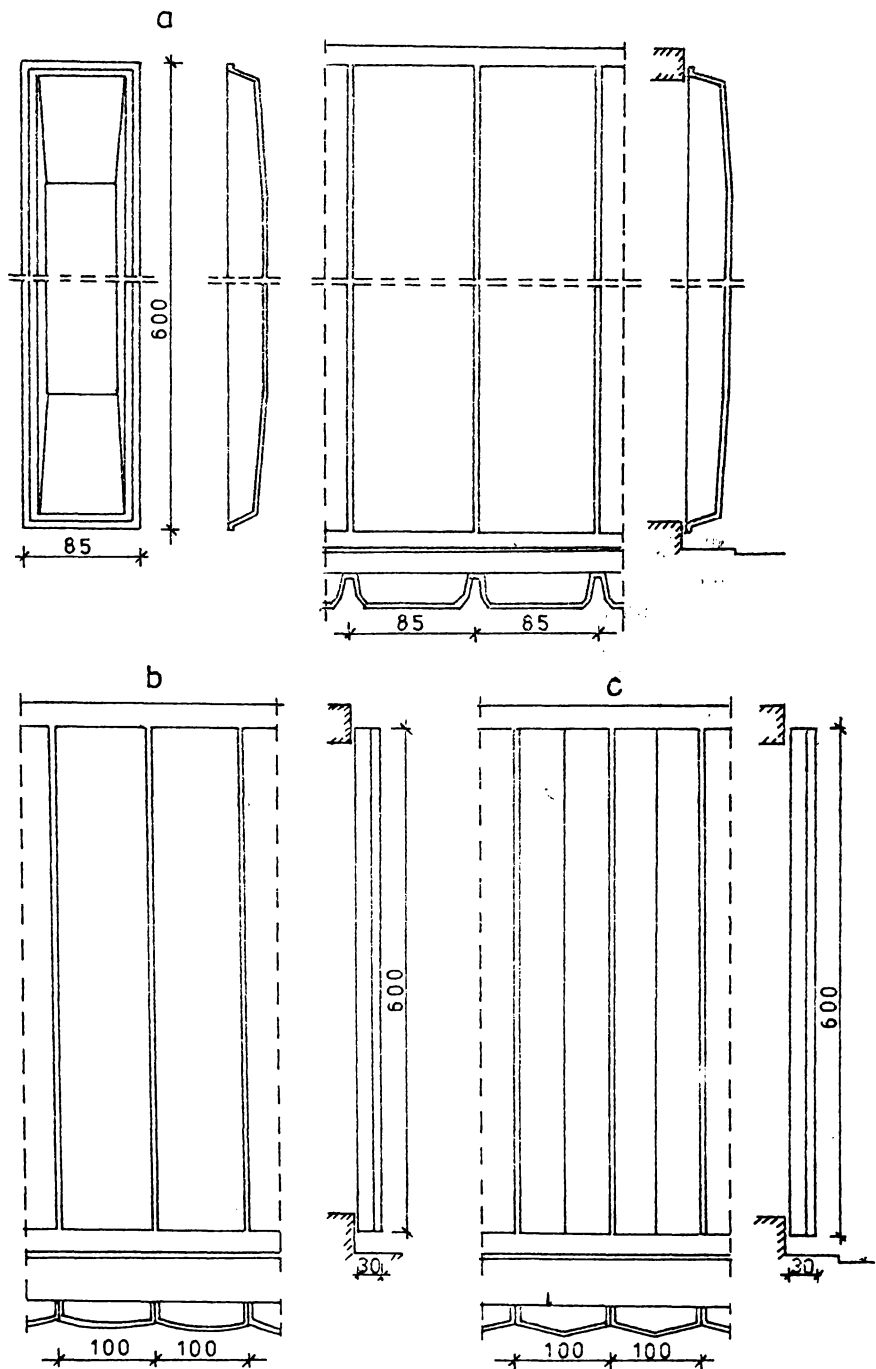


Fig.2.23 ELEMENTE DE INCHIDERE DIN PAS

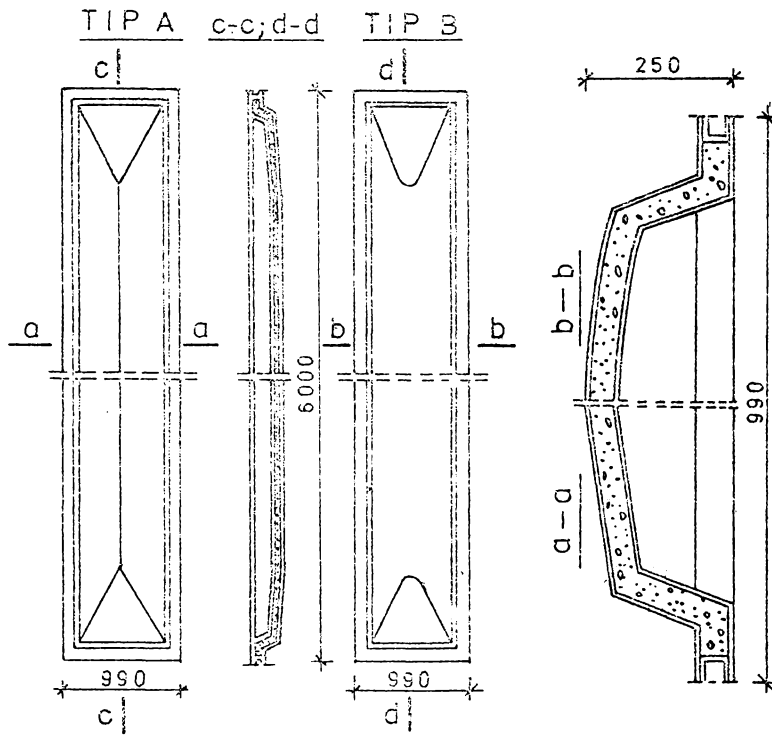


Fig.2.24 PANOURI CU STRUCTURA SANDVIS CU FETE DIN PAS

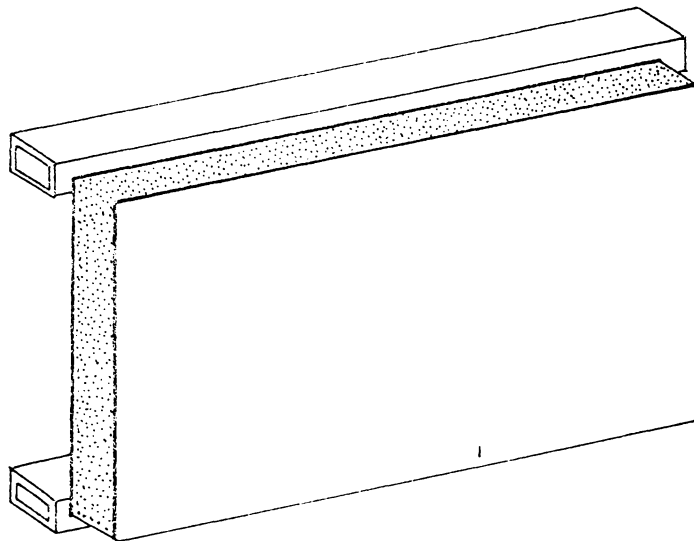


Fig.2.25 PANOURI PURTATE CU STRUCTURA SANDVIS CU FETE DIN PAS

șoara (fig.2.15) /35/ cu termoizolația din polistiren expandat;  
 - elemente de închidere din BAFS concepute și realizate în cadrul unei construcții experimentale la ICPMC București (fig.2.16) /78/, pentru hale cu încălzire discontinuă având termoizolația din polistiren expandat (1,20x2,56x0,10 m);

Tabelul 2.1

INCAPERI ALE CLADI RILOR DE PRODUCTIE	$\varphi$ (%)	$\theta_i$ (°C)	$\Delta\theta_{imax}$ (°C)	$R_0$ (m <sup>2</sup> k/W)		
				zona 1 $\theta_c = -12^\circ\text{C}$	zona 2 $\theta_c = -15^\circ\text{C}$	zona 3 $\theta_c = -18^\circ\text{C}$
Incăperi cu regim normal de umiditate și degajări de căldură neînsemnate (hale mecanice)	50.. .60	16	8	0,438	0,484	0,531
Incălzire cu regim scăzut de umiditate (hale de sudat, de montaj etc.)	<50	16	10	0,350	0,388	0,425
Incăperi cu degajări însemnate de căldură și regim scăzut de umiditate (hale pentru prelucrări termice)	<45	20	12	0,333	0,365	0,396
Incăperi cu regim ridicat de umiditate (tesături, filaturi)	61.. .75	10.. .25	$\theta_i - t_r$	0,384.. .0,974	0,436.. .1,053	0,488.. .1,132
Incăperi cu regim foarte ridicat de umiditate, condensarea vaporilor pe suprafețe interioare.	>75	10..	6,5	0,539.. .0,808	0,596.. .0,865	0,654.. .0,923

- elementele de închidere cu termoizolația din beton ușor spumat cu cenușă de termocentrală (BSCT), realizate la Facultatea de Construcții din Iași (fig.2.17...2.22) /147/, pentru hale cu încălzire discontinuă, având dimensiunile de 5,97x1,19x0,28...0,24 m;

- elemente de închidere din PAS realizate și experimentate la IP Iași (fig.2.23) /22/, /23/ pentru hale neîncălzite;

- panouri cu structură sandwich cu fețe din PAS (fig.2.24 și fig.2.25) /22/, /23/ pentru hale cu încălzire discontinuă, având



termoizolația din poliuretan rigid.

În tabelul 2.1 se prezintă valorile normate pentru rezistența minimă necesară ale elementelor de închidere ( $R_{0 \text{ nec.}}$ ) /242/, iar în tabelul 2.2 rezistența de calcul ( $R_{0c}$ ) care s-a determinat cu relațiile de calcul aproximative /242/.

Tabelul 2.2

Nr. crt	DENUMIRE ELEMENT	g (kg/m <sup>2</sup> )	g <sub>cc</sub> (kgcc/m <sup>2</sup> )	R <sub>0c</sub> m <sup>2</sup> k/W	g <sub>cc</sub> /R <sub>0c</sub>
1.	Pereti în trei straturi'cu nervuri dispuse orizontal.	259,00	28,56	0,659	43,338
2.	Pereti în trei straturi'cu ploturi dispuse orizontal.	253,00	26,00	0,754	34,482
3.	Pereti în trei straturi'cu scărițe dispuse vertical.	282,60	33,89	0,711	47,665
4.	Pereti din azbopan.	45,87	13,65	1,025	13,317
5.	Pereti din azbociment ondulat neizolați termic.	42,38	7,38	-	-
6.	Pereti din azbociment ondulat izolați termic.	71,74	18,88	0,448	42,142
7.	Fisii B.C.A dispuse orizontal.	143,05	28,87	0,827	34,909
8.	Fisii B.C.A. dispuse vertical.	143,05	28,87	0,827	34,909
9.	Pereti din profilit simplu.	21,76	7,64	-	-
10.	Pereti din profilit dublu.	38,50	12,75	0,320	39,813
11.	Pereti din tablă cutată'neizolați termic	12,03	22,38	-	-
12.	Pereti din tablă cutată'izolați termic.	49,29	47,31	0,497	95,191
13.	Panouri cu agregate din steril ars.	446,60	26,00	1,680	15,476
14.	Panouri folosite la autoservice Dacia Tirgu-Mureș.	215,80	27,49	0,693	39,668

Continuare Tabelul 2.2

15.	Panouri verticale folosite în industria alimentară.	302,21	38,73	2,170	17,847
16.	Pereti monostrat din PAS.	11,17	69,25	-	-
17.	Panouri sandviș cu fete din PAS autoportante.	10,92	66,86	1,540	43,416
18.	Panouri sandviș cu fete din PAS purtate ROMPAN.	10,92	66,86	1,540	43,416
19.	Panouri folosite la depozitul de legume Tîrnăveni.	625,45	82,16	0,662	124,108
20.	Elemente de închidere din BAFS (Timișoara).	52	39,00	2,681	14,547
21.	Elemente de închidere din BAFS (ICPMC-București).	51	38,00	2,169	17,196
22.	Panou prefabricat traforat tip PTP.	225,44	20,44	1,190	17,176
23.	Panou prefabricat traforat tip PTO - 1.	242,67	21,58	1,176	18,350
24.	Panou prefabricat amprentat tip PAO.	302,88	25,34	1,093	23,184
25.	Elemente armate cu cadre tip RAMA-PACR.	204,74	18,89	1,129	16,732
26.	Panou cu structură sandviș -PS.	305,88	25,71	1,102	23,330
27.	Panou cu structură chesonată - PC.	234,00	21,62	1,068	20,243

Analizînd elementele de închidere folosite în România pentru construcții industriale se pot face următoarele observații:

- comparînd performanțele higrotermice cu privire la rezistența de calcul ( $R_{OC}$ ), evaluate pe cale analitică (tabelul 2.2), cu valorile rezistenței minime necesare ( $R_{O\ nec.}$ ) din tabelul 2.1, se remarcă acoperirea tuturor situațiilor impuse de practică;

- în contextul actual energetic și economic, materialele energointensive dar foarte eficiente cum sînt polistirenul și poliuretanelul nu sînt decît foarte rar și în condiții speciale folo-

site;

- folosirea preponderentă ale elementelor de închidere grele în defavoarea panourilor ușoare;

- considerînd greutatea de  $100 \text{ kg/m}^3$  ca reper, panourile de închidere se pot împărți în două categorii:

\* panouri ușoare (soluțiile 4,5,6,9,10,11,12,16,17,18, 20,21 );

\* panouri grele (soluțiile 1,2,3,7,8,13,14,15,19,22,23,24, 25,26,27 );

- exceptînd panourile experimentale, pozițiile 17,20,21 și panoul destinat industriei alimentare, special conceput cu  $R_{OC}$  ridicată, există numai două panouri (AZBOPAN și ROMPAN) care au  $R_{OC} > 1 \text{ m}^2 \text{K/W}$ , dar aceste panouri au un indice de utilizare extrem de redus;

- existența punților termice, chiar în procent mic, diminuează substanțial rezistența de calcul la transfer termic ( $R_{OC}$ ).

### 2.3 Elemente de închidere folosite în România la construcții agricole.

Elementele de închidere ale construcțiilor agricole, îndeplinesc unele funcții suplimentare față de cele obișnuite ale construcțiilor civile și industriale, deoarece trebuie să creeze un microclimat optim, adică realizarea condițiilor interioare optime pentru creșterea și întreținerea materialului biologic pe care-l adăpostesc /55/, /64/, /65/, /66/, /96/, /104/, /139/, /155/. Datorită umidității ridicate în construcțiile agrozootehnice proiectarea și realizarea elementelor de închidere pentru aceste construcții este mai pretențioasă.

În general la construcțiile agricole și în special la cele zootehnice se utilizează două categorii de pereți:

- de umplutură - autoportanți;

- de rezistență - portanți.

Pereții din prima categorie sînt preferați în cazul construcțiilor cu structuri de acoperiș pe grinzi transversale care necesită rezemare punctuală pe stâlpi, iar cei din categoria a doua cînd acoperișul este constituit din prefabricate de suprafață

(plăci, cheson) care corespund unor presiuni de rezemare uniformă pe lungimea zidurilor /66/, /96/, /104/, /155/, /156/.

Pereții autoportanți prefabricați existenți la ora actuală sînt:

- panouri din beton armat în sistem sandviș (fig.2.26) avînd dimensiunile 3,00x3,00 m, cu grosime variabilă în funcție de termoizolație folosită: BCA; vată minerală; polistiren expandat;

- panouri tip ISPCAIA pentru hale avicole și iepuri (fig.2.27) formate dintr-un cheson de beton armat și termoizolație din blocuri ceramice protejate la interior cu tencuială de mortar de ciment M 100T (5,98x2,18x0,35 m);

- panouri tip ISPCAIA pentru hale de taurine și suine (fig.2.28) formate dintr-un cheson de beton armat și termoizolație din BCA protejată cu tencuială de mortar de ciment M 100 (5,98x1,23x0,26 m);

- panouri tip Pitești pentru hale avicole (fig.2.29). Pereții de închidere la aceste hale se realizează din două panouri suprapuse, realizate monostrat din beton ușor: panou inferior (5,98x1,36x0,33 m) și panou superior (5,98x0,60x0,33 m);

- panouri de tip Brăila pentru hale avicole (fig.2.30) formate dintr-un cheson de beton armat și termoizolație din BCA protejată cu o tencuială de mortar de ciment (5,98x2,03x0,26 m);

- panouri autoportante tip IPCT pentru hale de taurine și suine (fig.2.31) realizate în trei variante: panou tristrat ( A ), tip cheson ( B ) și monostrat ( C ); dimensiunile sînt variabile de 5,71x1,80x0,20 m; 5,97x1,80x0,21 m și 5,98x1,80x0,35 m, ținînd seama de elementul de rezistență, materialul termoizolator și poziția panourilor față de stîlpi;

- panou prefabricat din beton armat, proiectat și realizat la Facultatea de Construcții Iași (fig.2.32) /156/, format din două straturi de rezistență din beton armat legate între ele cu 8 pături din beton armat și miezul de termoizolație din ștraifuri de vată minerală, avînd dimensiunile de 5,98x1,19x0,20 m;

- noi tipuri de elemente de închidere pentru construcții industriale și agrozootehnice realizate la Institutul Politehnic Cluj-Napoca în colaborare cu TAGCI Cluj-Napoca (fig.2.33) /106/.

Aceste ultimi tipuri de elemente de închidere au fost conce-

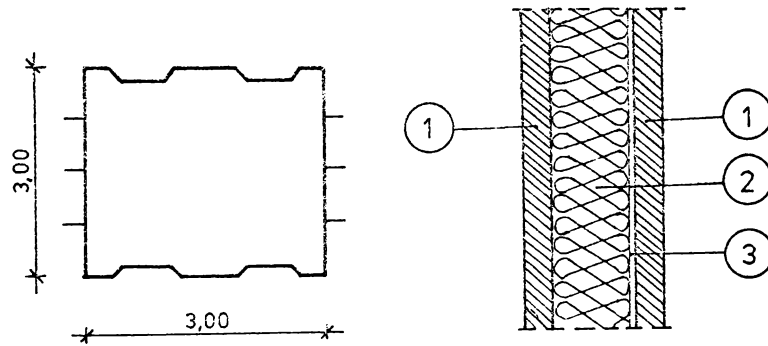


Fig.2.26 PANOU SANDVIS

1-fețe din b.a.;2-termoizolație (BCA,polistiren expandat,vată minerală);3-barieră de vaporii.

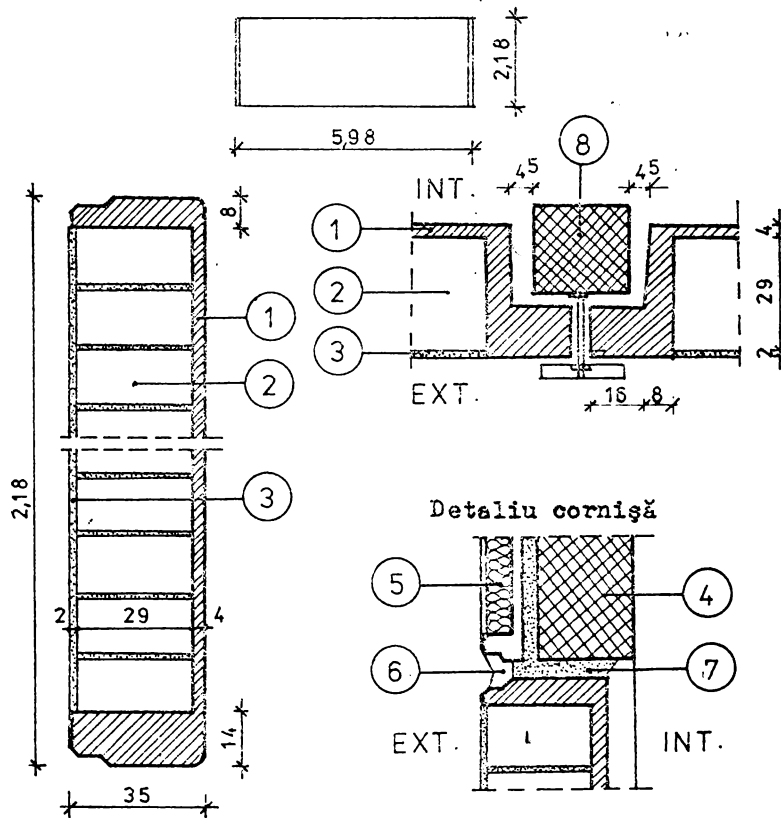


Fig.2.27 PANOURI AUTOPORTANTE TIP ISPOAIA PENTRU HALE AVICOLE SI IEPURIC

1-cheson din b.a.;2-blocuri ceramice;3-tenoială (Mloot);4-grindă b.a. prefabricat;5-atic b.a. termoizolat;6-chit romalhid;7-mortar Mlco;8-stilp prefabricat.

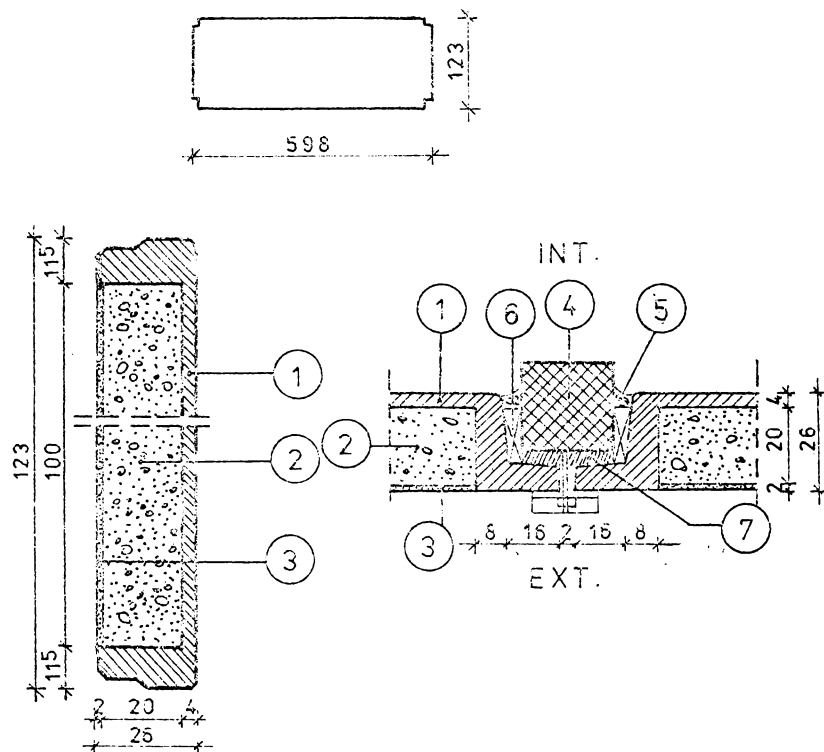


Fig.2.28 PANOURI AUTOPORTANTE TIP ISPOAIA PENTRU TAURINE SI SUINE

1-cheson b.a.; 2-BCA; 3-tencuială Mloc; 4-stilp prefabricat; 5-chit romalchid; 6-polistiren; 7-vată minerală.

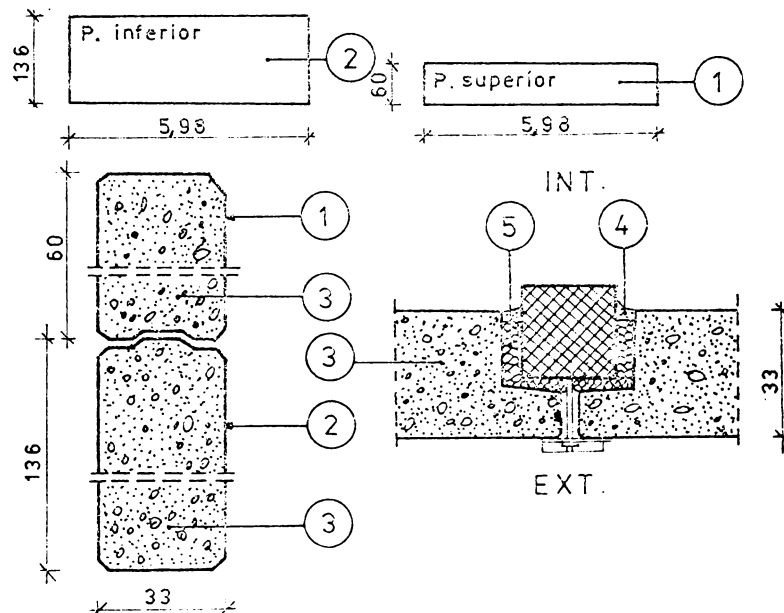


Fig.2.29 PANOURI AUTOPORTANTE TIP PITESNI PENTRU HALE AVICOLE

1-panou superior; 2-panou inferior; 3-beton usor; 4-mortar de ciment si nisip; 5-polistiren; 6-vată minerală.

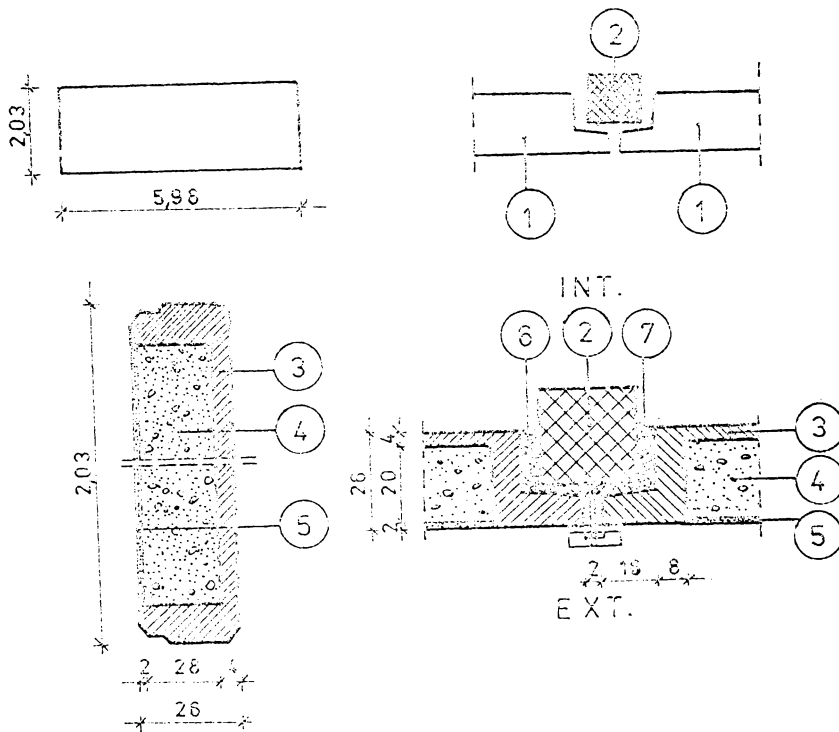


Fig.2.30 PANOURI AUTOPOREZANTE TIP BRAZEA PENTRU ZIDURI AVICOLE  
 1-panou;2-stilp;3-cheson prefabricat;4-termoizolație ECA;5-  
 tencuială;6-rosture cu mortar de ciment și aracet;7-termo-  
 izolație din vată minerală.

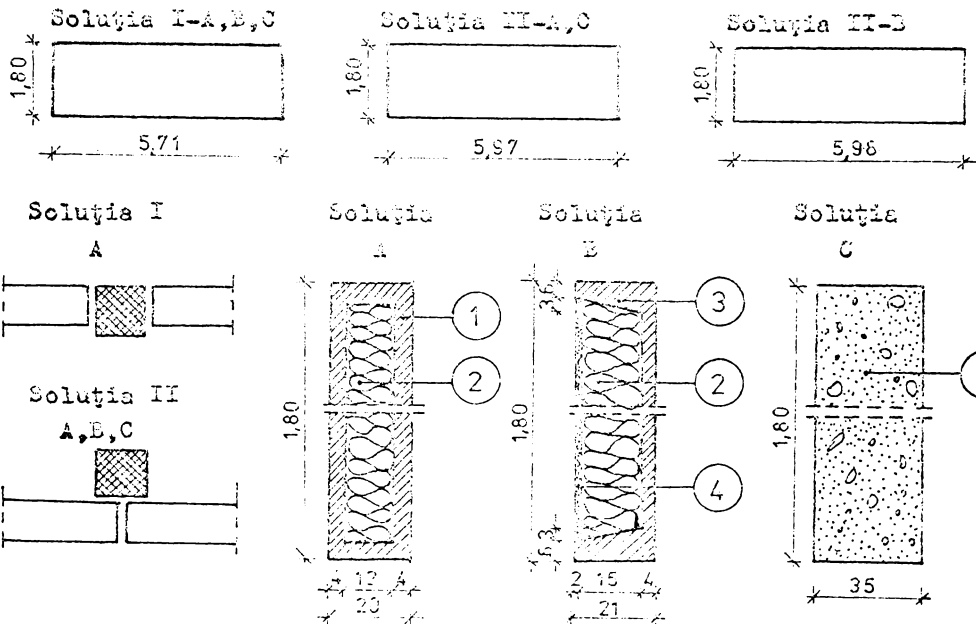


Fig.2.31 PANOURI AUTOPOREZANTE TIP REOA PENTRU FENESTRE ȘI UȘI  
 1-panou din b.a.;2-termoizolație;3-cheson din b.a.;4-tencuială  
 5-panou din b.a.

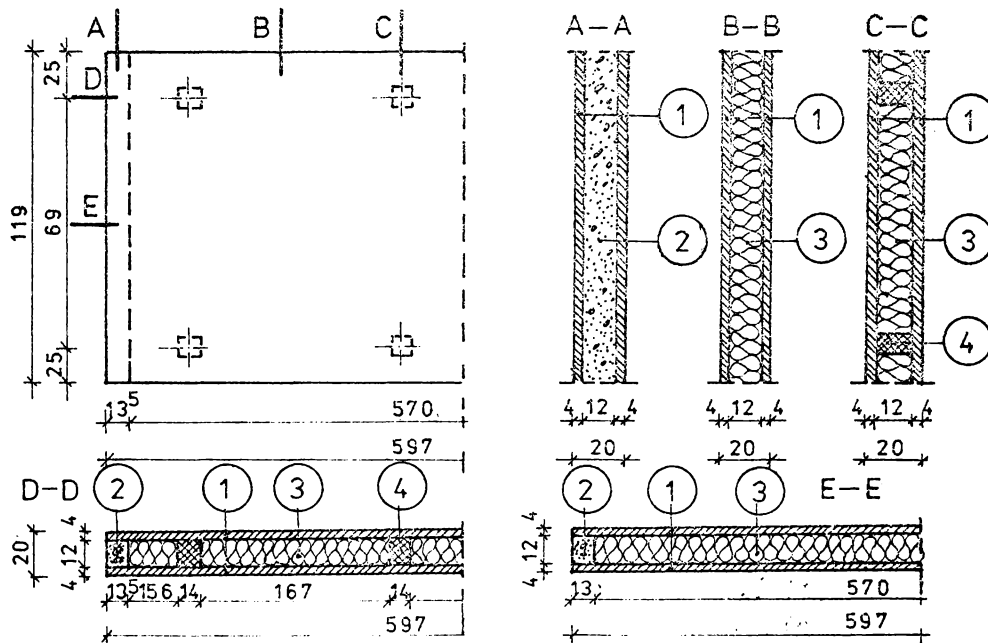


Fig.2.32 PANOU PREFABRICAT DIN BETON ARMAT (IASI)

1-beton armat;2-termoizolație din ștraifuri de vată minerală;3-riglă din b.c.s;4-ploturi din b.s.

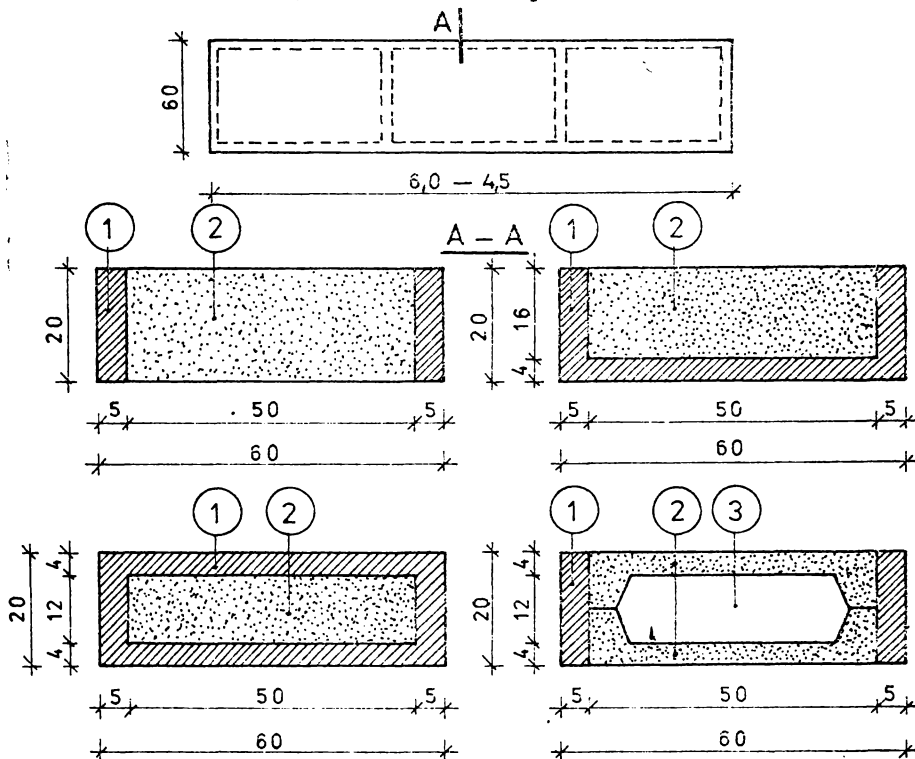


Fig.2.33 NOI TIPURI DE ELEMENTE DE ÎNCADRARE (GLUJ-NAPOCA)



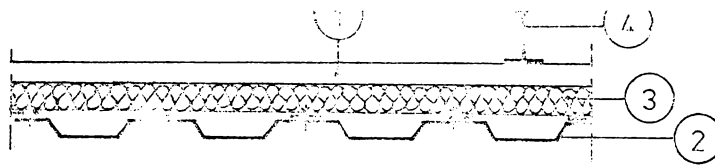


Fig. 2.34 PEREȚI DIN TABLA CUPRITA

1-tablă cutată orizontal la interior; 2-tablă cutată vertical la exterior; 3-termoizolație; 4-stîlp.

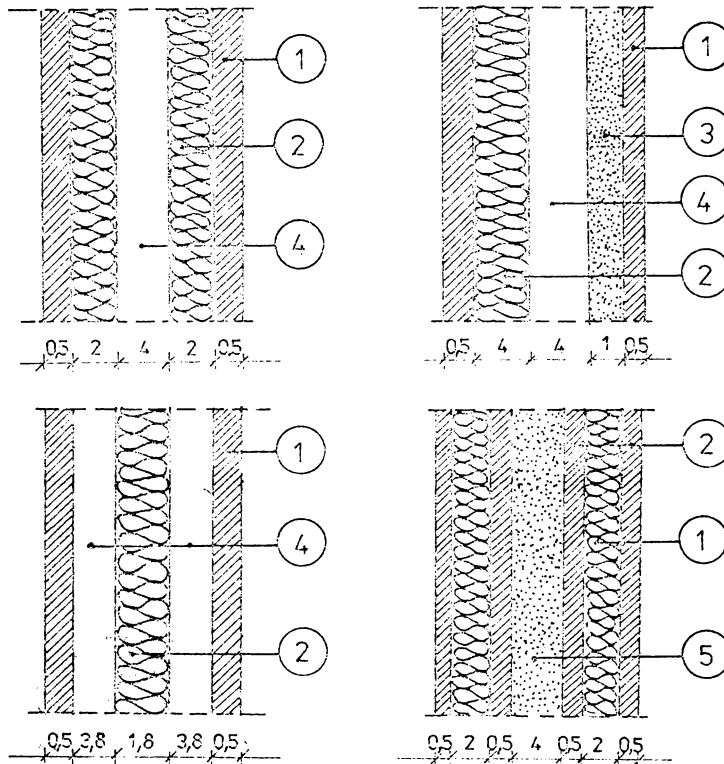


Fig. 2.35 PEREȚI DIN PANOURI DE LEMN AMELIORAT

1-PFL dur; 2-PFL poros; 3-PAL; 4-strat de aer; 5-vată minerală.

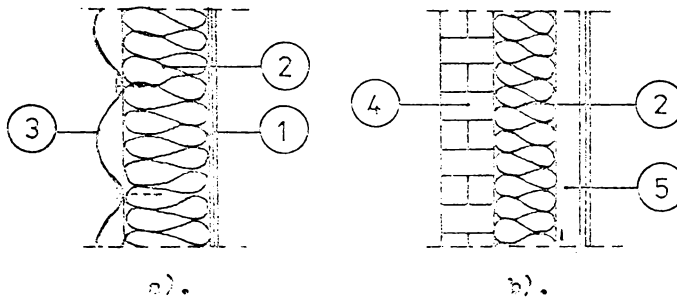


Fig. 2.36 PEREȚI PORTANTE

1-bariere de vapori; 2-BCA; 3-ambociment ondulat; 4-zidărie de cărămidă; 5-strat de aer ventilat.

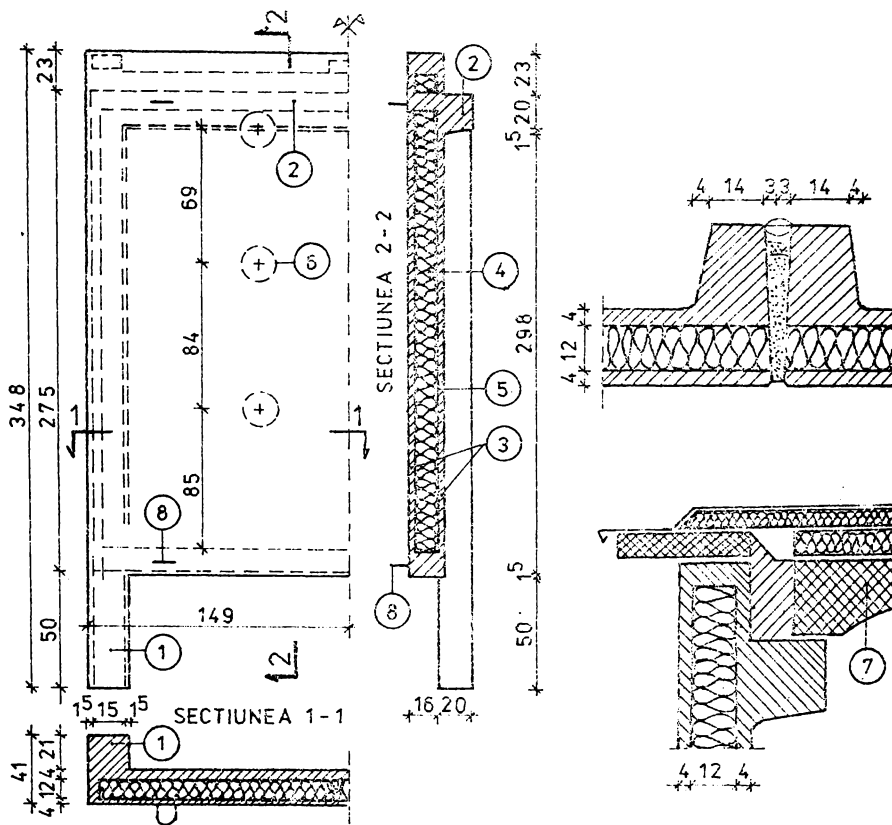


Fig.2.37 PANOURI PORTANTE TIP IPCT PENTRU HALE AVICOLE  
 1-stilp; 2-riglă; 3-beton; 4-termoizolație; 5-barieră de  
 vapori; 6-ploturi de legătură; 7-cheson; 8-agrafe de le-  
 gătură.

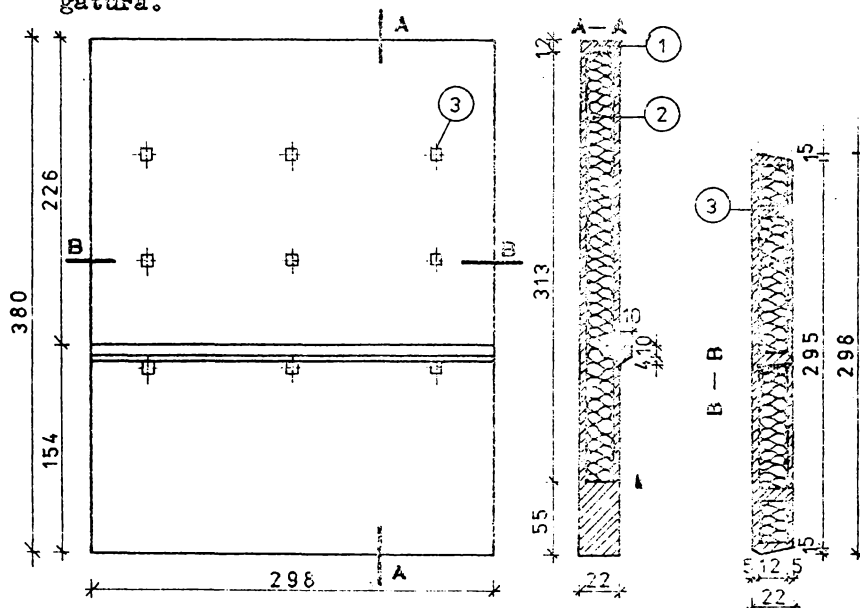


Fig.2.38 PANOURI PORTANTE TIP IPCT PENTRU HALE DE TIPURI  
 1-stilp; 2-termoizolație; 3-ploturi de legătură.

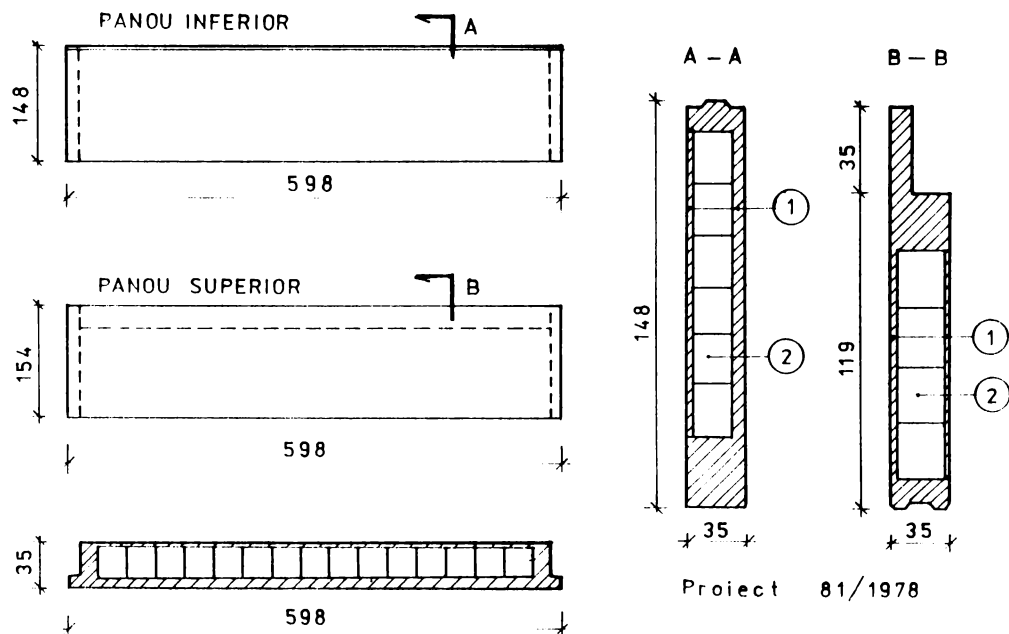


Fig. 2.39 PANOURI PORTANTE PENTRU HALE AVICOLE  
1-beton armat;2-blocuri din scorie bazaltică.

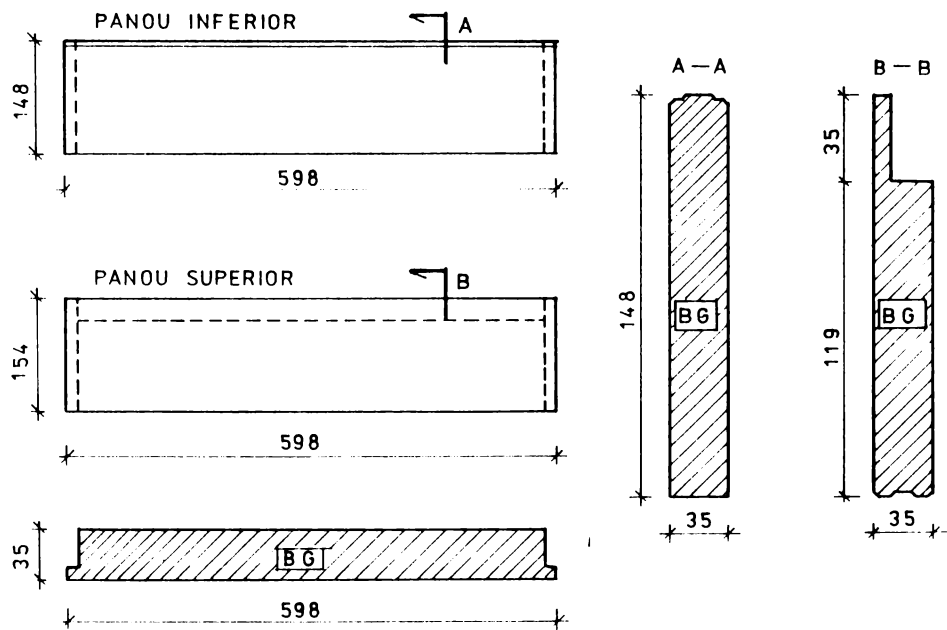


Fig.2.40 PANOURI PORTANTE DIN BETON UȘOR (EG) PENTRU HALE  
AVICOLE

pute sub formă de fiși montate orizontal, cu lungimea  $L=6$  m și  $4,50$  m și înălțimea variabilă ( $l=60, 90, 120$  și  $150$  cm). Din punct de vedere constructiv, fișiile se pot realiza în următoarele patru variante /106/:

- \* fișii cu nervuri și umplutură termoizolantă pe toată grosimea (fig.2.33 a);

- \* fișii cu nervuri și strat inferior din beton greu (fig.2.33 b);

- \* fișii cu nervuri și două straturi din beton greu (fig.2.33 c);

- \* fișii cu nervuri, plăci termoizolante și strat de aer (fig.2.33 d).

Stratul de termoizolație se realizează din fibre sau țesături textile cu ipsos, coji de copac cu ipsos, ciment și cenușă de termocentrală.

- pereți din panouri de azbopan (fig.2.4);

- pereți din tablă cutată (fig.2.34);

- pereți din panouri de lemn ameliorat (fig.2.35) format din PFL dur, PFL poros și PAL cu grosimea de  $0,5$  cm, având termoizolație din vată minerală și cu sau fără straturi de aer ventilat, necesitând schelet de descărcare;

- panouri prefabricate din beton armat având termoizolația din coji de orez ( $5,98 \times 1,23 \times 0,26$  m) /247/;

Pereți portant existenți la ora actuală sînt :

- zidării mixte portante, la hale pentru suine (fig.2.36), care se execută în două variante:

- \* din blocuri mici de BCA de  $24$  cm grosime protejate la interior cu o barieră contra vaporilor din email de perclorvinil aplicată pe tencuială, iar la exterior cu plăci de azbociment ondulat (fig.2.36 a);

- \* din zidărie de cărămidă combinată cu cea din blocuri mici din BCA și un strat de aer ventilat (fig.2.36 b).

- panouri prefabricate portante tip IPCT pentru hale avicole (fig.2.37). Panoul cu dimensiunile de  $2,98 \times 3,48 \times 0,20$  m este constituit din două straturi de protecție din beton armat, între ele aflîndu-se un strat termoizolant din BCA /206/, iar legătura între cele două straturi din beton se realizează cu ajutorul a  $12$  plo-

turi din beton armat. De asemenea, au mai fost executate două panouri prototip similare cu cel din proiectul Nr. 8598/1; unul la Stația de încercări higrotermice aparținând ICCPDC Iași având termoizolația din deșeuri textile sintetice în folie de polietilenă compartimentată în saltele din 30 în 30 cm /34/, iar celălalt la ICCPDC filiala Cluj - Napoca cu folosirea de betoane ușoare, cenuși și zguri de termocentrală /257/ ;

- panouri prefabricate portante tip IPCT, pentru hale de iepuri (fig. 2.38), având dimensiunile de 2,98x3,80x0,22 m alcătuite din două straturi de protecție din beton armat, între ele aflându-se un strat de termoizolație din BCA; iar legătura între cele două straturi din beton se realizează cu 12 ploturi din beton armat;

- panouri prefabricate portante tip TAGCIND - BRASOV, pentru hale de iepuri (fig. 2.39) /238/, realizându-se ca panou inferior (5,98x1,48x0,35 m) și panou superior (5,98x1,54x0,35 m) din beton armat și având termoizolația din blocuri din scorie bazaltică;

- panouri prefabricate portante din beton de granolit (BG) pentru hale avicole, (fig. 2.40) /249/, alcătuirea fiind similară cu cea din fig. 2.39, diferența constând în aceea că sunt realizate din beton ușor de granolit, monostrat;

- panouri prefabricate verticale portante de tip PVP - 6x2,4 (fig. 2.41) /260/ din beton armat și termoizolația din BCA, având dimensiunile 5,69x2,38x0,30 m;

- panouri prefabricate verticale portante tip PVAG - 3x3,2(3,7) (fig. 2.42) /261/ din beton armat și termoizolația din BCA având gol de geam (2,72x3,18x0,30 m / 2,72x3,68x0,30 m);

- panouri prefabricate verticale portante tip PVAG - 6x2,9 (fig. 2.43) /262/ din beton armat și termoizolația din BCA având gol de geam (5,73x2,88x0,30 m).

În tabelul 2.3 se prezintă valorile rezistențelor minime necesare ( $R_{onec}$ ) pentru elementele de închidere ale construcțiilor zootehnice, iar în tabelul 2.4 rezistența de calcul ( $R_{oc}$ ) ale elementelor de închidere folosite la noi în țară.

Referitor la elementele de închidere folosite la construcțiile zootehnice din România și comportarea acestora în exploatare se pot face următoarele observații:

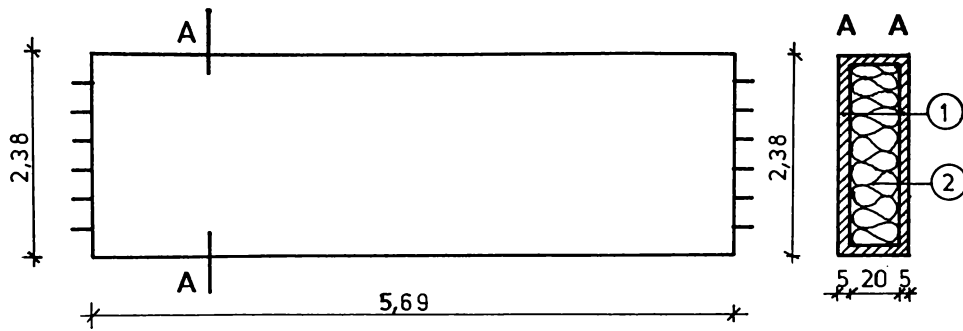


Fig.2.41 PANOU PREFABRICAT VERTICAL DE TIP PVP - 6x2,4.  
1- beton armat;2- termoizolație din B.C.A.

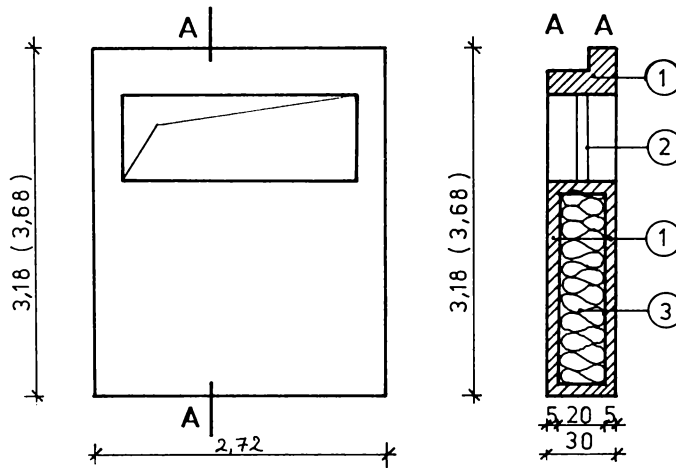


Fig.2.42 PANOU PREFABRICAT VERTICAL DE TIP PVAG - 3x3,2(3,7).  
1- beton armat;2- fereastră;3- termoizolație din B.C.A.

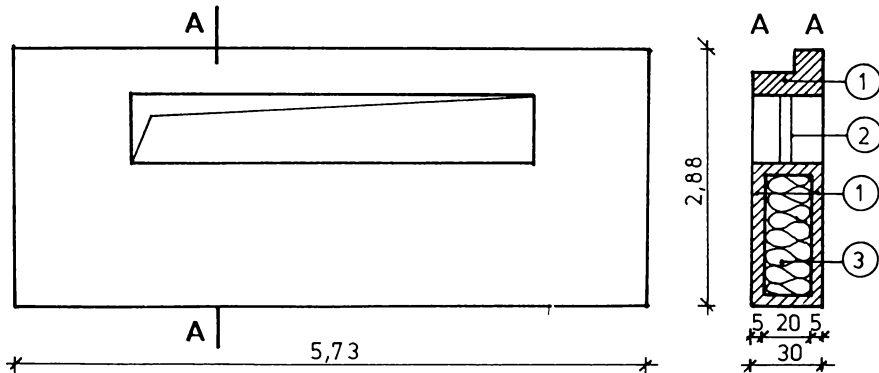


Fig.2.43 PANOU PREFABRICAT VERTICAL DE TIP PVAG - 6x2,9.  
1- beton armat;2- fereastră;3- termoizolație din B.C.A.

Tabelul 2.3

INCAPERI ALE CLADIRILOR DE PRODUCTIE	$\rho_i$ (%)	$\theta_i$ (°C)	$\Delta\theta_{imax}$ (°C)	$\tau_r$ (°C)	$R_{OC}$ (m <sup>2</sup> k/W)		
					zona 1 $\theta_c = -12^\circ C$	zona 2 $\theta_c = -15^\circ C$	zona 3 $\theta_c = -18^\circ C$
zootehnică	70	12	5,30	6,7	0,566	0,637	0,708
		16	5,50	10,5	0,660	0,731	0,802
		18	5,55	12,5	0,676	0,743	0,841
		20	5,60	14,4	0,714	0,781	0,848
		22	5,70	16,3	0,746	0,811	0,877

- comparînd rezistențele  $R_{OC}$ , evaluate pe cale analitică (tab.2.4), cu valorile rezistențelor minime necesare ( $R_{onec.}$ ) din tabelul 2.3, se remarcă acoperirea tuturor situațiilor impuse de practică;

Tabelul 2.4

Nr. crt	SOLUTIA ADOPTATA PENTRU PERETI	Grosimea termoi- zolației (cm)	Conduc- tivitate termică (W/m <sup>2</sup> k)	$R_{OC}$ (m <sup>2</sup> k/W)
1.	Zidărie din cărămidă cu goluri.	29	0,530	0,986
2.	Zidărie de blocuri din beton ușor	29	< 0,500	0,870
3.	Zidărie de blocuri din beton celular autoclavizat.	30	0,280	1,137
4.	Panouri mari din beton armat și termoizolație din B.C.A.	15	0,180	0,928
5.	Panouri mari din beton ușor armat și termoizolație din B.C.A.	15	0,210	0,986
6.	Panouri în trei straturi, două straturi, la interior și exterior din beton armat, cu termoizolație din :			
	a). B.C.A.;	20	0,380	1,417
	b). polistiren expandat;	12	0,048	1,249
	c). vată minerală;	12	0,048	1,267
	d). saltele din polietilenă cu deșeuri sintetice;	12	0,077	0,987
	e). cenușă cu ciment și adaos spumant;	12	0,140	0,662
	f). paie tocate mineralizate și presate;	12	0,120	1,021
	g). ștraifuri de vată minerală;	12	0,045	2,630
	h). coji de orez mineralizate;	12	0,150	1,010

Continuare tabelul 2.4

7.	Panouri în patru straturi:două straturi de beton la interior și la exterior,iar în mijloc două straturi:unul de aer ventilat și unul de termoizolație din :			
	a). polistiren expandat;	12	0,048	1,500
	b). vată minerală;	12	0,048	1,130
	c) saltele din polietilenă cu deșeuri textile;	12	0,077	1,193
	d). cenușă cu ciment și adaos spumant;	12	0,140	0,819
	e). paie tocate,mineralizate și presate.	12	0,120	1,320

- folosirea preponderentă ale elementelor de închidere portante și neportante grele cu termoizolația din b.c.a.;

- umezirea progresivă în timpul iernii,ajungând chiar la curgerea apei pe pereți;

- micșorarea capacității de izolare termică datorită condensului pe suprafața și în interiorul elementelor de închidere;

- degradarea timpurie ale panourilor de închidere,necesitând cheltuieli de întreținere sporite pentru reparații necesare la intervale scurte.

**2.4 STADIUL ACTUAL AL ELEMENTELOR DE INCHIDERE PE PLAN MONDIAL**

Dezvoltarea elementelor de închidere pe plan mondial este strâns legată de stadiul de dezvoltare al fiecărei țări,de strategia de progres în domeniul construcțiilor,de resursele de materii prime.

Construcțiile industriale și agricole trebuie privite,din punct de vedere al funcționalității,ca sistem ce pot să atingă în timp scurt stări foarte diferite.Această stare de lucruri,impusă de dinamica dezvoltării tehnologiilor,diversificării exigențelor și ridicarea nivelului de performanță a produselor industriale și agricole,implică schimbări în compartimentări,în dispozitivele de ridicare,în parametrii fizici interiori /64/,/66/,/70/,/90/,/96/,



/104//,/147//,/156/.

Urmărind dinamica dezvoltării, închiderile trebuie să îndeplinească și ele condiții de demontabilitate, de modificare a parametrilor ce influențează izolarea termică, acustică, comportarea la transferul de masă, posibilitatea de a asigura o suprafață vitrată reglabilă. Această multifuncționalitate este limita superioară spre care trebuie să tindă dezvoltarea elementelor de închidere.

#### 2.4.1 Elemente de închidere pentru construcții industriale.

Urmărind folosirea și progresul elementelor de închidere pentru construcții industriale, pe plan mondial se observă următoarele direcții de dezvoltare /147/:

- folosirea betonului armat cu diferite materiale termoizolatoare (fig.2.44);

- folosirea elementelor de închidere din betoane ușoare având în compoziție agregate ușoare: cheramzit și perlit, respectiv de B.C.A. (fig.2.44);

- folosirea pereților ușori cu tablă cutată din oțel (fig.2.45 și fig.2.49);

- folosirea pereților cu structură sandwich (fig.2.45; fig.2.46 și fig.2.49);

- folosirea pentru straturile externe a tablei de oțel și aluminu (fig.2.45; fig.2.46; fig.2.51; fig.2.52 și fig.2.53);

- utilizarea materialelor termoizolatoare eficiente cu consum mare de energie :- poliuretan (fig.2.45; fig.2.46; fig.2.49);

- polistiren (fig.2.44; fig.2.49; fig.2.50); - vată minerală (fig.2.45; fig.2.46; fig.2.50); - samofoam (fig.2.45); - stiropor (fig.2.44; fig.2.50); - moltopren (fig.2.48);

- utilizarea materialelor termoizolatoare ce înglobează materiale recuperabile : puzderie de in și cînepă (fig.2.49), cenușă de termocentrală /97/;

- folosirea materialelor plastice și a poliesterilor armați cu fibră de sticlă - PAS- pentru straturile externe (fig.2.47 și fig.2.48);

- folosirea azbocimentului ondulat în asociere cu straturi din fibre de sticlă (fig.2.50).

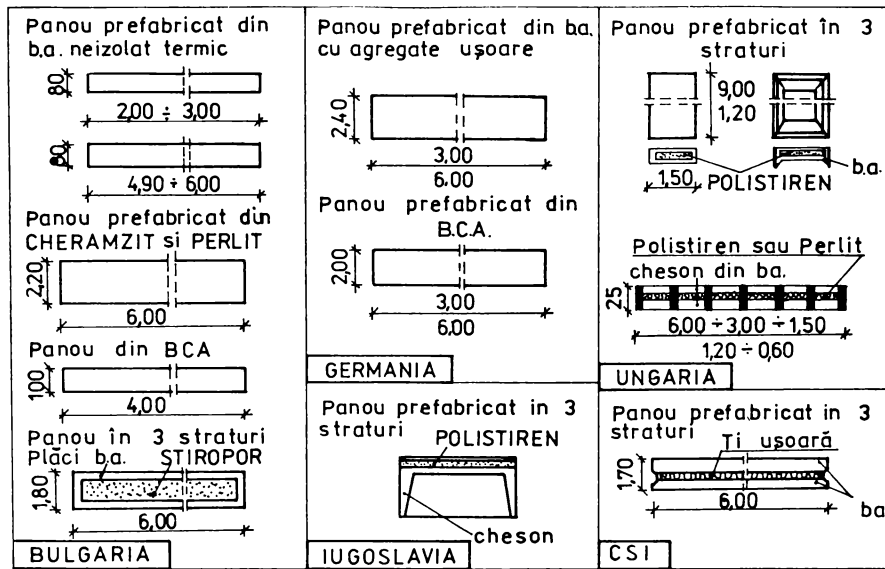


Fig.2.44 ELEMENTE DE PERETI DIN BETON

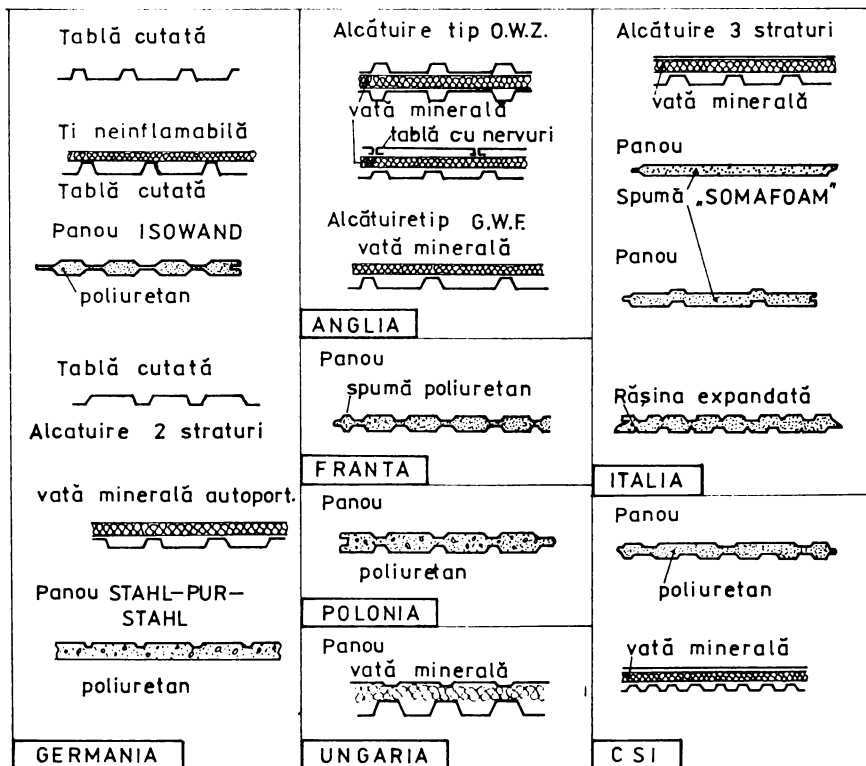
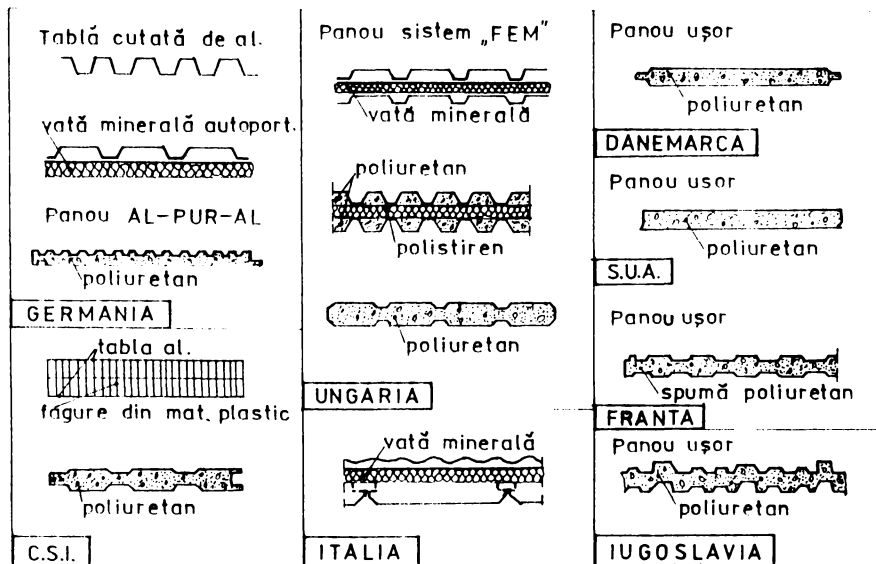
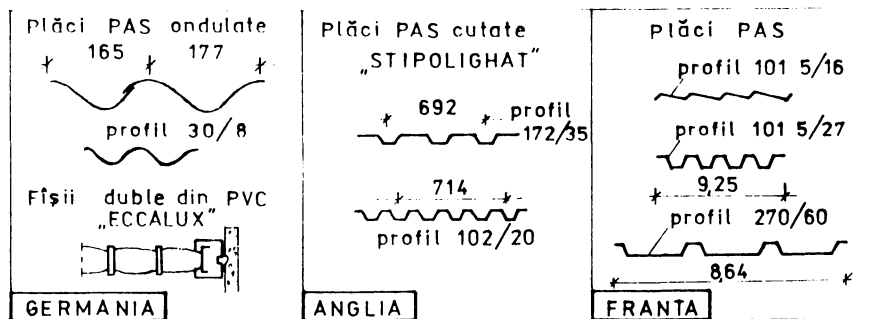


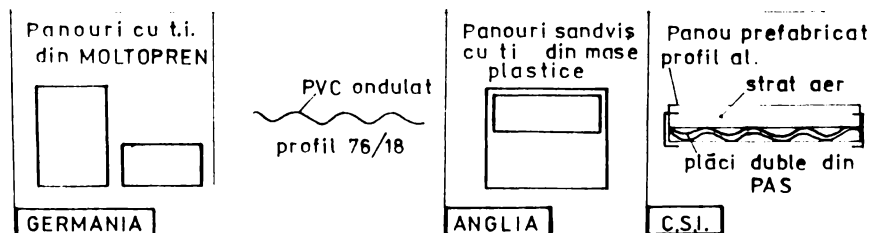
Fig.2.45 ELEMENTE PENTRU PERETI CU FETE DIN FOI DE TABLA DE OTEL



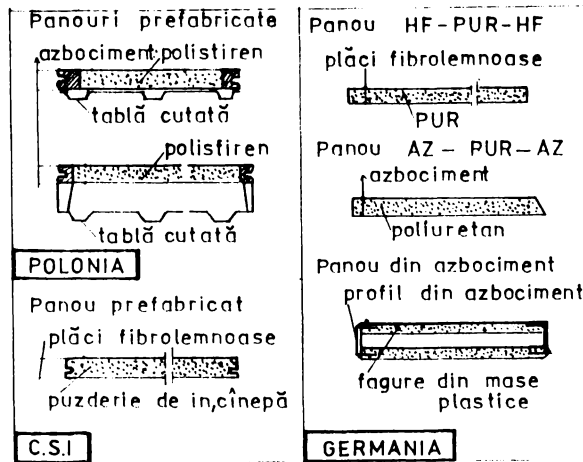
**Fig. 2.46 ELEMENTE PENTRU PERETI CU FETE DIN FOI DE TABLA DE ALUMINIU**



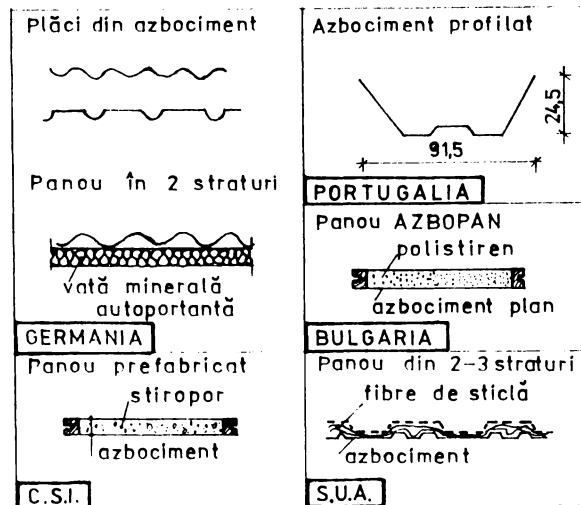
**Fig. 2.47 ELEMENTE PENTRU PERETI SI VITRAJE CU PLAICI DIN MASE PLASTICE**



**Fig. 2.48 ELEMENTE PENTRU PERETI CU FETE DIN MASE PLASTICE**



**Fig.2.49 ELEMENTE PENTRU PERETI CU PETE DIN LEMN; AZBOCIMENT PLAN**



**Fig.2.50 ELEMENTE PENTRU PERETI CU PETE DIN PLACI DE AZBOCIMENT ONDULAT**

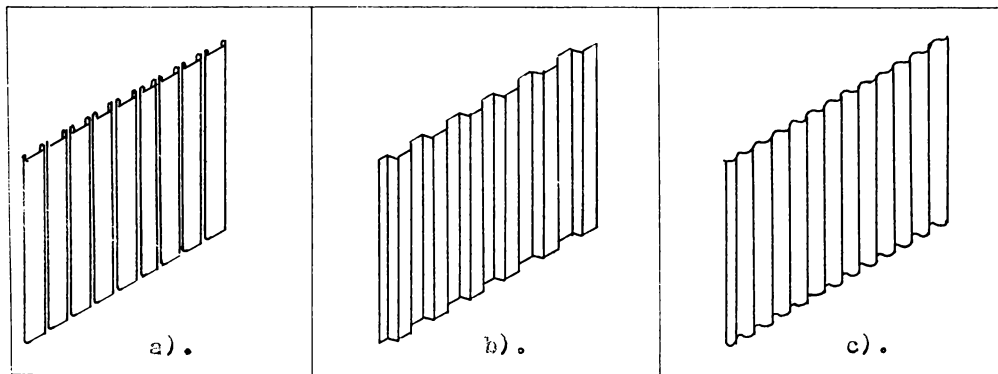


Fig.2.51 TIPURI DE ELEMENTE DE PLACARE.

a). doage; b). tablă cutată; c). tablă ondulată.

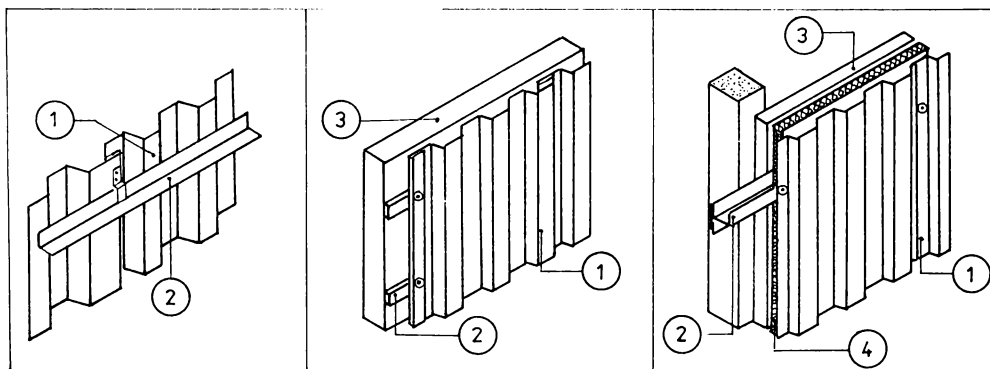


Fig.2.52 PERETI CU PLACARE PE O SINGURA FATA.

1- tablă cutată; 2- structură metalică; 3- perete;  
4- panou termoizolant.

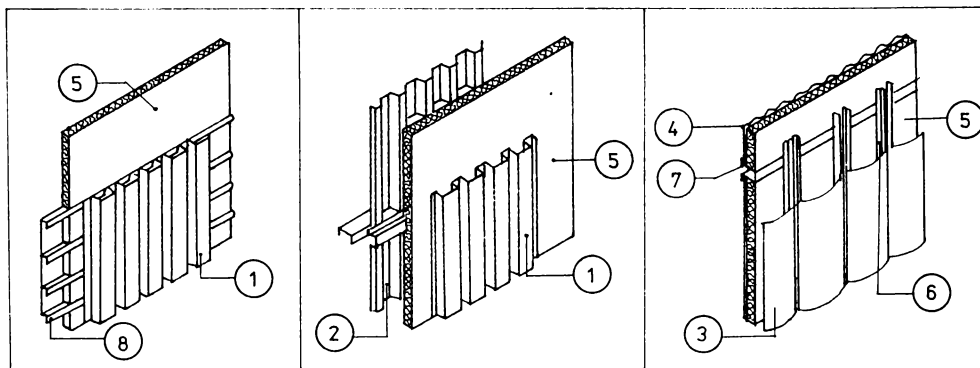


Fig.2.53 PERETE PLACAT PE AMBELE FETE.

1- tablă cutată externă; 2- tablă cutată zincată internă;  
3- doage din aluminiu; 4- tablă internă ondulată; 5- panou  
termoizolant; 6- structură din profile de aluminiu; 7- pro-  
fil ornamental de susținere; 8- doage interne zincate.

#### 2.4.2 Elemente de închidere pentru construcții agricole.

În alte țări pentru închiderea construcțiilor agricole se folosesc elemente prefabricate uzinate astfel încât să se poată monta și transforma ușor:

- panouri prefabricate neportante din beton armat folosite în CSI, Bulgaria și Iugoslavia (fig.2.54);

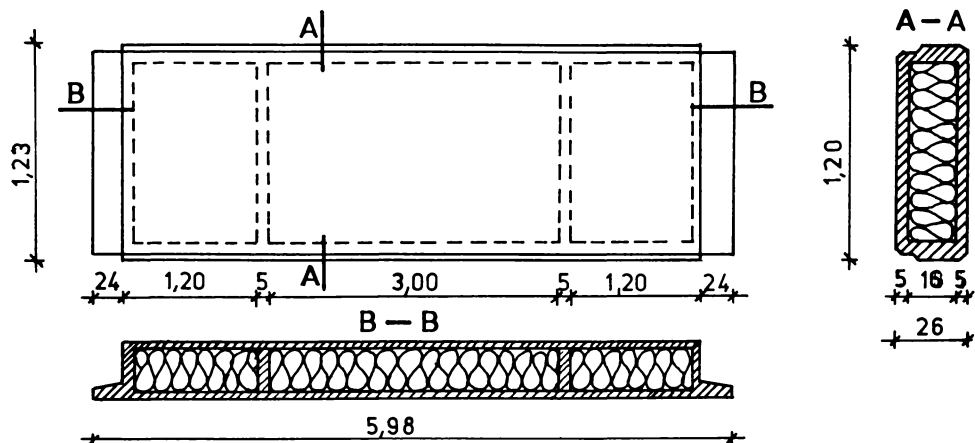


Fig.2.54 Panou prefabricat neportant.

- pereți din panouri de lemn sau înlocuitori de lemn (fig. 2.35), folosite în SUA și Germania, care se realizează fixe, mobili sau demontabili, din plăci aglomerate din lemn (PAL) sau din plăci din fibre de lemn;

- panouri pentru închideri folosite în Ungaria, la saivane (fig.2.55 a), la pereții adăposturilor încălzite pentru suine și avicole (fig.2.55 b), respectiv panouri "PRE - M - IZOL" pentru hale avicole (fig.2.55 c);

- soluții pentru închideri folosite în Franța (fig.2.56);

- panouri din plăci de "MASONITA" folosite în Suedia (fig.2.57);

- panou sandwich încastrate în teren folosite în SUA - statul ILLINOIS (2.58).

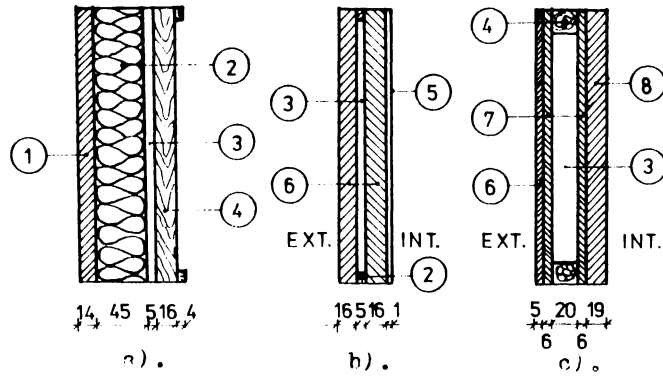


Fig.2.55 PANOURI PENTRU INCHIDERI DIN UNGARIA

a).la saivane;b).adăposturi suine;c).hale avicole;  
 1-PFL dur;2-vată minerală;3-strat de ser;4-ramă de  
 lemn;5-folie de aluminiu;6-PAL;7-azbociment plan;  
 8-placă ondulată din deseuri de in.

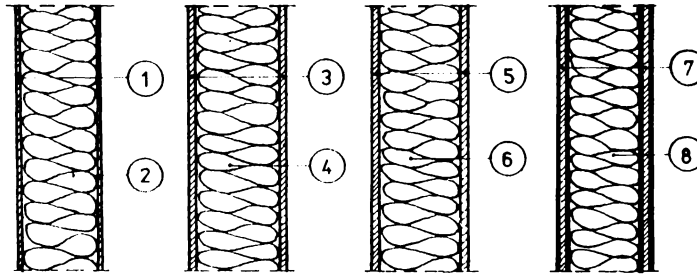


Fig.2.56 SOLUȚII PENTRU INCHIDERI FOLOSITE IN FRANTA

1-oțel galvanizat;2-vată de sticlă;3-oțel emailat;4-  
 spumă poliuretanică;5-aluminiu plan;6-vată (de sticlă)  
 minerală;7-azbociment;8-polistiren expandat.

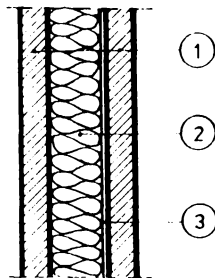


Fig.2.57 PANOURI DE  
 LA CUIȚA  
 (JURȚIA)  
 1-placă magonită;2-  
 poliuretan; 3-aluminiu.

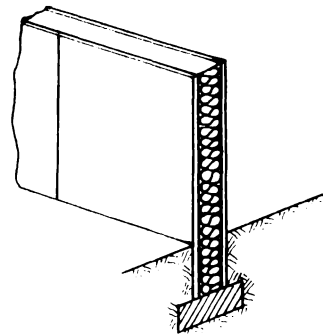


Fig.2.58 PANOU SANIVICH  
 INCASTRAT DIRECT  
 IN TEREN (C.I.A)

## 2.5 Concluzii și orientări actuale privind elementele de închidere.

Din analiza soluțiilor prezentate în paragrafele 2.2, 2.3 și 2.4, se poate concluziona că datorită dezvoltării în ritm accentuat a construcțiilor industriale și agricole, optimizarea soluțiilor de închidere ocupă un loc important în rezolvarea integrală a acestor construcții. Se constată tendința generală către construcțiile ușor realizabile din elemente prefabricate, care corespund unor multiple cerințe de rezistență, termice, durabilitate și întreținere ușoară.

Materialele ale căror proprietăți corespund majorității condițiilor sînt :betoanele ușoare cu protecție împotriva umidității azbocimentul, produse de mase plastice armate cu fibre de sticlă, combinate cu polistiren expandat, pîslă minerală rigidă, poliuretani, folii metalice.

Tările care dispun de cantități mari de lemn și metal utilizează cu preferință aceste materiale de construcții, de dimensiuni reduse (scînduri, dulapi), tratate și impregnate, respectiv placarea lor cu foi subțiri de aluminiu.

În majoritatea cazurilor se tinde spre aplicarea elementelor care se montează rapid, fără a necesita specializarea muncitorilor.

Comparînd elementele de închidere existente în România cu cele folosite pe plan mondial se pot trage următoarele concluzii /90/, /147/, /156/ :

- în România sînt proiectate aproape toate tipurile de elemente utilizate în străinătate;

- diferența importantă între elementele folosite la noi și cele folosite pe plan mondial constă în indicele de utilizare al acestora, astfel, panourile ROMPAN, competitive cu cele mai bune soluții externe, se utilizează extrem de rar;

- economia României, nu a permis pînă în prezent realizarea unor elemente de închidere ce utilizează tablă de aluminiu, foi din PAS, poliuretan expandat, fapt care a condus la rămînerea în urmă a țării noastre în acest domeniu;

- datorită situației economice și energetice, în România s-au



dezvoltat panourile grele,utilizatoare de beton armat pentru straturile externe și de materiale termoizolatoare diferite,dar mai ales cele recuperate din industrie;

- pe plan mondial aceste tipuri de elemente /197//,198//, /199/ fig.2.44 sînt folosite în CSI,Bulgaria,Iugoslavia-dar cu o arie restrînsă.

Avînd în vedere concluziile de mai sus,precum și situația economică actuală din România se impun următoarele direcții de dezvoltare cu privire la elementele de închidere /90//,147//, /156/ :

- a). Studii privind minimizarea procentului de punți termice;
- b). Studii privind elemente de închidere fără punți termice;
- c). Descoperirea și aplicarea de noi materiale termoizolatoare ce înglobează deșeuri,materiale recuperate,avînd energie înglobată redusă;
- d). Soluții ce înglobează un consum de energie cît mai redus;
- e). Dezvoltarea betoanelor spumate de izolație,izolație și rezistență.

De asemenea,se impune reluarea studiilor și cercetărilor privind materialele plastice,spumele poliuretanicе,elementele tip sandwich cu fețe din PAS,tablă de aluminiu sau tablă de oțel /147/.

Lucrarea de față se încadrează în direcțiile de dezvoltare prezentate mai sus și propune noi elemente de închidere pentru construcții industriale și agricole,fără punți termice sau cu suprafață minimă de punți,ce utilizează drept material beton ușor spumat (BUS) în combinație cu betonul ușor de granulat (BG) cu cenușă de termocentrală și spumant.

### 3. STUDII SI CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND AGREGATELE SI ADITIVII UTILIZATI LA PREPARAREA BETOANELOR USOARE

#### 3.1 Agregate folosite la prepararea betoanelor ușoare.

Agregatele folosite la prepararea betoanelor ușoare sînt agregate grele obișnuite (în cazul betoanelor macroporoase) și agregate ușoare poroase. Agregatele ușoare pot fi de natură anorganică (minerale) și de natură organică, naturale (cele vegetale) și artificiale (cele din polimeri organici). La prepararea betoanelor ușoare cel mai mult se folosesc agregatele minerale ușoare, care se clasifică după STAS 2386/1980 în :

- agregate naturale (diatomit, tufuri vulcanice, scorii bazaltice etc.);

- agregate artificiale, sînt produse secundare industriale, (zgurile de cazan, steril ars din exploatările de cărbuni, deșeurile ceramice etc.), sau produse fabricate în mod special, (argila expandată, zgura de furnal expandată, perlitul expandat etc.).

Clasificarea agregatelor artificiale se face de regulă în funcție de natura și densitatea acestora și uneori în funcție de tipul de betoane în care sînt încorporate. În tabelul 3.1 se prezintă clasificarea agregatelor ușoare și încadrarea lor în clase,

Tabelul 3.1

Clasa	Subclasa	Densitatea (kg/m <sup>3</sup> )	Tipuri de agregate
A 1	A 1a	< 200	perlit expandat;
	A 1b	201 - 350	perlit expandat, granulit;
A 2	A 2a	351 - 500	granulit, diatomit;
	A 2b	501 - 600	granulit, zgură expandată;
A 3	A 3a	601 - 750	granulit, zgură expandată, agloporit;
	A 3b	751 - 900	granulit, zgură expandată, scorie bazaltică, zgură de cazan;
A 4	A 4	901 - 1200	scorie bazaltică, tuf dacitic steril ars, spărturi ceramice.

după densitatea în grămadă în stare afînată a materialului

uscat /239/.

### 3.1.1 Agregate naturale ușoare.

Agregatele naturale ușoare sînt în cele mai multe cazuri de origine vulcanică fiind formate prin răcirea bruscă a rocilor în fuziune sau prin cristalizarea magmei vulcanice răcită lent, avînd conținut mare de pori.

Calitățile acestor materiale depinde de natura materialului de bază și forma, respectiv repartiția porilor.

Agregatele naturale după proveniență se clasifică în agregate de origine sedimentară și agregate de origine vulcanică. În continuare sînt prezentate o serie de roci naturale ușoare care pot fi utilizate ca agregate pentru betoane ușoare.

#### a). Agregate de origine sedimentară.

Diatomitul este o rocă sedimentară organică silicoasă, alcătuită în cea mai mare parte din resturi de diatomee, poroasă și friabilă. Agregatele ușoare din diatomit au o densitate aparentă în grămadă, în stare uscată și afînată, determinată pe sortul 7...16 mm, de 500...550 kg/m<sup>3</sup>, un volum de goluri de 40...50 % și o absorbție de apă de 35...45 %.

Calcarele spongioase sau tufurile calcaroase sînt rezultatul separării CaCO<sub>3</sub> din apele subterane reci sau calde. Porozitatea și rezistențele acestora variază de la zăcămint la zăcămint. În Banat zăcămintele de tuf calcaros se găsesc la Maidan, Ciudanovița, Ilidia, Anina etc..

Calcarele cochilifere (la Sebiș Arad) sînt formate prin cimentarea cu carbonat de calciu sau calciu-magneziu a resturilor de scoici.

Tabelul 3.2

Denumire	Greutate specifică aparentă (kg/m <sup>3</sup> )	Rezistența la compresiune R <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
Tuf calcaros de la Maidan.	1280	38,2
	1030	16,3
	1620	120,7
Calcar cochilifer de la Sebiș.	1720	58,0
	1910	115,0

Calcarele spongioase și cochilifere au greutate specifică aparente și rezistențe foarte diferite, prezentate în tabelul 3.2 /113/. Utilizarea acestor agregate este destul de rară.

**b). Agregate de origine vulcanică.**

**Piatra ponce.** Agregatul are o densitate în grămadă în stare afînată și uscată cuprinsă între 500...800 kg/m<sup>3</sup> și se prezintă sub forma unor granule rotunjite avînd un diametru de 10...20 mm. Este o rocă friabilă care are rezistențe reduse (3...15 N/mm<sup>2</sup>).

**Tuful vulcanic** este o rocă de natură vulcanică avînd un conținut ridicat de bioxid de calciu (70 %), fiind caracterizat printr-o cantitate mare de cristale cu forme angulare așchioase sau aciculare. Din tuful vulcanic se pot realiza agregate naturale ușoare cu densitate în grămadă în stare afînată și uscată de cel mult 900 kg/m<sup>3</sup>, pentru sortul 7...16 mm, cu o absorbție de 20...50% și un volum de goluri de maxim 55 %. În țara noastră se găsesc foarte multe zăcăminte la Băița (Deva) și la Aciuța (Arad). În tabelul 3.3 se prezintă caracteristicile tufului dacitic Băița (Deva) și andezic Aciuța (Arad) /113/.

**Tabelul 3.3**

Denumire	Greutate spec. aparentă (kg/m <sup>3</sup> )	Rezistența la compresiune R <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Absorbția apei % în greutate
Tuf dacitic Băița (Deva).	1560 1590	580 620	19,0 - 28,5 %
Tuf andezitic Aciuța (Arad)	1550 1490	58 67	21,0 - 24,2 %

**Scoria bazaltică** este o rocă silico-aluminoasă provenită din cristalizarea magmei vulcanice avînd o densitate de 700...850 kg/m<sup>3</sup> pentru sortul 7...16 mm.

**3.1.2 Agregate artificiale ușoare.**

Agregatele artificiale ușoare sînt definite de STAS 2386-80 ca fiind agregatele care au o densitate în grămadă în stare afînată și uscată de cel mult 1200 kg/m<sup>3</sup> și care sînt întrebunțate pentru prepararea mortarelor și betoanelor de izolație termică, betoanelor de izolație și rezistență, betoanelor de rezistență,

precum și ca agregate neaglomerate în straturile de izolație termică. Pentru realizarea lor industrială se folosesc în principal două procedee tehnologice:

- concasarea și sortarea unor produse secundare industriale ca zgurile de focare de cazan, sterilurile arse din exploatările de cărbuni, deșeurile ceramice;

- fabricarea unor agregate cu caracteristici tehnice constante, monogranulare sau poligranulare prin procedee industriale, de obicei termice, utilizând ca materii prime unele roci naturale expandabile ca argila, perlitul, vermiculitul, sau unele produse secundare industriale ca zgura metalurgică, cenușa, sterilurile și șlamurile carboniferice.

### 3.1.2.1 Agregate ușoare din produse secundare.

Zgura de focare de cazane poate constitui un agregat pentru unele betoane de marcă inferioară cu condiția să nu aibă conținut ridicat de cărbune. Se evacuează în halde pe cale umedă cu cenușa captată uscat.

Steril ars de la exploatările carbonifere. Acest agregat se poate folosi la betoane de mărci inferioare, care sînt sensibile la îngheț și prezintă pericol de coroziune datorită prezenței posibile a sulfatilor.

Deșeurile ceramice provenite din spărturile de cărămizi, țigle și produse ceramice, după concasare, sînt folosite ca agregate la fabricarea blocurilor de zidărie din beton sau a unor elemente prefabricate pentru pereți despărțitori.

### 3.1.2.2 Agregate ușoare produse industrial.

Aceste agregate sînt cele mai utilizate la prepararea betoanelor datorită caracteristicilor lor fizico-mecanice controlabile și constante pentru un anumit sortiment. Există o mare varietate de tipuri și sortimente de agregate ușoare artificiale care diferă prin roca din care provine și tehnologia de fabricație. La ora actuală cele mai răspîndite sînt agregatele provenite din argile expandabile avînd următoarele denumiri: granulit-română, keramzit-

rusă, expanded clay-engleză, argile expanse-franceză, Blähton-germană, gullet -suedeză; în literatură se utilizează și denumiri comerciale ca Leca (Franța), Lytag (Anglia), Isol (Belgia), Korlin (Olanda) etc..

**Agregatele ușoare de tip granulit.** Granulitul este constituit din granule de formă rotunjită vitrificate la suprafață și poroase în structură, fiind obținute prin expandarea în cuptoare rotative la o temperatură 1100...1200 °C a unor argile ușor fuzibile.

Granulitul se utilizează la prepararea betoanelor ușoare pentru izolații termice, izolații termice și rezistență, elemente de rezistență; de asemenea se folosește ca strat de izolație termică la poduri și terase.

Granulitul se livrează în vrac pe sorturi, pe clase și sub-clase, prezentat în tabelul 3.4.

**Tabelul 3.4**

Clase și subclase	Densitatea aparentă în stare afinită și uscată, kg/m <sup>3</sup> max.			Observații
	Sort 0-7	Sort 7-16	Sort 16-31	
A 1b	-	350	300	-
A 2a	600	500	400	
A 2b	700	600	500	
A 3a	850	750	650	Conform STAS 7343 - 83
A 3b	1050	900	800	

Conform STAS 7343-83 rezistența la strivire trebuie să fie minimum : 3,5 N/mm<sup>2</sup> pentru clasa A 3a și 4 N/mm<sup>2</sup> pentru clasa A 3b.

**Agregate ușoare din zgură expandată** se obțin prin răcirea bruscă în cuve sub jeturi puternice de apă a zgurii de furnal care expandează. Agregatele din zgură expandată se obțin prin concasarea și sortarea zgurii expandate, granulele având o structură alveolară. Aceste agregate se livrează în sorturi 0...7 mm, 7,1...16 mm și 16...31 mm și în trei clase, după densitatea în grămadă în stare uscată: sub 600 kg/m<sup>3</sup>, între 600...900 kg/m<sup>3</sup>, între 900...1200 kg/m<sup>3</sup>.

Betoanele cu zgură expandată au densități medii de 2000

$\text{kg/m}^3$ , la mărci variind între 15 și 25  $\text{N/mm}^2$ , fiind folosite la realizarea blocurilor mici pentru zidărie și la panouri mari pentru clădirile de locuit.

**Agregate ușoare din zgură granulată** se obțin prin răcirea bruscă a zgurei topite de furnal cu o cantitate de apă în exces, ceea ce are ca urmare sfărâmarea ei în granule fine de 0...3mm. Porozitatea granulelor este foarte fină, uneori putând să lipsească complet. Greutatea specifică aparentă este cuprinsă între 500..1200  $\text{kg/m}^3$ , ceea ce face posibilă utilizarea ei pentru confecționarea mortarelor ușoare sau pentru înlocuirea agregatului fin în betoanele ușoare.

**Agregate ușoare din perlit expandat.**

Perlitul expandat este un agregat ușor, artificial cu granulație fină, friabil, cu structură celulară, de culoare alb-cenușie, obținut prin tratarea termică a rocii de perlit prelucrată în prealabil. Este un material foarte poros și se realizează în două sortimente, funcție de densitatea aparentă în stare uscată: perlit expandat de buncăr cu  $\rho_a = 100...200 \text{ kg/m}^3$  și mărimea granulelor de 0...2 mm și perlit expandat de ciclon cu  $\rho_a < 100 \text{ kg/m}^3$  și mărimea granulelor de 0...1 mm.

Perlitul se utilizează la realizarea unor mortare și betoane izolatoare turnate la fața locului sau sub formă de elemente prefabricate cu diverși lianți.

**Agregate de tip agloporit.** Agloporitul este un agregat artificial realizat prin procedeul sinterizării la o temperatură de 900...1100 °C a unui amestec omogenizat și granulat de cenușă de termocentrală (75...80 %), steril de flotație (10...12 %) și argilă (10...15 %).

Agloporitul se livrează în următoarele sorturi: 0...7 mm, 7...16 mm, 16...31 mm, avînd densitatea în stare afînată și uscată max. 850  $\text{kg/m}^3$ , max. 750  $\text{kg/m}^3$ , respectiv 650  $\text{kg/m}^3$ , corespunzător sorturilor.

Agloporitul poate fi utilizat la realizarea betoanelor de izolație și rezistență, precum și cele de rezistență.

### 3.2 Cenușa de termocentrală produs rezidual cu aplicabilitate în construcții.

#### 3.2.1 Probleme generale privind cenușa de termocentrală.

Din arderea cărbunilor, cenușa rezultată este antrenată cu gaze de ardere, fiind captată printr-un sistem ca în fig.3.1. Se

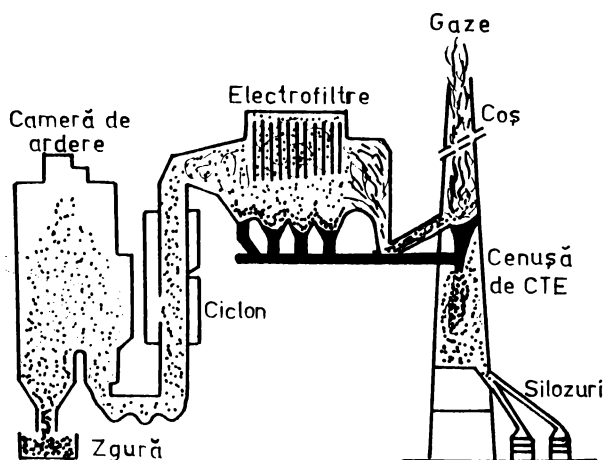


Fig.3.1

constată că fracțiunile grosiere (max.20%) se depun în partea inferioară a cazanului de ardere, care pot fi aglomerate prin topiri parțiale sub formă de zgură de dimensiuni între 3 și 100 mm, constituind cenușa de vatră, respectiv zgura de focar. Partea fină este antrenată cu gazele, depunându-se în cicloane (separatoare me-

canice). Frațiunea cea mai fină, reținută prin electrofiltre sau mecanofiltre, constituie cenușa zburătoare și care se poate utiliza ca adaosuri în cimenturi și betoane. Cenușa de vatră se elimină pe cale umedă formând halde. Aceste rezidii (zgură, cenușă) ocupă spații mari de depozitare și antrenează cheltuieli mari de evacuare /119/, /165/, /176/.

La noi, din arderea cărbunilor în termocentrale rezultă anual în medie,  $3,2 \times 10^6$  tone cenușă uscată de electrofiltru și  $30 \times 10^6$  tone cenușă umedă de haldă /147/. În prezent sînt instalații de captare a cenușii pe cale uscată pentru 1280 mii tone/an, prezentate în tabelul 3.5. În tabelul 3.6 sînt prezentate termocentralele care nu au instalații de captare a cenușii pe cale uscată datorită lipsei beneficiarilor care să o utilizeze /147/.

În perioada 1986-1993 în România s-au folosit  $3,518 \times 10^6$  tone de cenușă de termocentrală (tabelul 3.7) pentru: -pancuri mari; -produse din BCA; -blocuri de zidărie cu agregate ușoare; -dale



pentru irigații, amenajări piscicole, diguri; -prepararea betoanelor

Tabelul 3.5

- mii tone -

Nr. crt.	Denumirea termocentralei și localitatea	Total cenusă produsă pe an	din care :	
			cenusă de electro-filtru	cenusă evacuată în stare umedă
1.	CTE Năvodari: - 3 halde - comuna Rogojelul	4830	400	4430
2.	CTE Isalnită - 2 halde	2800	220	2580
3.	CTE Deva - 2 halde - Mintia	2500	300	2200
4.	CTE Borzesti II - 1 haldă	1200	70	1130
5.	CTE Doicești - 5 halde - Tîrgoviște	940	260	680
6.	CTE Comănești	115	30	85
T O T A L		12385	1280	11105

Tabelul 3.6

- mii tone -

Nr. crt.	Denumirea termocentralei	Cantitate de cenusă/an	din care în stare :	
			uscată	umedă
1.	CTE Turceni	5000	500	4500
2.	CTE Govora	1650	150	1500
3.	CTE Craiova II	1100	100	1000
4.	CTE Timisoara	1100	100	1000
5.	CTE Oradea Vest	1050	100	950
6.	CTE Suceava	990	100	890
7.	CTE Iași	990	100	890
8.	CTE Giurgiu	900	90	810
9.	CTE Arad	900	90	810
10.	CTE Bacău	900	90	810
11.	CTE Pitești Sud	900	90	810
12.	CTE Tîrgu Jiu	800	80	720
13.	CTE Turnu Severin	700	70	630
14.	CTE Oradea Est	700	70	630
15.	CTE Brașov	700	70	630
16.	CTE Slatina	600	60	540
17.	CTE Pârșeni	500	50	450
18.	CTE Zalău	450	45	405
19.	CTE Calafat	275	25	250
20.	CTE Vaslui	130	15	115
21.	CTE Barza	20	5	15
T O T A L		20355	2000	18355

și mortarelor;-înlocuitor parte fină în betoane;-înlocuirea parțială a cimentului etc./63//71//109//119//141//142//147//161//162//164//169//173//174//175/.

- mii tone - Tabelul 3.7

Forma de valorificare.	Total 1986-1993	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Diverse utilizări	3518	67,6	716,4	741,0	635	603	370	220	165

Folosirea cenușilor de termocentrală a fost posibilă datorită cercetărilor efectuate în următoarele direcții /147/:

- elaborarea de metode rapide de determinare a calității cenușii de termocentrală;
- stabilirea unei metode chimice de determinare rapidă a indicelui de activitate a cenușii de termocentrală;
- determinarea comportării la acțiuni climatice de durată a betoanelor de izolație și de rezistență pentru elemente de închidere realizate cu diferite agregate ușoare și cenușă de termocentrală;
- determinarea radioactivității cenușii de termocentrală;
- stabilirea modului de utilizare a cenușii de termocentrală ca adaos la prepararea betoanelor;
- folosirea elementelor prefabricate din beton armat cu adaos de cenușă de termocentrală;
- stabilirea tipurilor și caracteristicilor de aditivi antrenori de aer și plastifianți necesari la prepararea betoanelor simple și armate cu adaos de cenușă pentru corectarea pH-ului, asigurarea stării de pasivitate pentru armături etc.;
- realizarea de noi soluții tehnologice pentru îmbunătățirea confortului termic al clădirilor de locuit și social culturale prin folosirea betoanelor ușoare de granulat sau a betoanelor ce utilizează cenușă de termocentrală;
- realizarea de betone ușoare spumate cu cenușă de termocentrală etc..

Preocupări și realizări în utilizarea cenușilor de termocentrală au atît cercetătorii din România cît și din străinătate.

Din realizările din România se pot menționa următoarele :

- la IP Iași- utilizarea betonului spumat cu cenușă de termocentrală de Holboca (BSCT) la realizarea elementelor de închidere tip sandviș /71//,72//,145//,146//,147//;

- la ICCPDC Filiala Cluj-Napoca- betoane ușoare cu cenușă de termocentrală și spumant /257//,258//;

- la ICCPDC Filiala Timișoara beton ușor celular tip CETON /172//,173//,174//,256//;

- UT Timișoara beton ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență/28//,60//,62//,63//,82//,83//.

Din realizările autorilor străini menționăm cele prezentate în literatură :

- Lewicki Bohdan caracteristicile betoanelor ușoare cu cenușă /103//;

- Monfort Alfredo Herera un nou material de construcție ce utilizează cenușa de termocentrală /119//;

- Rudnai György beton ușor /142//;

- Karys J., Czaja J. noi tipuri de betoane ușoare cu cenușă de termocentrală /97//;

- \* \* \* - un nou beton celular din cenușă de termocentrală care nu necesită autoclavizare /190//;

- \* \* \* - utilizări ale cenușii de termocentrală /191//;

- \* \* \* - utilizarea cenușilor de la centrale termoelectrice ca agregate pentru betoane /192//.

Cele prezentate subliniază importanța acordată folosirii în construcții a cenușei de termocentrală, avînd energie înglobată redusă și un preț de cost mic.

### 3.2.2 Caracteristici chimice și fizice ale cenușilor.

Caracteristicile chimice și fizice ale cenușilor de termocentrală variază în limite largi în funcție de proveniența și geneza cărbunilor.

Prin cercetarea unui număr mare de zăcămintele de cărbuni din diferite zone geografice și de diferite vîrste geologice reiese că, din substanțele minerale asociate cărbunilor 95 % sînt minerale de natură marnoasă /137//.

Marnele prezintă minerale de tipul aluminosilicaților hidra-

tați (mică potasică, minerale argiloase de tip illitic, caolinitic, montmorillonitic, care sînt cimentate cu carbonați de calciu în asociere cu substanțe organice.

Mineralele subordonate surselor de cărbuni sînt: sulfuri de fier, carbonați de tip ancheritic, dolomitul, sideritul și calcitul etc./175/.

Alte minerale asociate cărbunilor sînt : cuarțul, feldspatii, biotitul, hematitul, diferite sulfați etc ./175/.

În afară de compușii minerali necărbunoși menționați mai înainte, în cărbuni se mai găsesc o serie de elemente, în cantități foarte mici, denumite "elemente de urmă" /125/, /175/. Dintre acestea cele mai frecvent întîlnite în masa cărbunoasă sînt: germaniu, vanadiu, stronțiu, scandiu, cobalt, beriliu, staniu, zinc, bismut, mangan, nichel, cupru, argint, crom, molibden, arsen, uraniu și altele /79/.

Substanțele de natură minerală, care generează cea mai mare cantitate de cenușă, s-au format în masa cărbunoasă în mod divers /175/ :

- particule fine de substanțe argiloase și de cuarț au fost aduse de vînt, ape, etc., în perioada de acumulare a materialului vegetal ce formează zăcămintele de turbă;

- intercalațiile lentiliforme de substanțe argiloase în straturile de cărbune au fost depuse prin sedimentare în timpul acumulării substanței vegetale sau în timpul carbonizării;

- fragmente de roci și formațiuni minerale în zonele fisurate ale straturile de cărbuni avînd o origine secundară și reprezintă mineralizarea fisurilor și dioclazelor de cărbuni de către apele de infiltrație pe timp îndelungat;

- adaosuri întîmplătoare de fragmente de roci adiacente cărbunilor, provenite în masa acestora pe timpul exploatării zăcămintelor.

Mineralele care generează cenușa variază în funcție de zăcămint preponderent cantitativ decît calitativ.

Conținutul de cenușă este uneori inferior conținutului în cărbune datorită fenomenelor de levigare-carbonatare care diminuează marnele solubile. Conținutul în cenușă poate crește procentual în masa cărbunilor, pe măsura maturizării acestora în timp geo-

logic, chiar fără aport străin de substanțe minerale /175/.

Din cele prezentate de mai sus reiese că, cărbunele nu conține mai mult de 5...6 minerale, 1 sau 2 argile, pirită, cuarț, carbonat de calciu, de fier, de magneziu amestecate.

Datorită proceselor care au loc în structura cărbunilor la ardere, compoziția chimico - mineralogică a cărbunilor diferă de cea a cenușilor /176/.

În general, se consideră că există diferențe între cenuși în general, cenuși de vatră și cenuși zburătoare. Studiile efectuate asupra cenușilor au scos în evidență că densitatea, granulometria și analizele chimice sînt diferite pentru cenușile care sînt de la centrale diferite și au la bază surse de cărbune diferite.

În timpul arderii, cenușile zburătoare stau puțin timp în camera de ardere, acest timp este insuficient pentru ca să se producă condițiile de stabilitate, și de aceea compoziția chimică a cenușilor zburătoare nu depinde în final de compoziția cărbunelui /119/.

Multe cenuși zburătoare se bazează pe resturile sub formă solidă, urmare a topirii mineralelor la temperatura camerei și ambiantei gazoase. Particulele care ating punctul de topire devin sticloase după care se solidifică fără nici o compoziție. Mineralele asociate cu cărbunele pe timpul arderii se lichefiază, alte componente din compoziția alcalină se evaporă, carbonații se descompun și piritele se oxidează. Aglomerarea particulelor este mică datorită contactului fizic insuficient care are loc în camera de ardere și sînt evacuate prin coș în proporție de 75...85 %. Aceste particule evacuate, examinate la microscop se prezintă ca mici cristale de siliciu topite, oxid de fier sau de siliciu, împreună cu substanțe nearse, fragmente minerale și bule de gaz de ardere /119/.

În general, cenușile au în compoziția de bază următoarele: siliciu ( $\text{SiO}_2$ ), aluminiu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), oxid de fier ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), oxid de calciu ( $\text{CaO}$ ) și carbon (C) și într-o proporție de sub 5 % : magneziu ( $\text{MgO}$ ), oxid de sulf ( $\text{SO}_3$ ), alcalii ( $\text{Na}_2\text{O}$  și  $\text{K}_2\text{O}$ ) și alte componente, numite "elemente de urmă" în cantități foarte reduse. Cînd arderea se efectuează în condiții bune cantitatea de substanțe ne arse sînt sub 5 %. În cazuri excepționale, aceste cantități

tăți pot atinge 20 %,dar s-a constatat că atunci când acestea depășesc 10 % pot fi dăunătoare pentru siguranța aplicațiilor cenușilor,mai ales atunci când ele sînt amestecate cu cimentul pentru realizarea betonului (tabelul 3.8 și 3.9) /119/.

Tabelul 3.8

C A R A C T E R I S T I C A	Condiții de admisibilitate pentru cenușă		Metode de verificare
	Tip A	Tip B	
- umiditate, % max.	1	1	STAS 3832/2
- reziduu la cernere pe sita cu tesatură de sîrmă 0,2, % max.	v.tab.3.9		
- pierdere la calcinare, % max.	1,5	20	STAS 227/2
- suma oxizilor de siliciu,aluminu și fier, % max.	5	5	STAS 3832/2
- oxid de magneziu, (MgO), % max.	70	70	STAS 3832/2
- trioxid de sulf (SO <sub>3</sub> ), % max.	5	5	STAS 3832/3
- alcalii solubile în apă, % max.	3	3	STAS 3832/4
- oxid de calciu liber, % max.	1	1	STAS 3832/5
- indice de activitate.	2	-	STAS 8819
	conform tabel 3.9	-	STAS 226/5

Cînd cantitatea substanțelor nearse din cenuși depășește 10% se poate folosi la fabricarea produselor similare cărămizilor sau la realizarea agregatelor,astfel cărbunele furnizînd o mică parte din combustibilul necesar procesului de ardere /119/.

Tabelul 3.9

TERMOCENTRALA	Condiții de admisibilitate după metoda :		
	Pe epruvete de mortar	Pe probe de cenușă	
	Indice de activitate I <sub>A</sub> <sup>24</sup> , min.	Continut de parte vitro- asă, % min.	Rest pe sita 02,max.
Mintia	0,65	65,5	10
Ișalnița		75,0	10
Rovinări		77,0	1
Borzești		73,5	4
Doicești		75,0	4
Giurgiu		75,0	8
Anina		75,0	6

In tabelul 3.10 se prezintă compoziția chimică a cenușilor zburătoare din cîteva țări /119/.

Compoziția chimică a cenușilor de la CET Mintia,Isălnița, Oradea și Holboca-Iași sînt prezentate în tabelul 3.11.

Se constată, în general, încadrarea cenușei de Oradea între cenușa de Mintia și Ișalnița.

Alte caracteristici ale cenușilor sînt prezentate în tabelul 3.12 /147//,194//,244//,245//,254/.

Tabelul 3.10

Proveniența cenușei	C o m p o z i ț i a c h i m i c ă %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	PC
Anglia	43,2	27,0	10,4	3,1	1,2	1,9	4,0	0,9	4,1
Spania	44,3	27,2	13,4	4,8	1,6	1,5	1,9	-	4,2
Franta	49,0	31,0	7,0	2,5	0,5	1,8	4,8	-	3,4
Polonia	50,0	23,0	11,6	7,0	1,9	3,3	2,0	-	1,1
S.U.A	36,0	24,0	16,0	5,5	2,1	1,3	-	-	10

Asupra cenușilor care se folosesc pentru prepararea betoanelor se fac următoarele determinări:

a). Rezidiul la cernere pe sita cu țesătură de 0,2 mm ,care se face conform metodologiei indicate în STAS 227/2-1986;

Tabelul 3.11

Tipul de cenusă	C o m p o z i ț i a c h i m i c ă %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PC
Mintia	51,0	35,5	10,20	5,00	0,88	1,95	0,96	1,88	1,10
Ișalnița	49,2	22,8	7,82	8,80	1,44	2,41	0,51	1,70	4,40
Oradea	53,2	20,5	8,73	7,94	0,45	2,50	0,62	1,95	0,59
Holboca-Iași	47,4	34,08		6,90	1,38	2,26	-	-	2,00
Limite admise /244/.	min. 70 %			max. 2 %	max. 3 %	max. 5 %	max. 1 %	max. 2,4%	max. 5 %

b). Constanța de volum, efectuată conform STAS 3832/7-85 cu aparatura după STAS 227/3-86 completată cu mojar și sită 009 (STAS 1077-67), prin care se verifică aspectul turtelor; se consideră că cenușa are constanță de volum bună dacă nu apare nici-o crăpătură;

Tabelul 3.12

Cenușa	Umiditate ( % )	Rest pe sita 0,2 ( % )	D e n s i t a t e (kg/m <sup>3</sup> )	
			In stare afinată	In stare indesată
Mintia	0,10 - 0,15	8,25 - 9,0	710 - 833	900 - 1050
Ișalnița	-	8,00 - 11,0	685 - 720	850 - 900
Holboca-Iași	0,42	11,7	650	-
Oradea	0,60	10,0	680 - 770	900 - 1000
Limite admise	max. 1	max. 10	-	-

c). Activitatea puzzolanică efectuată conform STAS 8819/1-88 cu aparatură după STAS 227/6-86, completată cu: placă metalică de

200x170x8 mm; recipient de tratare termică conform STAS 5296-77; con pentru determinarea consistenței după STAS 2634-80.

Cenușa utilizată ca adaos la prepararea betoanelor datorită compoziției chimice are activitate puzzolanică /245/. Activitatea puzzolanică se determină pe epruvete de mortar, pe baza indicelui de activitate ( $I_A^{24}$ ) care reprezintă raportul dintre rezistența la compresiune la vârsta de 24 ore a unui mortar cu adaos de cenușă ( $R_{cen.}^{24}$ ) și cea a unui mortar fără adaos de cenușă, mortar de referință ( $R_{ref.}^{24}$ ).

$$I_A^{24} = \frac{R_{cen.}^{24}}{R_{ref.}^{24}} \quad ( 3.1 )$$

Cenușa are activitate puzzolanică dacă indicele de activitate ( $I_A^{24}$ ) este minim 0,65.

În funcție de activitatea puzzolanică, cenușa se clasifică în:

- tip A cu activitate normată, putînd înlocui parțial cimentul;

- tip B cu activitate subnormată, cînd se poate utiliza în principal ca înlocuitor de parte fină din agregate și ca adaos pentru îmbunătățirea unor caracteristici ale betonului (lucrabilitate, permeabilitate etc.) /206/.

Încercările efectuate asupra cenușilor de Mintia și Oradea au scos în evidență că aceste cenuși se încadrează în cerințele impuse de normativele în vigoare.

Cenușa de Oradea nu arată fenomene de inconstanță conform STAS 3832/7-85 cu privire la constanța de volum, iar indicele de activitate  $I_A^{24} = 0,57$  (media) < 0,65.

Din cele prezentate se constată următoarele :

1). Compoziția chimică a cenușilor de Mintia și Oradea se încadrează în limitele admise de STAS 3832/2,3,4,5-85, STAS 226/5-83 și STAS 8819-88;

2). Rezidiul la cernere este sub limita impusă de STAS 227/2-86;

3). Umiditatea maximă este sub 1 % conform STAS 3832/2-85;

4). Indicele de activitate pentru cenușa de Oradea este de 0,57.



Din cercetările efectuate asupra cenușilor de Mintia și Oradea rezultă că acestea se încadrează în limitele normelor existente la ora actuală, deci pot fi folosite ca agregate la prepararea betoanelor.

### 3.2.3 Activitatea nucleară a cenușilor de termocentrală.

Datorită compoziției chimice, materialele au o anumită activitate nucleară, care se determină în spectru gama ( $\Gamma$ ).

Faptul că radiațiile gama sînt periculoase pentru viața omului, nivelul intensității radiațiilor sînt urmărite prin grupe de experți la I.A.E.N. Viena.

Pentru materialele de construcții, se urmărește activitatea nucleară specifică pentru  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  și  $^{232}\text{Th}$ , unitatea de măsură în sistemul internațional fiind Bq/kg.

Pentru determinarea activității nucleare specifice a cenușilor de termocentrală de la CTE Mintia și Oradea s-a folosit un spectrometru nuclear avînd multe canale, măsurătorile fiind făcute în geometria de măsură Marinelli, culegerea și prelucrarea datelor făcîndu-se automat cu ajutorul unui calculator.

În fig.3.2 se prezintă lanțul de măsurare al activității nucleare a cenușilor de termocentrală :

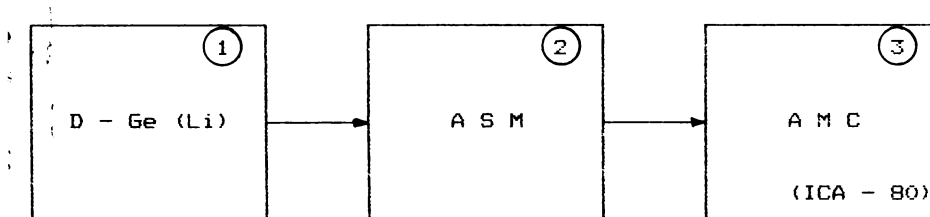


Fig. 3.2 Lanț de măsurare  
1 - detector Ge (Li) cu preamplificator de semnal;  
2 - amplificator spectrometric; 3 - analizor multicanal (ICA - 80) cu prelucrare pe calculator al datelor.

Activitatea nucleară s-a calculat cu relația :

$$A = \frac{R - F}{\epsilon \cdot p \cdot m \cdot t} \quad / \text{ Bq/kg } / \quad (3.2)$$

in care : A este activitatea nucleară (Bq/kg);  
 R - numărul de impulsuri (cuante) măsurate pe probă;  
 F - numărul de impulsuri ale fondului natural și  
 teoretic;  
 ε - probabilitatea factorilor gama;  
 p - participarea în % a elementelor radioactive gama;  
 m - masa probei (kg);  
 t - timpul de măsurare.

Eroarea de măsurare s-a calculat cu relația :

$$\epsilon_A = \frac{\sigma_R}{A} \quad ( 3.3 )$$

$$\text{incare: } \sigma_R = \frac{\sqrt{NR - F}}{\epsilon \cdot p \cdot m \cdot t} \quad ( 3.4 )$$

Rezultatele calculelor sînt prezentate în tabelul 3.13.

In tabelul 3.14 se prezintă, din mai multe țări activitatea nucleară specifică a cîtorva materiale de construcție.

**OBSERVAȚIE :** La noi în țară nu există normative care să indice nivelul limită a radioactivității naturale ale materialelor de construcții.

$A_{Ra}$  echivalent în tabelul 3.14 s-a calculat cu relația :

$$A_{Ra}^{ech.} = A_{Ra} + 1,26 A_{Th} + 0,086 A_K \quad ( 3.5 )$$

După /99/ și /168/ activitatea nucleară a materialelor de construcții în  $A_{Ra}$  echivalent se împarte în cinci grupe, funcție de care acestea se pot folosi la construcții (tabelul 3.15).

Limita activității nucleare în  $A_{Ra}^{ech.} = 370 \text{ Bq/kg} = 10 \text{ pCi/g}$  este adoptată de CSI și Ungaria.

Normele din R.P. Chineză prevăd următoarea limită pentru activitatea nucleară externă :

$$A_{Ra} / 200 \leq 1 \quad ( 3.6 )$$

Din cele prezentate se constată următoarele :

1). Activitatea nucleară naturală specifică a cenușilor de termocentrală de la Mintia și Oradea este mai mică cu 32,06 %, respectiv 25,60 % față de activitatea nucleară naturală a cenuși-

lor de termocentrală din Germania.

Tabelul 3.13

Simbol element radio-activ	Nr. probei	Cenușa MINTIA		Cenușa ORADEA	
		Activitatea nucleară A (Bq/kg)	Eroarea de măsurare $\epsilon_A$ (%)	Activitatea nucleară A (Bq/kg)	Eroarea de măsurare $\epsilon_A$ (%)
U -238	1	83,4503	3,74455	115,3020	2,98151
	2	99,5433	3,30479	121,1690	2,85075
	3	-	-	119,3460	2,98201
Th-232	1	70,5912	0,88329	80,8124	0,84065
	2	68,5081	0,92851	78,3236	0,82740
	3	-	-	74,0720	0,89936
Ra-226	1	119,9440	0,80576	179,0600	0,62498
	2	124,6480	0,77316	166,8990	0,64264
	3	-	-	165,3400	0,67274
K - 40	1	979,4970	2,62886	645,5200	3,63642
	2	1020,3000	2,55127	685,1260	3,46415
	3	-	-	610,9970	3,87190
CS-137	1	< 0,6365	-	< 0,6421	-
	2	- // -	-	< 0,6408	-
	3	- // -	-	< 0,6573	-
CS-134	1	< 1,0247	-	< 1,0387	-
	2	- // -	-	< 1,0317	-
	3	- // -	-	< 1,0583	-
U -235	1	6,3974	8,34908	< 1,7557	-
	2	< 1,7403	-	< 1,7523	-
	3	-	-	< 1,7974	-
AM-241	1	< 0,8009	-	< 0,8080	-
	2	- // -	-	< 0,8064	-
	3	- // -	-	< 0,8272	-
CE-144	1	17,0302	4,19433	<13,2338	-
	2	<13,1183	-	<13,7908	-
	3	-	-	<13,5484	-
RU-106	1	< 2,3857	-	< 2,4067	-
	2	- // -	-	< 2,4021	-
	3	- // -	-	< 2,4639	-
BE- 7	1	< 2,5626	-	< 2,5851	-
	2	- // -	-	< 2,5802	-
	3	- // -	-	< 2,6466	-

Tabelul 3.14

Tara	Denumirea materialului	Numărul probe- lor	Activitatea nucleară specifică ( Bq / kg )			A <sub>Ra</sub> <sup>ech.</sup>
			A <sub>K</sub>	A <sub>Ra</sub>	A <sub>Th</sub>	
FINLANDA	Nisip și pietriș	166	1034	37	43	180
	Cărămidă de argilă	33	962	78	62	239
	Ciment	7	241	44	26	98
	Beton macroporos	2	359	49	36	126
NORVEGIA	Cărămidă	6	1058	104	62	273
	Beton	137	650	28	36	128
	Beton ușor	5	241	33	26	87
	Ciment	4	241	30	18	74
SUEZIA	Cărămidă de argilă	21	925	96	126	188
	Ciment	22	333	56	70	149
	Beton macroporos	-	529	333	28	414
	Elemente ușoare aglome	-	1010	144	158	429
ANGLIA	Nisip și pietriș	10	33	4	7	16
	Ciment	6	155	22	18	58
	Cărămidă din argilă	25	703	52	44	168
	Beton	5	518	74	30	156
GERMANIA	Nisip și pietriș	50	241	<15	<18	59
	Piatră ponce	20	1073	111	126	362
	Ciment	19	192	44	44	116
	Beton	69	555	67	63	194
	Cărămidă din argilă	132	592	96	96	168
	Cenuși volante	28	721	211	129	436
CSI	Cărămidă din argilă	455	611	35	40	138
	Beton	124	289	28	19	77
	Ciment	115	152	31	17	65
UNGARIA	Nisip, pietriș	35	276	13	17	58
	Cărămidă din argilă	176	666	48	48	166
	Beton	95	222	15	11	48
	Ciment	12	148	26	19	63
ROMANIA	Cenușă de MINTIA	2	999	122	69	296
	Cenușă de ORADEA	3	647	170	78	325

Tabelul 3.15

Grupa de materiale de constr.	Limitele activității nucleare în $A_{Ra}^{ech.}$ ( Bq / kg )	Locul de folosire
I.normal	< 370	Fără restricții la locuințe
II.	371 ... 740	Industriale, drumuri;
III.	741 ... 2220	Drumuri, căi ferate;
IV.	2221 ... 3700	Umpluturi, fundații poduri;
V.	> 3701	Nu se pot folosi în c-ții.

2). Față de limita activității nucleare în  $A_{Ra}^{ech.} = 370$  Bq/kg adoptată în CSI și Ungaria, cenușile de la Mintia și Oradea sînt sub această limită cu 20,02 %, respectiv 12,42 %.

3). Activitatea nucleară a cenușilor după normele chineze prezintă următoarele valori: 0,61 pentru cenușa de Mintia și 0,85 pentru cenușa de Oradea.

### 3.3 Aditivii în tehnologia betoanelor.

#### 3.3.1 Considerații generale.

Aditivii, sînt substanțe sau produse chimice, care, introduse în proporții mici (sub 5 %) în compoziția mortarelor și betoanelor de ciment, produc o modificare dorită a proprietăților amestecurilor ca urmare a unor acțiuni fizico-dinamice /15/, /30/, /91/, /92/, /93/, /118/, /126/, /140/, /166/.

Aditivii spumănți, sînt produse de sinteză organică, alcătuite de obicei din două-trei substanțe sau subproduse: emulgatorul (producătorul de spumă), stabilizatorul și acceleratorul. Există un mare număr de substanțe care pot fi utilizate cu rol de emulgator sau de stabilizator, printre care se menționează/37/:

- săruri ale acizilor grași, ale acizilor arylaminocarboxilici sau alkylsulfoamidocarboxilici;

- săruri ale esterilor sulfatați și derivați de poliglicolesteri;

- săruri de alkylsulfonat sau de aminoalcalosulfonat, arylalkylsulfonat sau de alkylarylpoliglicolester;

- săruri ale aminelor alifactice și săruri quaternare de amoniu;

- esteri grași de polialcooli, poliglicolesteri (de acizi și alcooli grași, de alkylamide, amide grase și alkylaromate);

- produse de etilenă oxidate, săruri ale esterilor fosforici.

Aditivii se introduc în momentul preparării amestecurilor sau pot fi încorporați în ciment.

Adaosurile (zgură, tras, calcar, cenușă de termocentrală etc) se folosesc în proporții mai mari la fabricarea unor cimenturi sau la prepararea betonului în scopuri economice, respectiv în vederea obținerii unor proprietăți dorite al cimenturilor, sau al corectării compoziției granulometrice al agregatelor /93/.

Posibilitățile de modificare în limite largi a tehnologiilor de punere în operă și a proprietăților betonului a determinat intensificarea activității de cercetare științifică și tehnologică în acest domeniu. Complexitatea fenomenelor proceselor de priză și întărire a cimentului, dependența acțiunii aditivilor de compoziția betonului și de tehnologia de punere în operă, au îngreunat stabilirea acțiunii lor, rezultatele obținute conținând multe contradicții /93/.

### 3.3.2 Mecanismul de acțiune al aditivilor.

Rezultatele practice obținute până în prezent, cât și cercetările întreprinse arată că folosirea aditivilor în tehnologia betonului este una din căile cele mai eficiente de îmbunătățire a proprietăților acestuia, iar dezvoltarea tehnologiilor moderne într-un anumit sens este condiționată în tot mai mare măsură de folosirea aditivilor care treptat devin cel de-al patrulea component în compoziția betonului /21/, /37/, /62/, /93/, /118/, /147/, /166/, /173/, /174/.

Pentru îmbunătățirea calității betoanelor aditivii cei mai folosiți sînt cei tensoactivi. Aditivii tensoactivi sînt substan-

te care se absorb pozitiv la limita de separare a fazelor S- L- G și micșorează tensiunea superficială. Aceste substanțe se mai numesc și agenți de suprafață. Substanțele tensoactive introduse în compoziția mortarelor și betoanelor de ciment produc modificări esențiale ale proprietăților acestora, iar după mecanismul lor de acțiune se deosebesc :

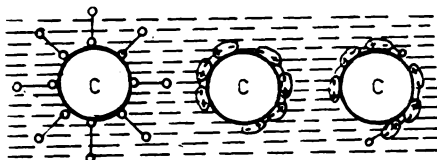
- aditivi fluidifianți;
- aditivi mixști;
- aditivi antrenori de aer.

Unii aditivi pot să aparțină în totalitate uneia din categoriile de mai sus, dar unele substanțe și mai ales produsele folosite industrial exercită efecte combinate, iar acțiunea lor principală depinde și de procentul utilizat (în procente mici un aditiv poate fi fluidifiant iar în procente mai mari poate antrena cantități mari de aer sau invers) /21/, /37/, /62/, /93/, /118/, /147/, /166/, /173/, /174/.

**A). Aditivii fluidifianți,** sînt substanțe tensoactive, care, introduse în proporție mică din cantitatea de ciment, îmbunătățesc lucrabilitatea mortarelor și betoanelor de ciment, în condițiile menținerii constante a raportului A / C, sau permit reducerea acestuia, în condițiile păstrării aceleași lucrabilități /118/.

Datorită reducerii tensiunii superficiale a apei, acești aditivi pot antrena și cantități mici de aer, de aceea reducerea apei trebuie să fie mai mare de 5 %.

Din punct de vedere structural aditivii fluidifianți sînt substanțe tensoactive fie cu mai multe grupări polare ionice (fig.3.2 a) în structura lor, fie substanțe neionice (fig.3.2 b) dar cu polaritate în moleculă sau substanțe ionice avînd polaritate în lanțul moleculei (fig.3.2 c) /118/.



a). b). c).  
Fig.3.3 Mecanismul de adsorbție a aditivilor tensoactivi fluidizanti la suprafața granulelor de ciment /118/.

Aditivii tensioactivi influențează adsorbția la suprafața particulelor solide, determinând formarea fenomenelor ca: dispersarea, hidratarea cimentului și influența asupra formării structurii de rezistență.

Aditivii fluidifianți, ca urmare a adsorbției lor la suprafața granulelor de ciment sau a noilor formațiuni de hidratare, cu grupările lor mai puțin polare și cu alte grupări polare spre apă împiedică formarea aglomerărilor fine de ciment la suprafața granulelor mai mari sau între ele prin forțe libere, ale electrovalențelor sau covalențelor, rezultate în procesul de măcinare - formînd structuri de coagulare afinate în care este reținută o cantitate mare de apă interstițială a cărei evaporare crează pori capilari. Prin împiedicarea fenomenului de aglomerare, crește gradul de dispersie a cimentului și a noilor formațiuni hidratate, ceea ce face sistemul mai fluid, permițînd reducerea raportului A / C. Prezența straturilor adsorbite și a sarcinilor electrice la suprafața particulelor reduce frecările interne, modificînd comportarea reologică a sistemului; tendința de separare a apei și de sedimentare este mai mică, omogenitatea și stabilitatea pastei de ciment (mortarului, betonului) este mai mare și se păstrează în timp /118/.

Folosirea aditivilor fluidifianți conduce la modificări nu numai în comportarea reologică și în procesul de hidratare-hidroliză a pastelor de ciment (mortarelor, betoanelor), ci și în procesul de structurare a acestora atât la nivel microscopic cît și macroscopic /93/, /118/.

b). Aditivi antrenori de aer (spumanți) sînt substanțe tensioactive, care modificînd tensiunea superficială a apei, acționează la limita de separație a fazelor, antrenînd bule mici de aer în produsele pe bază de ciment (mortare, betoane), repartizate uniform și capabile să determine o structurare a maselor în care sînt introduse. Datorită elasticității bulelor de aer, spuma rezistă fără a se destrame la presiunea particulelor solide ale mortarului timp de 2 - 3 ore, prezentînd doar o oarecare tasare a masei în timp. Pentru obținerea rezistenței maxime a peliculelor de spumă, soluția în apă a substanței spumogene trebuie să conducă la coagularea bidimensională a substanțelor tensioactive. Legăturile bi-



dimensionale care au loc cu gelurile asigură o rezistență superioară spumei.

În scopul sporirii rezistenței spumei se folosesc așa numiții stabilizatori, care sporesc rigiditatea peliculei spumei prin sporirea vîscozității spumogenului și prelungirea duratei curgerii lichidului pe peliculele bulelor. Acțiunea stabilizatorilor se bazează pe : sporirea vîscozității soluției (gelului); creșterea structurii coloidale în pereții bulelor (gelatină, clei); polimerizare sau condensare (uree, formaldehidă, rășină); prezența unor sedimente insolubile foarte fine (săruri de aluminiu, fier și metale grele).

Efectul principal al aditivilor antrenori de aer, este acela al îmbunătățirii lucrabilității și durabilității betonului (rezistenței la îngheț - dezgheț) consecință a modificărilor structurare induse atît în betonul proaspăt cît și în cel întărit.

Aditivii antrenori de aer sînt constituiți dintr-o grupare hidrofilă, polară (avînd un anumit moment electric și o mare afinitate chimică) și o grupare hidrofobă, nepolară (constituită dintr-un lanț hidrocarbonat lung, cu afinitate chimică scăzută). Ei se orientează cu gruparea polară spre granulele de ciment (cu caracter ionic) și spre agregate (cu caracter hidrofîl), iar cu gruparea hidrofobă către exterior (spre faza aer) /118/, /166/ (fig.3.4).

Din acest motiv aditivii antrenori de aer acționează ca substanțe hidrofobizante. Suprafața

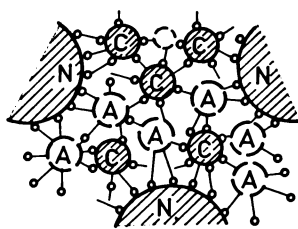


Fig.3.4 Mecanismul antrenării aerului în beton /118/ /166/:

N — granule de nisip;  
C — granule de ciment;  
A — bule de aer.

particulelor solide primind un caracter hidrofob, bulele de aer aderă la suprafața granulelor de ciment și de agregat exercitînd un efect de dispersare ordonată a sistemului, cu creșterea lucrabilității sale. Unii cercetători consideră că îmbunătățirea lucrabilității este determinată de proprietățile straturilor superficiale de substanță tensioactivă care

re alcătuiesc structuri stratificate, cu planuri de lunecare după

poziția grupărilor hidrocarbonate (fig.3.5) și nu de prezența bulelor de aer /118/,/166/.

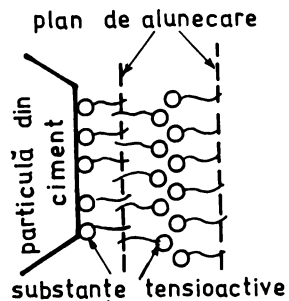


Fig.3.5 Mecanismul de „lubrifiere” în beton /118/,/166/.

Structura sistemului, ca urmare a aderării la suprafața particulelor solide a bulelor de aer, cum și existența membranelor structurate ale acestora, imprimă o stabilitate sporită sistemului, caracterizat printr-o coeziune ridicată, cu tendință scăzută de separare a apei. Toate acestea, alături de scăderea apei necesare pentru obținerea unei anumite consistențe, conduc în ansamblu, la îmbunătățirea lucrabilității mortarelor și betoanelor. Volumul de aer antrenat și lucrabilitatea este determinat de natura și proporția aditivului utilizat, precum și de compoziția mortarului și betonului de ciment.

c). Aditivii mixști sînt substanțe tensioactive care au atât acțiune fluidificatoare cît și de antrenare de aer. Chiar dacă unele substanțe au o acțiune mixtă (funcție de proporție în care sînt utilizate), de cele de mai multe ori aditivii din această categorie sînt amestecuri de substanțe compatibile, cu efect fluidifiant și antrenor de aer, dozate în proporții judicioase /93/, /118/,/166/.

### 3.3.3 Aditivi antrenori de aer (spumați).

Pentru fabricarea betoanelor ușoare spumate sînt folosite diferiți antrenori de aer (substanțe spumogene). Condiția principală care se cere aditivilor spumogeni este ca în cantitatea necesară pentru fabricarea a  $1 \text{ m}^3$  de beton ele să nu conțină mai mult de 700 g componente chimice solizi /103/.

În producție și cercetare pentru prepararea betoanelor ușoare spumate se folosesc următoarele substanțe generatoare de spumă :

#### 1). Emulsia de clei cu colofoniu (Polonia).

Pentru  $1 \text{ m}^3$  de spumobeton cu densitatea aparentă de 600...

800 kg/m<sup>3</sup> sînt necesare : 0,2...0,15 kg clei, 0,14...0,10 kg colofoniu și 0,024...0,018 kg hidroxid de sodiu. Emulsia spumogenă obținută se păstrează în butoaie închise ermetic în încăperi cu o temperatură peste 5 °C. Se folosește pînă la 20 zile de la data preparării.

Înainte de folosire emulsia se amestecă cu apă, avînd temperatura de 50 °C, în proporție de 1 : 5 din volum /103/.

**2). Generatorul de spumă pe bază de saponină (CSI).**

Pentru 1 m<sup>3</sup> de beton spumat cu densitatea aparentă de 600...800 kg/m<sup>3</sup> se consumă 600...800 g din rădăcina unei plante numită saponaria /103/. Emulsia preparată se poate păstra timp de o lună.

**3). Emulsia de sulfoaluminat naftenic** se obține din contact de petrol, sulfat de aluminiu, hidroxid de sodiu și apă. Pentru 1 m<sup>3</sup> de spumobeton cu densitate aparentă de 600...800 kg/m<sup>3</sup> se consumă : 1,2...1,7 kg contact de petrol; 1,2...1,7 kg sulfat de aluminiu; 0,16...0,20 kg hidroxid de sodiu. Emulsia se păstrează în butoaie ermetic închise și nu-și pierde proprietățile timp de 1 an /103/.

**4). Emulsia GK**, se prepară din sînge de animale prin hidroliză cu ajutorul hidroxidului de sodiu și neutralizarea cu clorură de sodiu /103/.

**5). Emulsia de gudron cu var**, se prepară din var măcinat și gudron de brad /103/.

**6). Emulsia de sticlă solubilă**, se deosebește de cea de cel de colofoniu prin aceea că drept stabilizator se adaugă sticlă solubilă în loc de clei.

Pentru 1 m<sup>3</sup> de spumobeton se consumă 0,1 kg colofoniu, 0,02 kg hidroxid de sodiu și 0,12 kg sticlă solubilă /103/.

**7). Emulsia de necalină**, se prepară prin amestecarea soluției de 10 % necalină cu soluția de 10 % clei. Raportul între soluția de necalină, soluția de clei și apă este 1 : 0,25 : 600 (în greutate) /103/.

**8). Emulsia de sulfonați alcalini**, se prepară din sulfonați alcalini, var nestins, măcinat și apă în proporție de 1 : 0,075 : 1 /103/.

**9). Aditivul FLUBET**, are un efect intens reducător de apă, cu

efect mixt de superplastifiant și antrenor de aer în masa betonului, se utilizează la prepararea betoanelor întărite fără tratament termic. Este un produs de proveniență internă.

Aditivul FLUBET ca aspect se prezintă ca o soluție limpede de culoare brun-roșcat, avînd densitatea la 20 °C de 1,13...1,26 g/cm<sup>3</sup>, pH-ul 7 - 8, iar conținutul în substanță uscată de 30 % /206/. Depozitarea se face în spații închise, ferite de umezeală, la o temperatură de minim + 5 °C. Termenul de garanție al aditivului este 12 luni.

Cantitatea de aditiv FLUBET recomandată este de 1,5 l la 100 kg ciment cu adaosuri (Pa35, Hz, SRA, etc.) și de 2,0 litri la 100 kg ciment fără adaosuri (P40, P45, P50, SR, etc.) /206/.

10). Aditivul DISAN-A face parte din categoria aditivilor cu efect mixt, de reducător de apă și antrenor de aer. Este produs de Combinatul de Celuloză și Hîrtie Zărnești-Brașov.

Utilizarea aditivului asigură îmbunătățirea lucrabilității, reducerea tendinței de segregare, creșterea gradului de impermeabilitate și a rezistenței la îngheț-dezghet.

Aditivul DISAN-A ca aspect se prezintă ca un praf de culoarea cafeniu închis, avînd pH-ul de 4,5...5,5, conținutul în substanță uscată minim 92 %, substanță insolubilă în apă maximum 2 %, substanțe reducătoare, maximum 5,5 % și conținut de cenușă, maximum 16 %.

DISAN-ul este utilizat la prepararea betoanelor pentru realizarea elementelor prefabricate din beton simplu, armat și pre-comprimat, la care întărirea se face fără tratament termic.

La prepararea betoanelor, aditivul DISAN - A se folosește sub formă de soluție avînd o concentrație de 20 ± 1 % substanță uscată în unități de masă.

Pentru prepararea soluției se dizolvă aditivul în cantitate de 25 kg/100 litri apă, ceea ce conduce la obținerea unui volum de cca. 115 l soluție, care se păstrează în butoaie din PVC sau metalice bine închise, pentru a evita eventualele impurificări sau modificarea concentrației datorită evaporării apei.

Proporția de soluție de aditiv DISAN-A de concentrație 20 % recomandată la prepararea betoanelor este de 0,75...1,50 litri pentru 100 kg ciment.

Se livrează în saci de hîrtie și se depozitează în încăperi închise,ferit de umezeală /206/.

11).Aditivul **DETERSIN - DBS** are efect de antrenor de aer și este produs de Intreprinderea de Detergenți Timișoara.El trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice de calitate :

- aspect . . . . .lichid pînă la pastă;
- culoare . . . . . brun - gălbuie;
- substanța anionactivă, % min. 17;
- pH - ul soluție de 1 % 6,8...8,0 .

Aditivul se livrează în butoaie de polietilenă și se depozitează în locuri ferite de căldură și îngheț,la temperatura 5... 25 °C.

La prepararea betoanelor,aditivul **DETERSIN-DBS** se folosește în proporție de 0,05...0,8 % din cantitatea cimentului folosit.

12).Aditivul **superplastifiant SP 4**,este aditiv cu efect principal de superfluidificator - reducător de apă în procente scăzute și în procente ridicate cu efect secundar de antrenor moderat de aer.Este produs de Intreprinderea de Detergenți Timișoara pe baza caietului de sarcini Nr.54LD84.El trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice de calitate :

- aspect . . . . .lichid vîscos;
- culoare . . . . .galben-brun-roșcat;
- conținutul în substanță activă . . . .min. 50 %;
- pH - ul . . . . .7...8,5.

Aditivul se livrează sub formă de soluție în butoaie de polietilenă.Fiecare lot de aditiv trebuie să fie însoțit de certificatul de calitate eliberat de producător.Inainte de utilizare se va verifica îndeplinirea condițiilor tehnice de calitate.Depozitarea aditivului se face în spații închise,ferite de umezeală.Temperatura minimă nu trebuie să fie sub + 5 °C.Termenul de garanție al produsului este de 12 luni.

La prepararea betoanelor aditivul **superplastifiant SP 4** se folosește în proporție de 0,1...0,5 % soluție aditiv din cantitatea cimentului folosit /15/,/16/,/93/,/94/,/95/.

13).**Emulgătorul OF 6 ( NF 6 )** este un emulgător lipofil producător de spumă,avînd agent de suprafață neionic polietoxilat.Este produs de Intreprinderea de Detergenți Timișoara și trebuie

să îndeplinească următoarele condiții tehnice de calitate :

- aspect . . . . .lichid viscos limpede;
- culoare . . . . .galben-portocaliu închis;
- substanță activă . . . . . min. 99 %;
- alcalinitate liberă NaOH . . . . max. 0,3 %;
- oxid de etilenă. . . . . 56 ± 2 %;
- aspectul soluției de 5 % produs  
în ulei mineral Te 16. . . . . limpede.

Emulgatorul se livrează sub formă de soluție în butoaie de material plastic. Produsul este combustibil, având temperatura de inflamabilitate de 170 °C. Având în vedere că are efect de degresare se va evita ingerarea și contactul pielii cu acest produs. Depozitarea se face în locuri uscate, ferite de îngheț și surse de căldură. Termenul de garanție al produsului este 6 luni.

La prepararea betoanelor ușoare spumate emulgatorul OF 6 (NF 6) se folosește în proporție de 0,2...0,8 % soluție din cantitatea cimentului folosit /147/, /173/, /174/, /250/, /251/, /256/257/.

14). ROMOPAL OF 10 (NF 10), este auxiliar de spălare, producător de spumă, având agent de suprafață neionic polietoxilat. Este produs de Intreprinderea de Detergenți Timișoara și trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice de calitate :

- aspect la 20 °C . . . . .lichid transparent;
- culoare . . . . .incolor-galben deschis;
- conținut de substanță uscată . . . . .min. 30 %;
- conținut de substanță activă ne ionică. . . .min. 30 %;
- aspectul soluției 10 % produs. . . . . limpede;
- pH - ul soluției 10 % produs . . . . .5,0...6,5;
- punct de tulburare a unei soluții  
de 1 % produs . . . . .min. 32 °C.

Este ușor solubil în apă rece în orice proporție. Produsul se livrează în butoaie de polietilenă, este combustibil dar neinflamabil datorită conținutului de apă. Având în vedere caracterul degresant al produsului se va evita contactul îndelungat al pielii cu acesta. Depozitarea se face în locuri ferite de îngheț, iar termenul de garanție al produsului este de 6 luni.

La prepararea betoanelor ușoare spumate ROMOPAL OF 10 (NF10) se folosește în proporție de 0,025...0,5 % din greutatea

cimentului folosit /60/,/62/,/109/,/250/,/251/.

15).Emulgatorul NF 16,este un emulgator tehnic avînd agent de suprafață neionic polietoxilat.Este produs de Intrepriderea de Detergenți Timișoara și trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice de calitate :

- aspect la 20 °C . . . . . pastă;
- culoare . . . . . galben-brun;
- conținut în substanță uscată . . . . . min. 98 %;
- alcalinitate liberă,NaOH . . . . .max. 0,35 %;
- punct de tulburare a unei soluții de 10 % NaCl . . . . .min. 50 °C;
- tensiunea superficială a unei soluții de 0,01 % la 20 °C . . . . .max. 45 dyn/cm<sup>2</sup>.

Produsul se dizolvă ușor în apă,dînd soluții limpezi.Este livrat în butoaie din material plastic.Produsul este combustibil avînd temperatura de inflamabilitate de 170 °C și de aceea se depozitează în locuri uscate,ferite de îngheț și surse directe de căldură.Termenul de garanție este de 12 luni.

La prepararea betoanelor ușoare spumate emulgatorul NF - 16 se folosește în proporție de 0,05...0,4 % din cantitatea cimentului folosit /60/,/62/,/250/,/251/,/252/.

In tabelul 3.16 sînt prezentați aditivii antrenori de aer cel mai des utilizați în România.

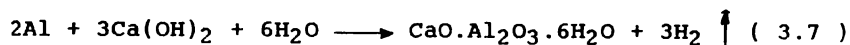
Tabelul 3.16

Nr. crt.	Denumirea aditivilor antrenori de aer	Proportia de utilizare in % din ciment
1.	Aditivul FLUBET	1,500...2,00
2.	Aditivul DISAN - A	0,750...1,50
3.	Aditivul DETERSIN - DBS	0,050...0,80
4.	Aditivul superplastifiant SP 4	0,100...0,50
5.	Emulgatorul OF 6 (NF 6)	0,200...0,80
6.	ROMOPAL OF 10 (NF 10)	0,025...0,50
7.	Emulgatorul NF 16	0,025...0,40

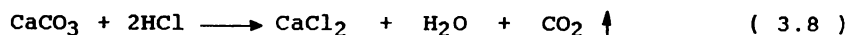
Pe lîngă substanțele generatoare de spumă prezentate mai sus,există și substanțe care generează gaze în masa betonului.

Acestea sînt de mai multe tipuri, după modul cum reacționează chimic, și anume /6/ :

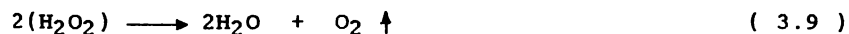
- elemente ca Al, Zn, Mg sau feroaliajele Fe-Si, Fe-Mn, care în stare de pulberi reacționează cu componenții bazici ai liantului în urma căruia se formează hidrogen. Cea mai folosită este pulberea de aluminiu.



- substanțele care reacționează între ele, cu degajare de gaze :



- substanțe care se descompun prin reacții de oxido-reducere cu degajare de gaze :



La folosirea acestor substanțe există următoarele restricții : să nu se producă reacții violente, să nu rezulte gaze toxice și inflamabile, gazele să nu provoace apariția eflorescențelor, la betoanele armate să nu se degajeze oxigen, să fie economice.

În general pentru prepararea unui m<sup>3</sup> de gazbeton se folosesc 0,25...0,40 kg de pulbere de aluminiu /6/.

De asemenea, experimental în laboratoarele de cercetare se mai folosesc și următoarele substanțe : alchilbenzen; monoester-maleic; clorură de sodiu; hidroxiletilceluloză (HEC) sau amestecul acestor substanțe /256/.



#### 4. STUDII SI CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND REALIZAREA BETOANELOR USOARE

##### 4.1 Considerații generale.

Betonul ușor, ca înlocuitor al betonului greu, a apărut ca o necesitate de a îmbunătăți caracteristicile și performanțele betonului greu.

Betoanele ușoare prin caracteristicile lor, densitate aparentă redusă, capacitate de izolare termică ridicată și rezistența la foc sporită, în comparație cu betoanele grele, au condus la obținerea unor elemente care, în afară de preluarea unor încărcări, îndeplinesc și funcția de termoizolatoare permițând totodată reducerea greutateii construcțiilor și secțiunilor elementelor de rezistență. Cele mai folosite pentru structurile de rezistență sînt betoanele cu agregate ușoare minerale, naturale (diatomit, scorie bazaltică, tufuri vulcanice etc.) sau artificiale (argila expandată și granulată, zgură de furnal expandată, perlit expandat, sisturi expandate etc.). Pondere principală ca agregat ușor pe plan mondial și la noi în țară o are argila expandată cu dezavantajul că are cantitate mare de energie înglobată /2/, /6/, /48/, /58/, /59/, /75/, /98/, /163/, /177/, /178/.

Criza energetică apărută pe plan mondial, la sfîrșitul anului 1973, a avut urmări și în sectorul construcțiilor, influențînd în mod direct și hotărîtor soluțiile tehnice adoptate, principala problemă pusă în acest context fiind necesitatea economisirii energiei /40/, /197/, /198/, /201/, /202/. Astfel, cercetarea științifică este chemată să contribuie la realizarea unor betoane ușoare noi ce utilizează materiale re folosibile, avînd caracteristici fizico - mecanice îmbunătățite și un preț de cost/energie înglobată redusă.

Betonul ușor spumat face parte din categoria betoanelor ușoare neautoclavizate satisfăcînd următoarele direcții actuale în domeniul construcțiilor : aplicarea de noi materiale care să înglobeze deșeuri, materiale recuperate; dezvoltarea betoanelor cu funcțiuni termoizolatoare și de rezistență.

Studiile întreprinse din anul 1984, în cadrul catedrei Construcții Civile, Industriale și Agricole din Timișoara în colaborare cu TAGCM Timiș, TAGCIND Timișoara, Intreprinderea de Detergenți Timișoara și din anul 1989 cu TAGCM Bihor, au avut ca scop realizarea și folosirea unor betoane ușoare de izolație și rezistență prin utilizarea cenușei de termocentrală ca înlocuitor total sau parțial al agregatului. În plus pentru realizarea betoanelor cu densități de 900...1200 kg/m<sup>3</sup> au fost testați diferiți antrenori de aer pentru crearea structurii poroase /28/, /60/, /62/, /63/, /81/, /82/, /109/, /249/, /250/, /251/, /252/, /253/, /254/. Compoziția de beton realizată constituie obiectul brevetului de invenție Nr. 94863 - 1988 /63/.

Tabelul 4.1

Felul clasificării	Tipul betoanelor ușoare	C A R A C T E R I S T I C I
După structură și granulozitate	Compacte	Cu agregate minerale ușoare sau cu agregate vegetale;
	Macroporoase	Cu agregate având diametrul granulelor de cel puțin 5 mm iar pasta de ciment nu umple spațiul dintre granule;
	Celulare	Se obțin prin înspumare sau pe bază de adaosuri generatoare de gaze;
După tipul agregatelor folosite	Agregate minerale	Cuprind agregate minerale ușoare naturale și artificiale;
	Agregate vegetale	Sînt agregate vegetale organice ca: rumeguș, talas, coj de orez, puzderii în și cînepă;
	Agregate din polimeri organici	Cuprind granule de polistiren, cauciuc, poliuretani etc.;
După domeniul de folosire	Termoizolatoare	$\lambda \leq 0,4 \text{ W/m.K}$ $R_b \leq 5 \text{ N/mm}^2$
	Termoizolatoare și de rezistență	$\lambda \leq 0,75 \text{ W/m.K}$ $R_b > 5 \text{ N/mm}^2$
	De rezistență	$\lambda \geq 0,75 \text{ W/m.K}$ $R_b > 15 \text{ N/mm}^2$

#### 4.2 Clasificarea betoanelor ușoare.

Betoanele ușoare pot fi clasificate după mai multe criterii, dar principalele moduri de clasificare sînt după : tipul agregatelor folosite, domeniul de folosire, densitatea, caracteristici de izolare termică (tabelul 4.1) și rezistențele acestora /6/.

În general se consideră betoane ușoare acelea care au densitatea  $\leq 2000 \text{ kg/m}^3$  /6/, /121/, /186/.

În Germania și CSI limita superioară a densității este de  $1800 \text{ kg/m}^3$ .

Normele americane din 1968 /182/ clasifică betoanele ușoare în funcție de densitate și rezistența la 28 de zile (tab 4.2).

Tabelul 4.2

Nr. crt.	Tipul de beton ușor	Densitate $\rho_b$ ( $\text{kg/m}^3$ )	Rezistența la compresiune $R_C$ ( $\text{N/mm}^2$ )
1.	Betoane de densitate redusă	400... 800	$\leq 7$
2.	Betoane de rezistențe medii	801...1400	7...18
3.	Betoane de rezistență	1401...2000	18,1...30

Normele CEB /183/ grupează betoanele ușoare în trei categorii, după aplicațiile și funcțiile lor în construcții (tabelul 4.3).

Tabelul 4.3

Nr. crt.	Tipul de beton ușor	Densitate $\rho_b$ ( $\text{kg/m}^3$ )	Rezistența la compresiune $R_C$ ( $\text{N/mm}^2$ )
1.	Beton de rezistență	1600...1700	20...40
		1701...1850	40...50
		1851...2000	50...70
2.	Beton de rezistență și izolație	1451...1600	10...20
3.	Beton de izolație	$\leq 1450$	0,75...5

Recomandările franceze pentru utilizarea betonului cu agregate ușoare /181/, clasifică betoanele în cinci clase (tabelul 4.4).

Tabelul 4.4

Nr. crt.	Tipul de beton ușor	Densitate $\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	Rezistența la compresiune $R_C$ (N/mm <sup>2</sup> )	Conduct. termică $\lambda$ (W/mk)
1.	Beton de izolație termică	$\leq 800$	-	$< 0,5$
2.	Beton de izolație termică	800...1200	$> 5$	$< 0,6$
3.	Beton de izolație termică și portante	1000...1400	$> 10$	$< 0,8$
4.	Beton de rezistență (structură)	1300...1800	$> 20$	-
5.	Beton pentru structuri de rezistențe mari	1500...1800	$> 30$	-

Normele românești /240/ consideră betoanele ușoare ca avînd densitatea între 1000...2000 kg/m<sup>3</sup> și le împarte în următoarele subcategorii de densitate : ușor 1.2 cu  $\rho_b = 1000...1200$  kg/m<sup>3</sup>; ușor 1.4 cu  $\rho_b = 1201...1400$  kg/m<sup>3</sup>; ușor 1.6 cu  $\rho_b = 1401...1600$  kg/m<sup>3</sup>; ușor 1.8 cu  $\rho_b = 1601...1800$  kg/m<sup>3</sup> și ușor 2.0 cu  $\rho_b = 1801...2000$  kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.3 Betoane spumate ce utilizează cenușa de termocentrală.

Elaborarea unor betoane spumate noi, neautoclavizate, care să înglobeze cantități mari de cenușă de termocentrală avînd caracteristici termotehnice îmbunătățite răspunde direcțiilor de reducere și economisirea materialelor energointensive, utilizarea materialelor refofosibile avînd energie înglobată și preț de cost redus.

În acest sens, analiza betoanelor și mortarelor ce utilizează cenușă de termocentrală pune în evidență următoarele realizări în țară și străinătate :

- 1). Betoane fără ciment /175/;

- 2).Betoane ușoare cu cenușă zburătoare /97/;
- 3).Betoane ușoare cu cenușă de termocentrală ce utilizează ca liant varul și ipsosul /119/;
- 4).Betoane și mortare ce folosesc cenușă de electrofiltru ca înlocuitor de parte fină /88/,/141/,/164/,/165/,/175/,/213/,/250/ /253/;
- 5).Beton ușor cu agregate de steril de mină ars,adaosuri de cenușă de termocentrală și spumant /53/;
- 6).Betoane microporoase neautoclavizate ce folosesc cenușa zburătoare /103/;
- 7).Beton celular neautoclavizat ce are în componență cenușă de termocentrală /103/;
- 8).Beton celular autoclavizat cu conținut de cenușă /195/;
- 9).Spumă din cenușă de termocentrală și ciment /255/;
- 10).Betoane spumate obținute la ICCPDC Filiala Cluj-Napoca /257/,/258/;
- 11).CETON (beton spumat cu cenușă de termocentrală) obținute la ICCPDC Filiala Timișoara /172/,/173/,/174/,/256/;
- 12).Betoane spumate cu cenușă de termocentrală (BSCT)-Institutul Politehnic "Gheorghe Asachi" Iași /71/,/145/,/146/,/147/;
- 13).Betoane cu agregate de cenușă zburătoare aglomerată prin procedeul suflării /103/,/191/;
- 14).Betoane ușoare spumate (BUS) de izolație și rezistență obținute la Universitatea Tehnică din Timișoara /60/,/62/,/63/, /109/,/250/,/251/,/252/,/254/.

Pe baza folosirii celor 14 tipuri de betoane ușoare spumate ce utilizează cenușa de termocentrală rezultă următoarele :

- căile de utilizare a cenușii sînt multiple,accentuîndu-se în acest mod actualitatea și necesitatea folosirii acestui produs rezidual;

- cenușa de termocentrală se poate utiliza ca :
  - \* material pentru betoane fără ciment (betonul 1,2 și 3);
  - \* înlocuitor de parte fină din agregat (betonul 4);
  - \* agregate rezultate din aglomerare (betonul 13);
  - \* betoane celulare (betoanele 7,8,9,10,11,12 și 14);
- aria geografică largă ce interesează problema : CSI (4),

Polonia (2,6,7 și 13), Suedia, Canada (8), Anglia (13), România (1,4,5,8,9,10,11,12 și 14);

- existența unui număr mare de studii pentru betoanele ușoare celulare;

- în România sînt studiate 5 tipuri de betoane celulare (9,10,11,12 și 14), toate fiind obținute prin spumare.

Din categoria betoanelor ușoare spumate fără ciment un loc aparte îl ocupă betonul de tip 2 /97/.

Tabelul 4.5

Nr. materie primă	1	2	3	4	
Componenti	Cenușa huiilă	Cenușa silicat lignit	Cenușa calciu sulfat lignit	Sisturi silicați	Sisturi calciu
SiO <sub>2</sub>	53,6	49,6	45,3	63,4	31,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,3	28,3	7,6	4,3	6,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,3	17,9	4,6	0,3	0,4
CaO	4,8	3,1	29,8	7,1	19,5
MgO	2,7	0,2	3,6	2,2	8,8
SO <sub>3</sub>	0,5	0,4	6,9	2,2	2,1
Conținutul comp. insolubili în HCl	80,2	79,2	43,3	-	-
Pierderi la calcinare	-	-	-	17,2	33,3

Noutatea acestui tip de beton constă în aceea că tehnologia de obținere nu necesită ciment, iar spumarea se face în urma unei reacții acide cu activatorul H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sau cu alumină ferică.

În tabelul 4.5 se prezintă conținutul mediu în componenți ai cenușilor în %, iar în tabelul 4.6 compozițiile de materii prime, activatorii și caracteristicile fizico-mecanice a betoanelor obținute prin această tehnologie.

Metoda de obținere a betonului ușor spumat fără ciment de tip 2 este simplă și are avantajul că nu necesită tratament termic /97/.

Betonul ușor de tip 3 /119/ se bazează pe amestecul în proporții variabile a cenușei de termocentrală (în funcție de compo-

ziția chimică al acestuia) cu un liant ca ipsosul sau varul stins. Pentru a crește rezistența betonului ușor, se adaugă o cantitate variabilă de nisip de râu sau de mare. De asemenea, pentru accelerarea prizei se adaugă clorură de sodiu, sodă caustică etc..

Tabelul 4.6

Nr. crt.	Compoziția de materii prime	Activatori utilizați	Densitate $\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	Conductiv. termică $\lambda$ (W/m.k)	Rezistența la compr. (daN/cm <sup>2</sup> )
1.	5/4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	360	0,18	18,0
2.	4/1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	380	0,20	21,6
3.	4/3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	410	0,22	10,2
4.	4/2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	460	0,22	25,1
5.	5/1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	450	0,24	57,5
6.	5/3	H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	400	0,23	18,2
7.	5/2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	420	0,24	38,6
8.	1/2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	360	0,20	19,8
9.	1/3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	400	0,25	68,1
10.	2/3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	340	0,21	8,6
11.	1/3	alumină ferică	846	0,31	81,3
12.	1/3	- // -	912	0,31	100,5

Acest amestec bine omogenizat se transportă în vrac sau saci la locul utilizării unde se amestecă cu apa.

Acest beton este caracterizat prin aceea că : cenușile de termocentrală sînt măcinate și stinse prin hidratare; betonul suportă un procedeu de modificare a culorii; poate modifica timpul de priză; are proprietăți plastifiante, izolație termică și rezistențe mecanice sporite /119/.

Betonul ușor de tip 7 /103/ este un beton ușor celular neautoclavizat, avînd următoarea alcătuire (tabelul 4.7):

Tabelul 4.7

Denumire componente	Cenușă de termocentrală (kg/m <sup>3</sup> )	Ciment rapid (kg/m <sup>3</sup> )	Ipsos (kg/m <sup>3</sup> )	Praf de aluminu (kg/m <sup>3</sup> )	Soluție 20% sulfap (l/m <sup>3</sup> )	Apă (l/m <sup>3</sup> )
Cantitatea	240...300	220	10	0,35-0,6	0,8	250

Acest beton, pe lîngă avantajele oferite de greutatea proprie

redușă și caracteristicile termotehnice îmbunătățite are și o serie de neajunsuri printre care amintim: contracție mare, perioadă de uscarea mare, rezistență mecanică redusă, rezistență la îngheț-dezghet slabă, curgere lentă mare și modul de elasticitate mic /103/.

Neajunsurile semnalate pentru betonul de tip 7 sînt valabile și pentru tipul 8,9,10,11,12 și 13.

Avantajul betoanelor de tipul 9,10,11,12 și 14 constă în aceea că inspumarea nu se face cu pulbere de aluminiu ci cu ajutorul unori aditivi avînd proprietăți de spumare,proveniți din produse secundare.

Astfel,ICPMC București realizează o spumă de cenușă de termocentrală cu ciment de tipul (9) avînd compoziția următoare : apă  $190 \text{ kg/m}^3$ ; ciment  $110 \text{ kg/m}^3$ ; cenușă  $180 \text{ kg/m}^3$ ; spumant OF 6,  $1,4 \text{ kg/m}^3$ ; silicat de sodiu  $2,8 \text{ kg/m}^3$ .Betonul obținut are  $\rho_a = 400 \dots 500 \text{ kg/m}^3$  și  $R_{c\min.} = 5 \text{ daN/cm}^2$ .

La ICPMC Filiala Cluj-Napoca s-au obținut betoane spumate de tipul 10,avînd în compoziție ciment Pa35,cenușă de termocentrală (Mintia),apă și spumant OF 6,dozajul componentilor variînd în funcție de caracteristicile fizico-mecanice preconizate /257/, /258/.

La ICCPDC Filiala Timișoara s-a pus la punct tehnologia de fabricație a unui nou tip de beton ușor cu cenușă de termocentrală avînd denumirea de CETON (tip 11) /172/,/173/,/174/,/256/.

Cetonul este un beton cu structură poroasă,conținînd un mare număr de bule de aer.

Cetonul face parte din categoria betoanelor celulare și este alcătuit din : ciment Pa35,cenușă de termocentrală (Mintia),apă, aditivi și un agent activ de suprafață (AS) fabricat în România.

Pentru prepararea CETON-ului se folosesc următoarele dozaje de ciment : -  $200 \text{ kg/m}^3$  pentru  $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$ ; -  $260 \text{ kg/m}^3$  pentru  $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ ; -  $325 \text{ kg/m}^3$  pentru  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .Raportul ciment/cenușă folosit este de 1/1 în cazul cetonului ușor,1/1,25 și 1/1,75 în cazul cetonului mediu /256/.

Spumantii se folosesc diferențiat în funcție de densitatea cetonului.Astfel, pentru densități mici se utilizează spumanti monoestermaleic M și H; pentru densități medii sopstock și H, iar



pentru densități mari nonilfenoletoxilat OF 6 (NF 6) și OF 10 (NF 10). De asemenea, au mai fost testați și alți aditivi dintre care amintim : dibutil naftalinsulfonat de sodiu, Disan-A, Detersin DBS, clorură de sodiu, hidroxiletilceluloză (HEC) de concentrație de 2 % sau amestecul acestor substanțe în diferite proporții /256/.

Cetonul se poate prepara în stațiile de betoane sau mortare în două faze tehnologice distincte :

- amestecarea forțată într-un malaxor a materialelor de bază : ciment, cenușă, apă;

- introducerea materialului de bază într-un aparat de spumare, denumit ASCET, unde se adaugă aditivii și agenții de suprafață (AS).

Temperatura cetonului trebuie să fie de cel puțin 20 °C la punerea în operă, iar această temperatură trebuie menținută cel puțin 12 ore. Durata de manipulare a cetonului, respectiv intervalul de timp în care acest material

**Tabelul 4.8**

Caracteristici material	Densitate (kg/m <sup>3</sup> )
	550...1000
Rc (daN/cm <sup>2</sup> )	8...75
λ (W/m.k)	0,175...0,287

nuși modifică proprietățile (nu se dezamestecă) este aproximativ 30 minute la 20 °C /256/.

În tabelul 4.8 sînt prezentate caracteristicile CETON-ului: funcție de densitatea acestuia.

În comparație cu BCA-ul cetonul prezintă următoarele avantaje:

- are un preț de cost cu 43...47 % mai mic și un consum de combustibil convențional cu 21...34 % mai redus;
- rezistențele mecanice ale cetonului cresc în timp;
- are o comportare mai bună la îngheț-dezghet;
- nu necesită întreprinderi specializate pentru producerea sa;
- nu necesită prelucrarea materialelor componente sau produse din import;
- se poate transporta în stare proaspătă cu pompe de beton sau mortar;
- se poate pune în operă atât în elemente prefabricate cît și în elemente monolite de dimensiuni mari.

La Institutul Politehnic Iași s-a obținut un beton spumat cu

cenușă de termocentrală de la Holboca-Iași, denumit BSCT (tipul 12) /145/, /146/, /147/.

BSCT - ul face parte din categoria betoanelor celulare, avînd în compoziție următoarele materii prime: -cenușă de electrofiltru de la termocentrala Holboca Iași; -ciment Pa35; -agent de spumare - nonilfenoletoxilat cu 6 moli etoxil sulfatat și neutralizat OF 6 (NF 6); -stabilizator de spumă-silicat de sodiu ( $\text{Na}_2\text{OSiO}_2$ ); -accelerator de priză-clorură de calciu ( $\text{CaCl}_2$ ); -apă.

Dozajele folosite pentru prepararea unui  $\text{m}^3$  de beton BSCT sînt prezentate în tabelul 4.9 /147/.

Tabelul 4.9

Număr rețetă	Apă $\text{kg/m}^3$	Ciment $\text{kg/m}^3$	Cenușă $\text{kg/m}^3$	Spumant $\text{kg/m}^3$	Silicat de sodiu $\text{kg/m}^3$	Clorură de calciu $\text{kg/m}^3$	$\rho_b$ $\text{kg/m}^3$
1.	264	176	176	17,6	6,4	7,1	648
2.	198	176	176	8,8	3,3	6,6	570
3.	263	176	176	19,1	8,4	7,0	650

Ordinea de punere în operă a componentelor și timpii de omogenizare sînt următoarele :

- apa ;
- $\text{Na}_2\text{O SiO}_2$  1/3 h ;
- OF 6 (NF 6) 1/3 h ;
- $\text{CaCl}_2$  1/4 h ;
- C + CT timp de amestecare 480 sec.

Amestecul se realizează într-un vas cilindric de 200 l în care, pentru agitare se insuflă aer printr-un dispozitiv care este mobil și raclează fundul vasului /147/.

Cu această metodă se obține un beton ușor spumat avînd densitatea de 570...650  $\text{kg/m}^3$ , rezistența la compresiune  $R_c = 15,78 \text{ daN/cm}^2$  și rezistența la întindere din încovoiere  $R_{ti} = 1,675 \text{ daN/cm}^2$ .

Utilizarea BSCT-ului se poate face în trei domenii caracterizate prin:

- $\rho_a = 300...450 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,075...0,095 \text{ W/m.k}$  și  $R_c = 5...$

9 daN/cm<sup>2</sup>, utilizat ca material termoizolator în panouri prefabricate;

-  $\rho_a = 550 \dots 650 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,15 \dots 0,19 \text{ W/m.k}$ ,  $R_c = 15 \dots 17 \text{ daN/cm}^2$  și  $R_{ti} = 1,2 \dots 1,4 \text{ daN/cm}^2$ , utilizat ca material termoizolator și ca miez ce poate prelua lunecările în panourile tip sandviș;

-  $\rho_a = 700 \dots 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,22 \dots 0,39 \text{ W/m.k}$ ,  $R_c = 25 \dots 54 \text{ daN/cm}^2$  și  $R_{ti} = 1,9 \dots 3,8 \text{ daN/cm}^2$ , utilizat ca material similar cu BCA.

Betoanele spumate de tip 12 prezintă următoarele dezavantaje /147/:

- betoanele cu  $\rho_a < 450 \text{ kg/m}^3$  sînt friabile și prezintă tasări la turnare;

- betoanele spumate cu cenușă cu  $\rho_a < 700 \text{ kg/m}^3$  nu asigură o protecție corespunzătoare pentru armătură și o conlucrare multumitoare între armături și beton;

- nu este indicată realizarea elementelor de închidere ce au muchii din BSCT.

În urma prezentării betoanelor ușoare spumate de tip 2,3,7, 9,10,11 și 12 se pot trage următoarele concluzii :

- gama densităților obținute situează betoanele în categoria celor ușoare și medii;

- tehnologiile și aditivii utilizați diferă de la beton la beton, încercîndu-se reducerea neajunsurilor prezentate la betonul ușor de tip 7;

- domeniul preponderent de aplicabilitate este cel al elementelor de închidere perimetrare;

- CETON-ul este conceput și pentru turnarea pe șantier sau în chesoane de beton de granolit, evidențiindu-se avantajele acestei tehnologii pentru aceste tipuri de betoane;

- tehnologiile prezentate nu scot în evidență influența tipului de cenușă asupra betoanelor obținute.

Betoanele ușoare spumate de tip 14 (BUS) sînt prezentate în paragraful 4.4.

#### 4.4 Cercetări experimentale privind realizarea betoanelor ușoare spumate (BUS).

##### 4.4.1 Materiale și compoziții folosite.

Betonul ușor spumat (BUS) s-a obținut având în compoziție ciment Pa35, cenușă de termocentrală (CET Mintia și CET Oradea), apă și aditiv antrenor de aer.

Compozițiile rețetelor, grupate pe tipuri de antrenori de aer pentru CET Mintia sînt date în anexele 4.1...4.5, iar în anexa 4.6 rețetele pentru CET Oradea.

La unele compoziții, cu antrenorul de aer OF 10 (NF 10) s-a luat ca și variabilă și timpul scurs de la prepararea betonului pînă la punerea în operă (0...90 min.), iar la altele s-a urmărit și efectul adaosului de  $\text{CaCl}_2$ .

Cantitatea de spumant folosită se referă la litrii substanță cu concentrație de 100 % la 100 kg ciment.

În scopul obținerii compoziției optime s-au considerat ca variabile raportul apă / ciment + cenușă (A/C + CT), tipul și procentul de aditivi față de ciment, timpul de amestecare, unele faze ale procesului de obținere menținându-se constante : dozajul de ciment ( $300 \text{ kg/m}^3$ ) și cenușa ( $650 \text{ kg/m}^3$ ) /28/, /60/, /62/, /63/, /109/, /250/, /251/, /252/, /254/.

Un factor deosebit de important în realizarea betoanelor cu spumanti și cenușă este cantitatea de apă. Incercările efectuate au scos în evidență faptul că în condițiile acestor betoane trebuie să se lucreze cu raportul dintre apă și cantitatea de ciment și cenușă, acest raport exprimînd mai bine consistența betoanelor. Raportul optim A/(C + CT) este 0,28...0,30 în cazul cenușei de Mintia și 0,40...0,42 la cenușa de Oradea /28/, /60/, /62/, /63/, /109/, /250/, /251/, /254/. Scăderea cantității de apă sub aceste valori, dă un beton nelucrabil, iar creșterea duce la pierderea efectului spumantului.

##### 4.4.2 Tehnologia de preparare.

Procesul tehnologic de obținere a betonului ușor spumat

(BUS) cuprinde următoarele faze : dozarea cimentului și a cenușei; dozarea și amestecarea spumantului cu apa; introducerea materialelor componente în malaxor (ciment, cenușă, amestec apă + spumant); malaxare într-un malaxor cu amestec forțat (90 rot/min) timp de 90,180,300 sec.; turnarea betonului în cofraje; compactarea prin vibrație ușoară cu masa vibratoare timp de 30 sec. pentru BUS cu cenușă de Mintia și 20 sec. pentru BUS cu cenușă de Oradea.

În condiții de poligon (TAGCM Timișoara și TAGCM Bihor) amestecarea s-a făcut în betonierele stațiilor de betoane tip "Nicolina" timp de 5 minute /28/, /60/, /251/, /254/.

#### 4.4.3 Caracteristici fizico - mecanice.

Caracteristicile fizico-mecanice ale betoanelor ușoare depind de un număr mult mai mare de parametrii de cât în cazul betoanelor obșnuite.

Acești parametrii sînt determinați de caracteristicile pietrei de ciment, de natura agregatelor, de cantitatea de apă, de tipul și cantitatea aditivilor, de timpul și frecvența de amestecare, densitatea betonului, condițiile și timpul de întărire.

Ținînd cont de cele de mai sus, prin încercări experimentale s-a urmărit determinarea următoarelor caracteristici fizico-mecanice ale betonului ușor spumat : densitatea aparentă; rezistența la compresiune, la întindere; rezistența la îngheț-dezghet; conductivitatea termică; contracția; modulul de elasticitate; tratamentul termic.

##### 4.4.3.1 Densitatea aparentă.

Densitatea aparentă a betonului ușor întărit, este unul dintre parametrii importanți care caracterizează betoanele ușoare spumate influențînd într-o mare măsură celelalte proprietăți ale acestui material și domeniile folosirii sale.

Densitatea depinde de volumul golurilor, porozitatea și granulozitatea agregatelor, tipul și dozajul spumantului folosit, cantitatea de liant și apa de amestecare.

Densitățile betoanelor ușoare spumate (BUS) au fost determi-

nate pe cuburi cu latura de 10 cm, în stare proaspătă, la decofrare și la vîrstele 7, 14, 28 zile. Valorile densităților în stare proas

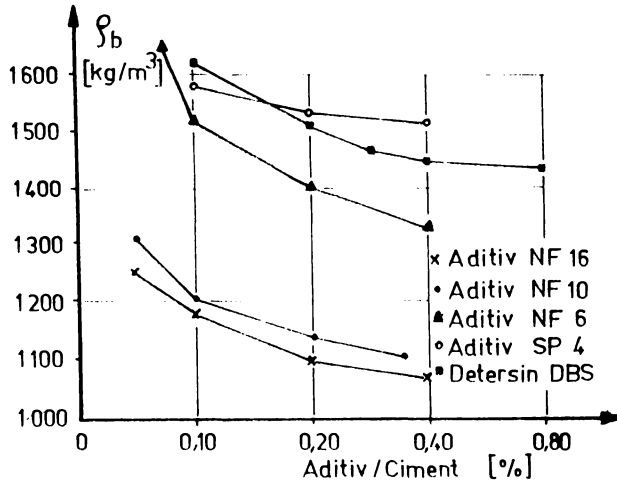


Fig. 4.1

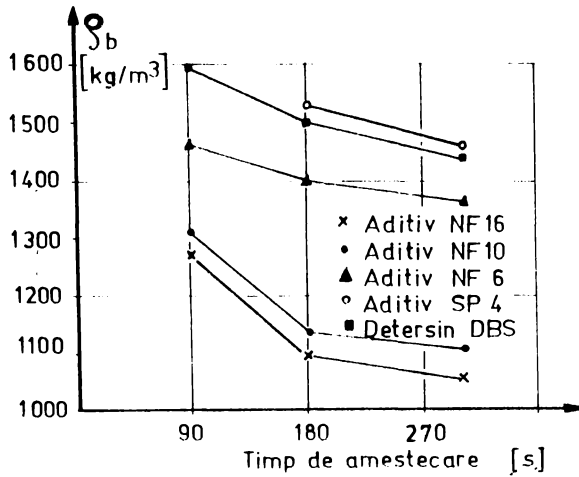


Fig. 4.2

pătă și la 7, 14, 28 de zile sînt prezentate în anexele 4.1...4.8. Acestea au fost prelucrate statistic /51/, /157/, sinteza rezultatelor sînt prezentate în tabelul 4.10. În fig. 4.1 și 4.2 se prezintă densitățile în stare proaspătă a betoanelor BUS cu cenușă de Mintia în funcție de cantitatea de spumant față ciment, respectiv de durata de malaxare /60/, /250/, /251/, /252/.

De asemenea, în cele două figuri este prezentată variația densității în funcție de diversele tipuri de spumanti utilizați comparativ cu spumantul recomandat de normative românești (DETERSIN - DBS).

O sinteză a densităților în stare proaspătă a betoanelor BUS cu cenușă de Oradea și Mintia este prezentată

în fig. 4.3 /254/.

Densitățile în stare proaspătă mai variază și în funcție de raportul apă/(ciment+cenușă) și timpul de amestecare. În fig. 4.4 se

prezintă o sinteză a variației densității în stare proaspătă funcție de raportul A/(C + CT) și timpul de amestecare, folosind spumant OF 10 (NF 10) în procent de 0,1 % din cantitatea cimentului folosit /60/,/62/,/63/,/109/,/250/,/251/,/252/,/254/.

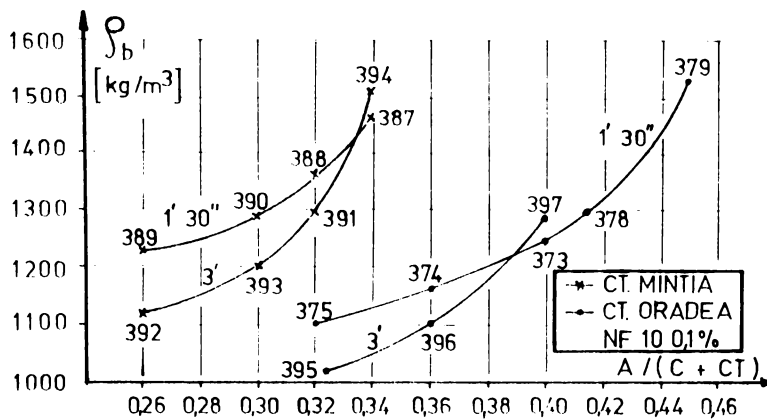
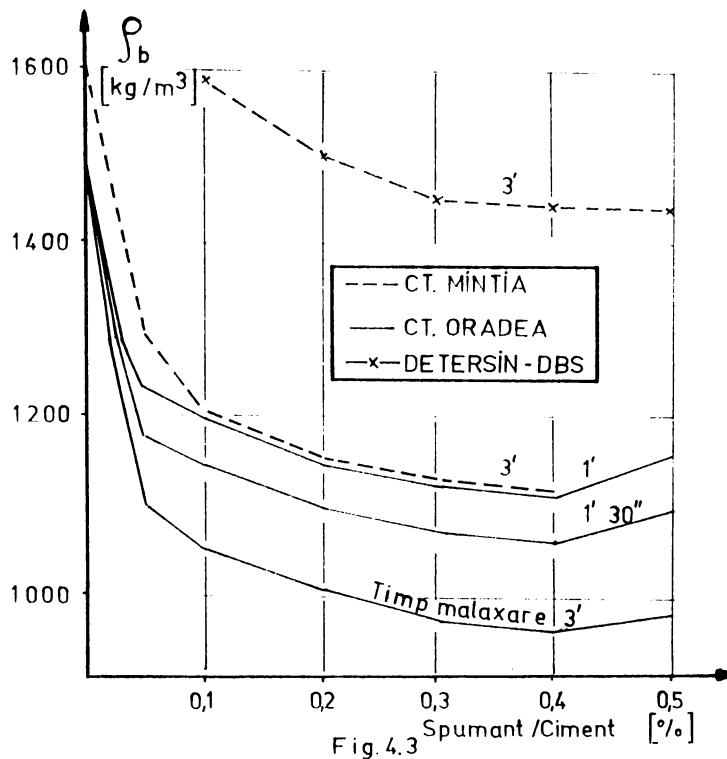
Tabelul 4.10

Cenușă	Spumant %	Raport A/C+CT	Timp de mala- xare (sec.)	Marcă beton Rc daN/cm <sup>2</sup>	Densita- te medie în stare proaspătă $\bar{\rho}_b$ kg/m <sup>3</sup>	Abaterea medie pătrati- că s kg/m <sup>3</sup>	Coef. de va- riație Cv (%)
MINTIA	NF10/0,1	0,28	180	57,51	1039	48,38	4,66
		0,32	180	65,80	1057	5,79	0,50
	NF 6/0,1	0,28	180	136,73	1493	37,86	2,54
	NF16/0,1	0,28	180	72,58	1203	47,63	3,96
	Detersin 0,2	0,28	180	127,00	1556	-	-
	SP 4/0,2	0,28	180	147,90	1544	-	-
	-	0,29	90	162,00	1574	-	-
ORADEA	NF10/0,1	0,40	180	35,91	1040	19,80	1,90
	-	0,50	180	130,00	1569	-	-

Din studiile efectuate rezultă că cei mai eficienți spumanti sînt aditivii OF 10 (NF 10) și NF 16, OF 10 avînd avantajul unui preț de cost mai scăzut.

Comparînd rezultatele obținute pe betoanele cu aditivi OF 6 (NF 6), OF 10 (NF 10), NF 16 și SP 4 cu cele ale betoanelor martor cu aditiv DETERSIN - DBS se pot trage următoarele concluzii /250/ /251/,/252/,/254/ :

- aditivul SP 4 duce la obținerea unor betoane cu densități aproximativ egale cu cele obținute cu DETERSIN - DBS:
- la aceeași cantitate de aditiv și la timp egal de amestecare betoanele cu aditivul DETERSIN - DBS au densități mai mari cu 5...10 % decît betoanele cu aditivul OF 6 (NF 6),



12...35 % comparativ cu betoanele cu aditivul OF 10 (NF 10) și 25...38 % față de betoanele cu aditivul NF 16, diferențele cresc odată cu creșterea duratei de amestecare (fig.4.2);



- creșterea timpului de amestecare de la 90 sec. la 300 sec. pentru aceeași cantitate de spumant, duce la scăderea densității cu 8 % la betoanele cu DETERSIN - DBS, 12 % când se folosește OF6 (NF 6), 23 % pentru betoanele cu aditivul OF 10 (NF 10) și 21 % la NF 16 (fig.4.2).

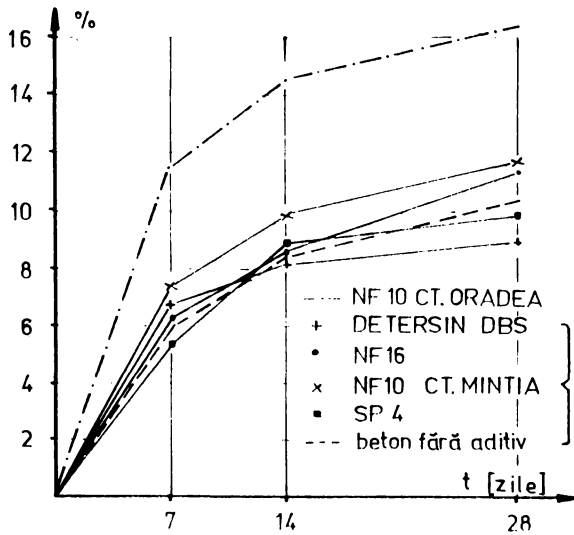


Fig. 4.5

scăderile importante de densitate în stare proaspătă se obțin folosind antrenor de aer în proporție pînă la 0,2 % din cantitatea cimentului folosit indiferent de timpul de amestecare. Peste cantitate de spumant de 0,2 % scăderile de densitate sînt reduse (fig.4.3) iar la cantități mai mari de 0,40 % de spumant densitățile încep să crească datorită fluidizării amestecului prin efectul de în-

spumare. Se recomandă ca în cazul folosirii cenușei de Oradea cantitatea de spumant să fie sub 0,15 % din cantitatea de ciment, obținindu-se astfel un beton cu o densitate în stare proaspătă de 1050...1175 kg/m<sup>3</sup>, respectiv sub 0,2 % spumant în cazul folosirii cenușei de Mintia, obținînd densități în stare proaspătă de 1033...1195 kg/m<sup>3</sup>, densități care asigură o rezistență la 28 de zile de peste 40 daN/cm<sup>2</sup> /250/, /254/.

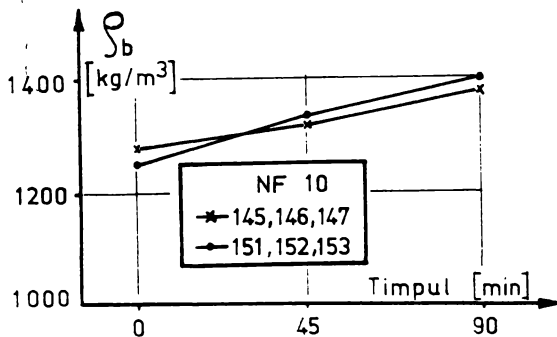


Fig. 4.6

spumare. Rezultatele obținute cu privire la variația în timp a densității arată o scădere la 28 de zile față de betonul proaspăt de 9 - 12 % la BUS cu cenușă de Mintia, respectiv 16,5 % pentru BUS cu cenușă de Oradea (fig.4.5)

scăderea cea mai mare fiind în primele 7 zile. Peste 28 de zile scăderile de densitate sînt reduse /250/, /254/.

Creșterea duratei de timp de la preparare - punere în operă de la 0 la 90 min. duce la creșterea densității cu aproximativ 10 % (fig.4.6) /250/.

Pentru a obține un beton lucrabil și cu densitate în stare proaspătă de 1000...1200 kg/m<sup>3</sup>, raportul apă/(ciment+cenușă) recomandat este 0,28...0,30 la cenușa de Mintia și 0,36...0,38 la cenușa de Oradea /250/, /254/.

Betoanele fără spumant obținute cu cenușă de Oradea au densități în stare proaspătă de 1500...1575 kg/m<sup>3</sup> (Anexa 4.8) față de 1666...1738 kg/m<sup>3</sup> (Anexa 4.7) obținute cu cenușă de Mintia, diferența datorîndu-se densității celor două cenuși /250/, /254/.

#### 4.4.3.2 Caracteristici de rezistență.

##### 4.4.3.2.1 Rezistența la compresiune pe cuburi.

Rezistența la compresiune determinată pe cuburi reprezintă principalul parametru care împreună cu densitatea, definește caracteristicile fizico - mecanice ale betonului ușor spumat (BUS).

Programul experimental privind rezistența la compresiune pe cuburi a betonului ușor spumat (BUS), a cuprins determinări pe cuburi cu latura de 10 cm la vîrsta 7, 14, 28, 56 și 90 de zile. Valorile obținute la 28 de zile fiind corectate cu raportul  $R_c$  normat/ $R_c$  exp. al cimentului și sînt prezentate în anexele 4.1...4.8 /25/, /256/.

Rezultatele obținute la 28 de zile (Anexele 4.1...4.8) au fost prelucrate statistic /51/, /157/, iar sinteza rezultatelor este prezentată în tabelul 4.11.

Pe baza rezultatelor experimentale se pot face următoarele constatări:

- rezistențele la compresiune obținute pe betoane cu cenușă și ciment fără adaos spumant au valori de peste 112 daN/cm<sup>2</sup> (Anexa 4.8) pentru BUS cu cenușă de Oradea, respectiv 150 daN/cm<sup>2</sup> (Anexa 4.7) pentru BUS cu cenușă de Mintia;

- cu aditivul DETERSIN - DBS se obțin betoane cu rezistențe

de peste  $100 \text{ daN/cm}^2$  (cu densitățile corespunzătoare de peste  $1500 \text{ kg/m}^3$ ) atunci când cantitatea de aditiv nu depășește  $0,2 \%$ ; la cantități mai mari de aditiv rezistența scade (la  $0,8 \%$  aditiv rezistența obținută este de  $43 \text{ daN/cm}^2$ ;

Tabelul 4.11

Cenușă	Spumant	Raport	Timp de	Densitate medie	Rezistența	Abaterea medie	Coef. de variație
	%	A/C+CT	mala-xare (sec.)	în stare proaspătă $\bar{\rho}_b \text{ kg/m}^3$	medie $\bar{R}_c \text{ daN/cm}^2$	pătratică S $\text{daN/cm}^2$	$C_v$ (%)
MINTIA	NF10/0,1	0,28	180	1039	57,51	13,94	2,20
		0,32	180	1057	65,80	5,53	2,80
	NF 6/0,1	0,28	180	1493	136,73	27,65	20,22
	NF16/0,1	0,28	180	1203	72,58	7,19	9,9
	Detersin 0,2	0,28	180	1556	127,00	-	-
	SP 4/0,2	0,28	180	1544	147,90	-	-
	-	0,29	90	1574	162,00	-	-
ORADEA	NF10/0,1	0,40	180	1040	35,91	2,96	8,23
	-	0,50	180	1569	130,00	-	-

- cu aditivul NF 16 și OF 10 (NF 10) se obțin rezistențe de  $50 \dots 100 \text{ daN/cm}^2$  atunci când cantitatea de spumant este sub  $0,2 \%$  sau la cantități mai mari de  $0,2 \%$  la timp de amestecare de  $90 \text{ sec.}$  (Anexa 4.2...4.3); densitățile în stare proaspătă corespunzătoare valorilor de peste  $50 \text{ daN/cm}^2$  sînt cuprinse între  $1200 - 1350 \text{ kg/m}^3$ ;

- cu aditivul OF 6 (NF 6) se obțin betoane cu rezistențe între  $50 \dots 100 \text{ daN/cm}^2$  (cu densități de  $1250 \dots 1400 \text{ kg/m}^3$ ) când cantitatea de aditiv este minimum  $0,2 \%$  și timpul de amestecare de  $180 \dots 300 \text{ sec.}$  și rezistențe mai mari de  $100 \text{ daN/cm}^2$  (densități peste  $1470 \text{ kg.m}^3$ ) când cantitatea de spumant este sub  $0,2 \%$  sau pentru timp de amestecare de  $90 \text{ sec.}$  (Anexa 4.4);

- betoanele obținute cu aditivul SP 4 au rezistențe mai mari de  $100 \text{ daN/cm}^2$  la densități mai mari de  $1400 \text{ kg/m}^3$  (Anexa 4.5).

- In cazul betoanelor BUS cu cenușă de Oradea și aditiv OF

10 (NF 10) rezistența la compresiune este mai mare de cît 40 daN/cm<sup>2</sup> la toate rețetele care au densitatea în stare întărită peste 900 kg/m<sup>3</sup> (Anexa 4.6) ceea ce corespunde în stare proaspătă la o densitate de 1100...1200 kg/m<sup>3</sup>.

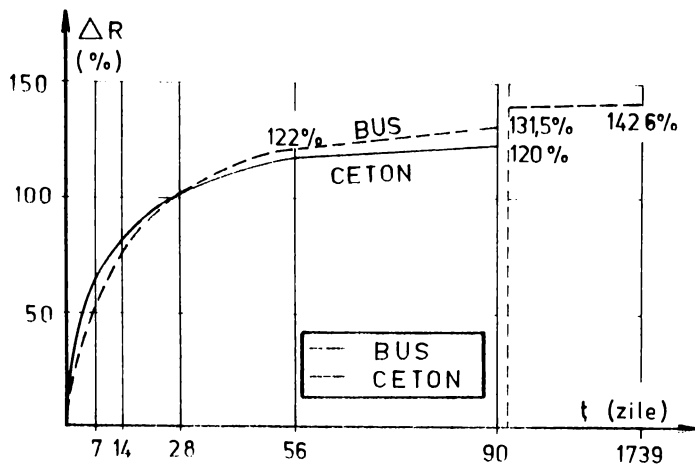


Fig. 4.7

Variația în timp a rezistențelor la compresiune a betoanelor ușoare spumate (BUS) arată o viteză de creștere mai mare în primele 28 de zile (tabelul 4.12, fig. 4.7), iar ulterior viteza de creștere rămîne mai mică; rezistența la 90 de zile fiind cu 31,5 % mai mare de cît la 28 de zile, respectiv la 1739 de zile pentru R 209 cu 42,6 %.

Tabelul 4.12

Tipul beto-nului	R <sub>b</sub> / R <sub>b</sub> 28 în %							
	7 zile	14 zile	28 zile	56 zile	90 zile	180 zile	365 zile	1739 zile
CETON	60-65	75-80	100	110-115	115-120	120-125	125	-
BUS	35-50	50-95	100	110-125	125-131	-	-	142,6

Rezultatele obținute sînt în concordanță cu alte cercetări /103/, /173/ care consideră că, creșterea rezistenței durează pînă la 2 ani și betoanele spumate pot atinge o rezistență dublă față de cea la 28 de zile.

Pentru compararea betoanelor ușoare BUS cu alte betoane cu caracteristici cunoscute (BCA, CETON, BSCT, beton ușor de izolație și rezistență, betoane obișnuite) în ambele fig. 4.1...4.8 și în fig. 4.8...4.10, se prezintă indicii de calitate reprezentat prin raportul dintre rezistență și densitate la 28 de zile ( $R_{C28}/\rho_{b28}$ ) funcție de rezistență.

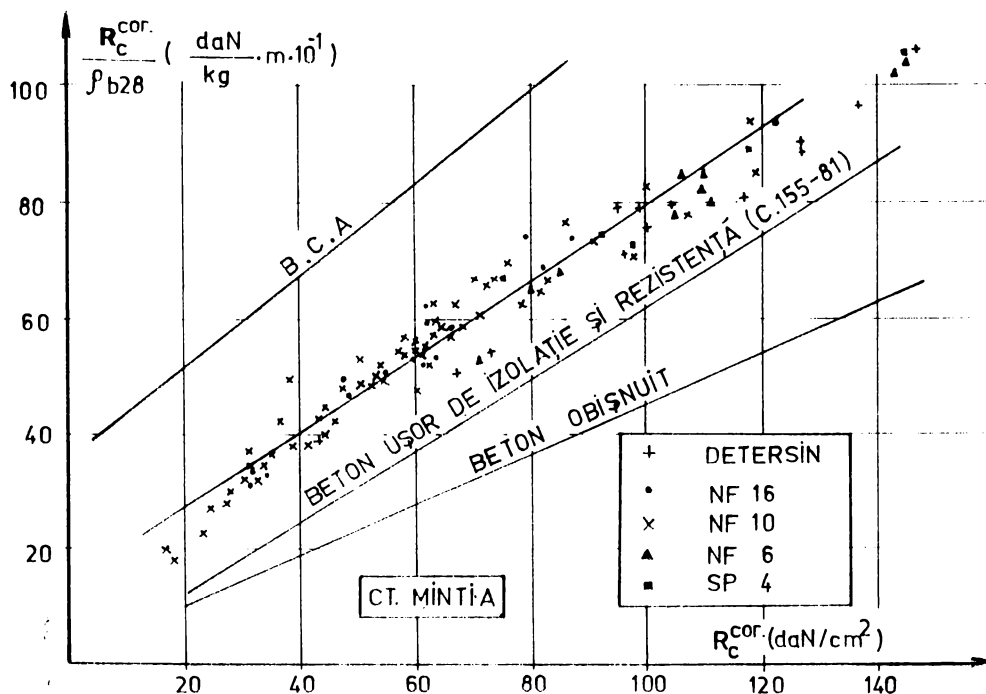


Fig.4.8

Prin compararea rezultatelor cercetărilor se constată că :

- betoanele ușoare BUS au indici de calitate superioare betoanelor obișnuite de izolație și rezistență (C155-81) și inferioare betonului celular autoclavizat (BCA);

- CETON -ul și BSCT -ul are indici de calitate asemănătoare cu betonul BUS; CETONUL se situează între betoanele BUS cu cenușă de Mintia, respectiv BSCT cu cenușă de Holboca-Iași și BCA.

Analizând rezultatele cercetărilor experimentale cu privire la rezistența la compresiune a betonului ușor spumat (BUS), se poate afirma că aceasta este influențată de :

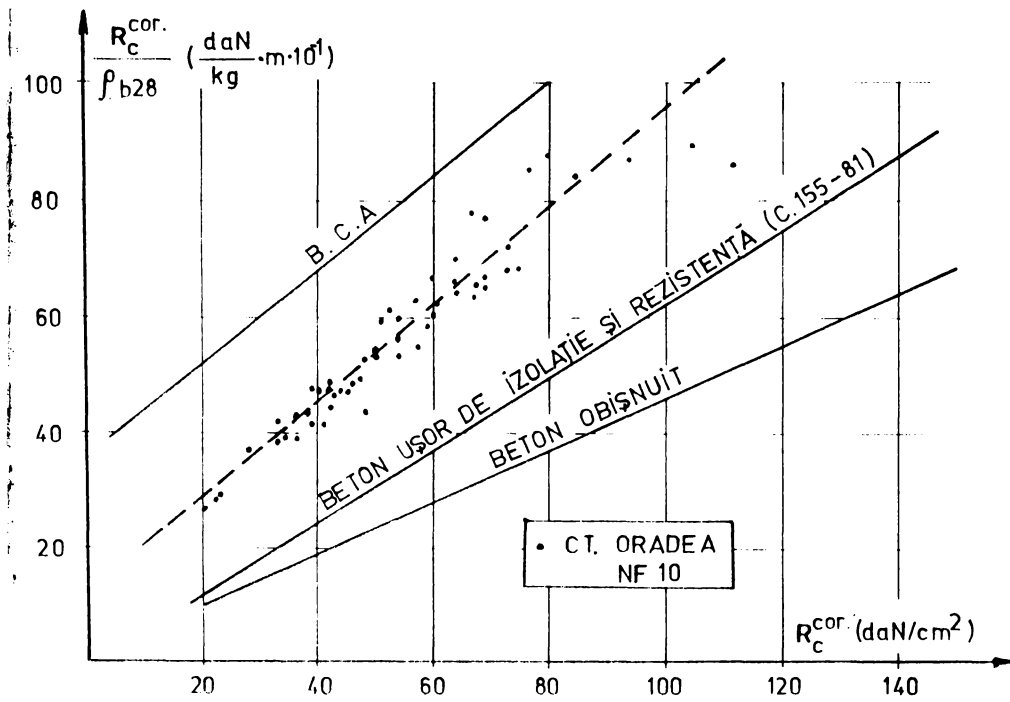


Fig. 4.9

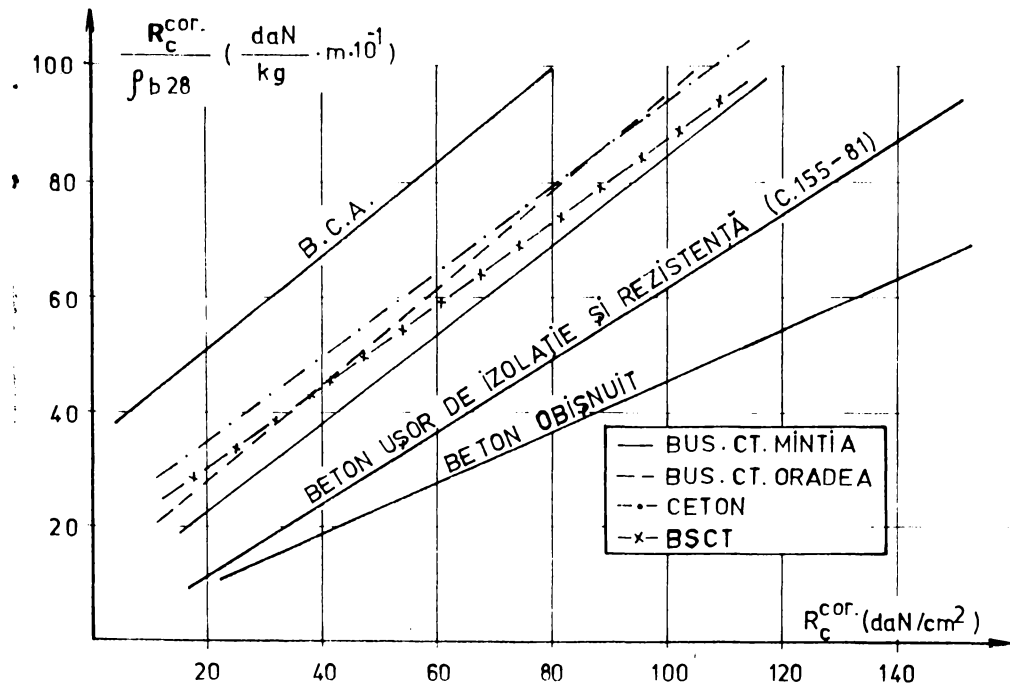


Fig. 4.10

- dozajul și calitatea cimentului;
- raportul A/(C + CT);
- proveniența și caracteristicile fizico-chimice ale cenușilor;
- tipul și cantitatea spumantului folosit;
- durata și frecvența de malaxare (amestecare);
- modul și durata de compactare, recomandându-se vibratoare cu frecvențe înalte și max. 30 sec. pentru BUS Mintia și 20 sec. pentru BUS Oradea;
- modul de tratare termică și condițiile de păstrare ulterioare.

Legătura dintre rezistența la compresiune ( $R_c$ ) și densitatea betonului ușor spumat a fost determinată pe baza datelor experimentale /250/, /251/, /252/, /254/.

Prelucrarea statistică s-a efectuat considerînd că  $R_c$  și  $\rho_b$  sînt două variabile aleatorii între care există o dependență curbilinie. Făcînd o transformare logaritmică  $X = \ln R_c$  și  $Y = \ln \rho_b$  și reprezentînd grafic rezultatele în noul sistem de axe se poate considera că ele au o distribuție liniară (ecuație de regresie  $Y = a + bx$ ) /51/, /157/. Pe baza rezultatelor experimentale s-a obținut dreapta de regresie :

$$X = 2,514 + 0,206 Y \quad ( 4.1 )$$

Revenind la sistemul inițial de axe se obține o curbă de ecuație :

$$R_c = 12,26 \rho_b^{0,206} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad ( 4.2 )$$

Pentru simplificare se poate folosi în locul relației 4.2 o relație, care dă aceleași rezultate, de forma :

$$R_c = 12,78 \rho_b^{0,2} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad ( 4.3 )$$

unde  $\rho_b$  este densitatea betonului în  $\text{kg/m}^3$ .

#### 4.4.3.2.2 Rezistența la compresiune pe prisme.

Rezistența la compresiune pe prisme a fost determinată pe epruvete de 10x10x30 cm, prelucrarea statistică a rezultatelor sînt prezentate în tabelul 4.12.

Se constată că indiferent de marca betonului ușor spumat raportul  $R_c \text{ pr.} / R_c \text{ cub.}$  este mai mare de cît cel cunoscut la betonul greu și scade cu creșterea mărcii betonului ușor spumat.

Tabelul 4.12

Rețeta	Nr. de probe	Rezistența la :		$\overline{R_{cpr}}/R_c$ valori medii	Abaterăea medie pătratică $S$ (daN/cm <sup>2</sup> )	Coef. de variație $C_v$ (%)	$R_{cpr}=(1-1,645C_v) \overline{R_{cpr}}$ (cu risc de 5 %)
		Compre-siune $R_c$ daN/cm <sup>2</sup>	Prisma-tică $R_{cpr}$ daN/cm <sup>2</sup>				
R 316	3	33,82	24,75	0,858	1,94	7,86	21,55
R 317	3	42,61	36,58	0,858	1,41	3,87	34,25
R 325	3	47,83	30,99	0,648	5,25	16,94	22,35
R 326	3	49,91	36,88	0,739	10,35	29,44	19,02

Comparînd raportul  $\overline{R_{cpr}}/R_c$  din tabelul 4.12 cu rezultatele obținute pe betonul ușor de izolație și rezistență cu granulit de Lugoj /58/ se constată o scădere a acestuia cu 16,68 %.

#### 4.4.3.2.3 Rezistența la întindere din încovoiere.

Rezistența la întindere din încovoiere a fost determinată pe prisme de 10x10x55 cm cît și de 4x4x16 cm, rezultatele prelucrării statistice a datelor sînt prezentate în tabelul 4.13.

Se constată o dispersie destul de mare a rezultatelor, coeficientul de variație avînd valori între 1,41...5,72 %.

Pentru determinarea relației dintre  $R_{ti}$  și  $R_c$  s-a procedat în mod analog ca și la punctul 4.4.3.2.1

Notîndu-se  $x = \ln R_{ti}$  și  $y = \ln R_c$  s-a obținut o dreaptă de regresie de ecuația :

$$x = 0,823 + 0,408 y \quad ( 4.4 )$$



Tabelul 4.13

Rețeta	Nr. de probe	Rezistența la :		Abaterea medie pătratică $S$ daN/cm <sup>2</sup>	Coeficient de variație $C_v$ (%)	$R_{ti} = (1 - 1,645 C_v) \times R_{ti}$ (garantat cu risc de 5%)
		Compreziune $R_c$ daN/cm <sup>2</sup>	Intindere $R_{ti}$ daN/cm <sup>2</sup>			
R 209*	5	51,06	2,50	0,0353	1,41	2,442
R 209	5	40,94	2,09	0,1194	5,72	1,889
R 208	5	46,25	2,20	0,1017	4,62	2,033

Observație: \* ținut în apă.

Revenind la sistemul inițial de axe se obține o curbă de ecuație :

$$R_{ti} = 0,44 R_c^{0,408} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (4.5)$$

Pentru simplificare se poate folosi în locul relației (4.5) o relație, care dă aceleași rezultate, de forma :

$$R_{ti} = 0,45 R_c^{0,4} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (4.6)$$

unde  $R_c$  este rezistența la compresiune al betonului în daN/cm<sup>2</sup>.

#### 4.4.3.2.4 Rezistența la îngheț - dezgheț.

Rezistența la îngheț-dezgheț a betonului ușor spumat (BUS) s-a stabilit pe baza pierderii de masă  $\Delta m_s$  și a pierderii de rezistență  $\Delta R$  care apar după un număr de 50 de cicluri. Un ciclu cuprinde păstrarea probelor timp de 4 ore la temperatura de -17°C urmată de dezghețare timp de 4 ore în apă la temperatură obișnuită. Înainte de începerea ciclurilor de îngheț-dezgheț probele au fost păstrate timp de 48 de ore în apă.

Intrucît în țara noastră singurele valori prescrise pentru acest tip de materiale sînt cele de BCA, rezultatele cercetărilor experimentale pentru CETON /172/, /173/, /174/, /256/ și BUS au fost comparate cu aceasta (tabelul 4.14).

Pentru betonul ușor spumat (BUS) s-au efectuat 50 de cicluri cu mult peste cerințele impuse pentru BCA.

Comparând rezultatele cercetărilor se constată că :

- probele din beton BUS au absorbția de apă, de la umiditatea naturală, pînă la saturație de 18,8 % față de probele martor (R114) din beton fără aditiv care au o absorbție de 7,3 %;
- comportarea la îngheț-dezghet este bună, pierderea de masă

**Tabelul 4.14**

Beton	Spumant :		Raport $A/(C+CT)$	Densitate $\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	Nr. cicluri	Pierderi de :	
	Tip	%				masă $\Delta_{mS}$ (%)	Rezistență $\Delta_R$ (%)
BUS	OF 10	0,1	0,28	1083	50	2,1	9,46
	NF 16	0,1	0,28	1110	50	5,1	12,33
	OF 10 CaCl <sub>2</sub>	0,1 0,2	0,28	1087	50	5,2	20,40
	-	-	0,30	1565	50	1,6	3,97
CETON	?	?	?	< 600	25	< 1,0	> 15,80
	?	?	?	> 600	25	1-2*	> 15,80
BCA	-	-	-	600	25	4,3	15,00
	-	-	-	700	25	2,6	10,00

Observație : \* creșteri de masă.

fiind la limita valorilor maxime prescrise, iar pierderea de rezistență este sub 20 % pentru 50 de cicluri deși pentru BCA se prevăd 25 de cicluri;

- betonul ușor spumat (BUS) cu OF 10 (NF 10) are o comportare mult mai bună față de cele cu NF 16 sau cele cu OF 10 și CaCl<sub>2</sub>

Rezistența la îngheț- dezghet a betoanelor ușoare este influențată în mare măsură de dozajul de ciment. Majoritatea studiilor /103/ arată limita inferioară a dozajului de ciment de 180...200 kg/m<sup>3</sup>, corespunzătoare unei rezistențe de 35...50 kg/cm<sup>2</sup> pentru care scăderea rezistenței nu este mai mare de 20 %.

#### 4.4.3.2.5 Tratamentul termic.

Tratamentul termic duce la scurtarea procesului de întărire a betoanelor ajungînd la 80 % din rezistența betonului întărit în

mod normal la 28 de zile, este mai mare cu cca 20 % decât a betonului întărit în condiții normale.

Lucrările experimentale efectuate de S.A. Mironov /112/ au arătat că ridicarea temperaturii aburului duce la creșterea mai intensă a rezistenței betonului cu zgură față de betonul obișnuit (fig.4.11).

Din literatura de specialitate rezultă necesitatea efectuării cercetărilor cu privire la tratamentul termic pentru fiecare

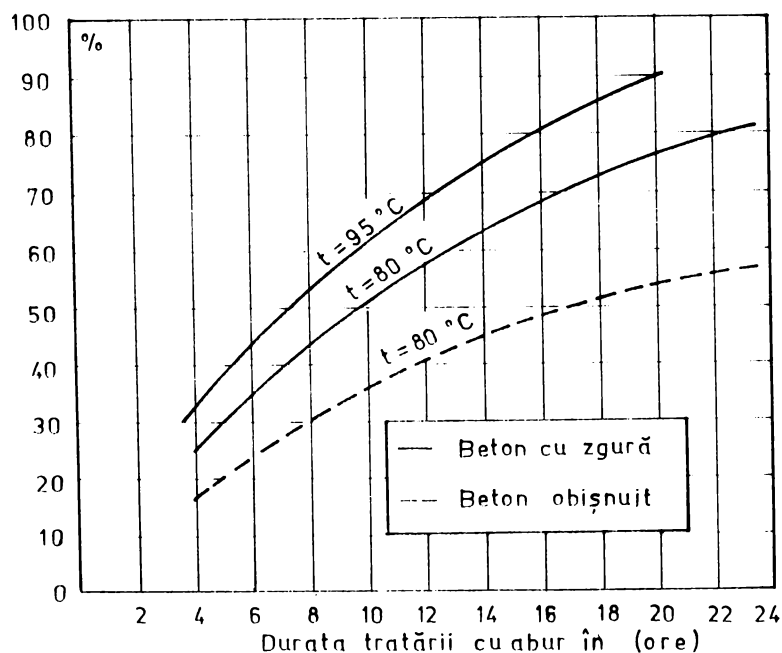


Fig.4.11 Relatia între durata tratării cu abur a betoanelor și rezistența față de  $R_{28}$  în % /112/.

tip de beton ușor în parte, cercetări care să stabilească timpul de așteptare ( $T_a$ ), timpul de ridicare a temperaturii ( $T_r$ ) și la ce valoare ale acestuia, timpul de izotermie ( $T_i$ ), respectiv timpul de coborîre a temperaturii ( $T_c$ ).

Tratarea termică a betoanelor ușoare spumate diferă de cea a betoanelor obișnuite datorită bulelor de aer care se formează prin malaxarea forțată a acestor betoane. Elementul principal care

complică și condiționează tratamentul termic îl constituie expansiunea bulelor de aer din betonul ușor spumat încă neconsolidat. În timpul tratamentului termic temperatura materialului de bază (ciment + cenușă + apă) se încălzește și se dilată, iar presiunea internă din bulele de aer crește datorită creșterii temperaturii aerului. Dacă structura betonului ușor spumat nu este consolidată atunci apare o unflare a suprafeței probelor supuse tratamentului termic. Aceasta înseamnă că, pentru a realiza un tratament termic mai energic, adică la o temperatură mai ridicată este necesar ca materialul să fie consolidat (priza începută).

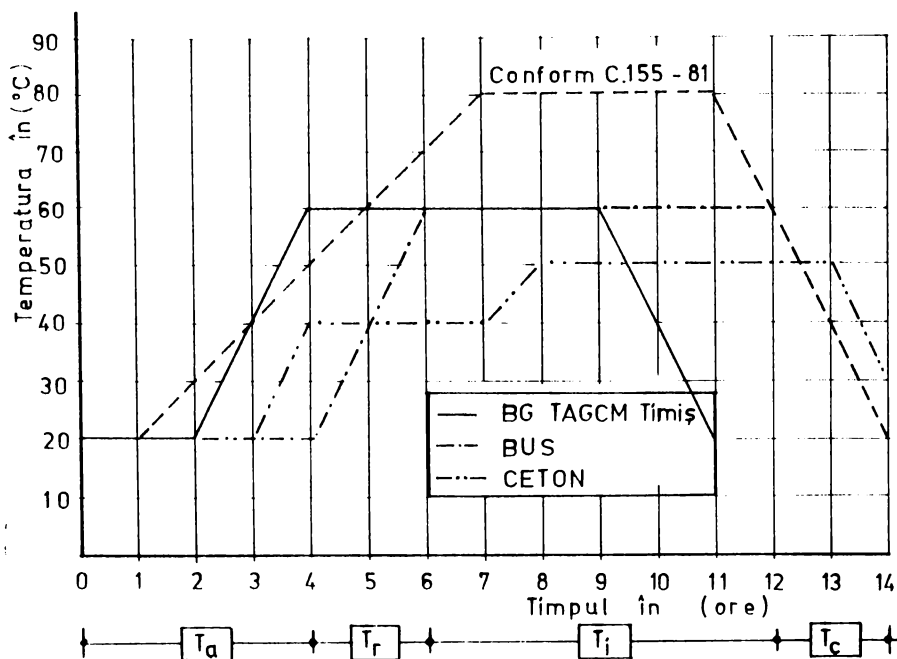


Fig.4.12 Ciclul de tratare termică a betonului ușor spumat (BUS)

Datorită acestor considerente încercările de comportare la tratament termic al betonului ușor spumat (BUS) s-au făcut în următoarele condiții (fig.4.12) :

- timpul de așteptare  $T_a = 2, 4, 6, 10, 12, 14$  și  $24$  ore;
- timpul de ridicare a temperaturii  $T_r = 2$  ore;

- izotermia la 60 °C, cu aer cald, timp de izotermie  
 $T_i = 6$  ore;

- timpul de coborîre a temperaturii  $T_c = 2$  ore.

Din rezultatele încercărilor efectuate pînă în prezent (tabelul 4.15) se pot trage următoarele concluzii /60/, /250/, /251/, /254/ :

- rezistența la 28 de zile la toate rețetele tratate termic au fost egale sau mai mari cu pînă la 10 % față de probele martor netratate termic în cazul BUS cu cenușă de Mintia, respectiv cu 14...19 % mai mari în cazul betonului cu cenușă de Oradea;

**Tabelul 4.15**

Beton	Variația rezistenței $R_c$ în % la :				
	24 ore	48 ore	7 zile	14 zile	28 zile
BUS martor	-	20...25	35...50	50...75	100
BUS Mintia	25...30	40...60	70...90	95...100	> 110
BUS Oradea	25...30	40...60	70...90	95...100	> 114...119

- la 24 de ore rezistențele probelor tratate termic reprezintă 25...30 % din rezistențele la 28 de zile;

- la 48 de ore rezistențele probelor tratate termic reprezintă 40...60 % din rezistențele la 28 de zile față de 20...25 % la probele netratate;

- la 7 zile rezistențele probelor tratate reprezintă 70...90 % din rezistențele la 28 de zile, iar la 14 zile 95...100 % din rezistențele la 28 de zile;

- cele mai mari sporuri de rezistențe, la 48 de ore, se obțin la probele cu perioada de așteptare de 4 și 10 ore în cazul folosirii cenușei de Mintia, respectiv 2,6 și 14 ore în cazul cenușei de Oradea.

Se apreciază timpul optim de așteptare pînă la începerea tratamentului termic de 4...10 ore, iar decofrarea să se facă la 48 de ore.

#### 4.4.4 Caracteristici de deformație.

##### 4.4.4.1 Modulul de elasticitate.

Modulul de elasticitate al betonului ușor depinde de modulul de elasticitate al agregatelor și al pietrei de ciment, de densitatea și rezistența betonului la compresiune, de raportul dintre volumul ocupat de agregat și volumul ocupat de piatra de ciment /1/, /6/, /8/, /48/, /59/, /120/, /163/.

Deformabilitatea betoanelor ușoare cu agregate sub sarcină instantanee este mai mare de cât deformabilitatea betonului obișnuit de aceeași marcă și rezistență. Aceasta se datorează în primul rând unei deformabilități mai mari a agregatului, porozității structurii betonului și unei mari sensibilități la umiditate.

După Schort, în cazul rezistențelor la compresiune identice,  $E_b$  al betonului ușor variază între 0,33...0,66 din valoarea corespunzătoare  $E_b$  a betonului obișnuit.

Din încercările experimentale efectuate de o serie de cercetători rezultă că față de betoanele obișnuite, betoanele ușoare în cazul unei rezistențe cubice egale, au o valoare a modulului de elasticitate de două ori mai mică.

Pentru definirea modulului de elasticitate a betonului ușor, funcție de densitate și rezistența la compresiune a betonului, majoritatea normelor de calcul și lucrărilor din literatura de specialitate pornesc de la relația lui Pauw :

$$E_b = K \sqrt{\rho_b^3 \cdot R_b} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (4.7)$$

unde :  $\rho_b$  este densitatea betonului, în  $t/m^3$ ;

$R_b$  - rezistența la compresiune pe cilindrii, în  $daN/cm^2$ ;

$K$  - constantă în funcție de tipul agregatului.

Pentru constanta  $K$  se acceptă valoarea de 4000 (prescripțiile germane), 6000 (CEB), 4300 (ACI 318), 5280 (normele franceze), 5340 (Vademecum), 5670 (Cembureau), 3500...4000 (pentru granulitul de Mureșeni), 3900...4600 (pentru granulitul de Lugoj).

În noile normative CEB - FIP /8/, /189/, privind betonul ușor de rezistență, se propune următoarea relație pentru determinarea

modulului de elasticitate la vârsta  $t$  :

$$E_{bt} = 0,04 \sqrt{\rho_b^3 \cdot R_{ct}} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4.8)$$

unde :  $\rho_b$  este densitatea betonului în  $\text{kg/m}^3$  determinată la 28 de zile de păstrare în aer;

$R_{ct}$  - rezistența la compresiune pe cuburi în  $\text{N/mm}^2$  determinată la vârsta  $t$ .

Normele SNIP din CSI, indică determinarea modulului de elasticitate cu relația următoare :

$$E_b = A \cdot \rho_b \sqrt{R_c} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (4.9)$$

unde :  $A$  este o constantă egală cu 5,93;

$\rho_b$  - densitatea betonului, în  $\text{kg/m}^3$ ;

$R_c$  - rezistența la compresiune, în  $\text{daN/cm}^2$ .

O. Berge, pe baza încercărilor efectuate în Suedia /11/, /12/, propune formula :

$$E_b = 3,5 \cdot \rho_b \sqrt{R_c} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4.10)$$

unde :  $\rho_b$  este densitatea betonului, în  $\text{kg/m}^3$ ;

$R_c$  - rezistența la compresiune, în  $\text{N/mm}^2$ .

În urma analizelor efectuate în perioada 1971...1975 asupra mai multor tipuri de betoane soare cu granolit, în lucrarea /74/ se propune relația :

$$E_b = (5750 - 4 \cdot R_c) \sqrt{\rho_b \cdot R_c} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (4.11)$$

unde :  $\rho_b$  este densitatea betonului, în  $\text{t/m}^3$ ;

$R_c$  - rezistența la compresiune pe cuburi, în  $\text{daN/cm}^2$ .

Weligher H. /177/ pe baza rezultatelor obținute pe betoane ușoare de argilă expandată din Germania, a ajuns la următoarea relație :

$$E_b = 5900 + 234 \cdot 10^{-4} \sqrt{\rho_b^3 R_c} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4.12)$$

unde :  $\rho_b$  este densitatea betonului, în  $\text{kg/m}^3$ ;  
 $R_c$  - rezistența la compresiune, în  $\text{N/mm}^2$ .

Furdui C./58/ pe baza rezultatelor experimentale obținute pe betoane usoare cu granulit de Lugoj, ajunge la relația următoare:

$$E_b = 6200 + 270 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\rho_b^3 \cdot R_c} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4.13)$$

unde :  $\rho_b$  este densitatea betonului ușor, cu granulit de Lugoj, în  $\text{kg/m}^3$ ;

$R_c$  - rezistența la compresiune pe cuburi, în  $\text{N/mm}^2$ .

Diversitatea relațiilor de calcul indică dispersia mare a rezultatelor și din acest motiv pentru o analiză exactă este necesar determinarea experimentală a modulului de elasticitate pen-

Tabelul 4.16

Rețeta	Rezistența la compresiune $R_c$ (daN/cm <sup>2</sup> )	Densitate beton $\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	Valoare medie $\bar{E}_b$ (daN/cm <sup>2</sup> )	Abaterea medie pătratică s (daN/cm <sup>2</sup> )	Coef. de variație Cv (%)	$E_b = (1 - 1,645 \cdot C_v) \cdot \bar{E}_b$ (cu risc de 5%)
R 316	42,61	830	62007	7385	11,15	50634
R 317	33,82	870	59090			48195
R 325	47,83	905	68106			55614
R 326	49,91	921	75783			61883

tru fiecare tip de beton ușor.

Pentru betonul ușor spumat (BUS), modulul de elasticitate a fost determinat pe epruvete de 10x10x30 cm (STAS 1275), iar prelucrarea statistică a rezultatelor sînt prezentate în tabelul 4.16.

Se constată o dispersie destul de mare a rezultatelor, coeficientul de variație al modulului de elasticitate fiind de 11,15%.

Dintr-un calcul de regresie, admitîndu-se că între  $E_b$  și  $\sqrt{\rho_b^3 \cdot R_c}$  există o legătură liniară, s-a obținut o dreaptă de expresie următoare :

$$E_b = - 5438 + 0,22 \cdot \sqrt{\rho_b^3 \cdot R_c} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4.14)$$



unde :  $\rho_b$  este densitatea betonului ușor spumat (BUS), în  $\text{kg/m}^3$ ;  
 $R_c$  rezistența la compresiune pe cuburi, în  $\text{N/mm}^2$ .

Comparînd rezultatele experimentale privind  $E_b$ , obținute pentru betonul ușor spumat (tab.4.16), cu valorile calculate cu diferite expresii, se obțin diferențe procentuale, față de valorile medii experimentale, prezentate în tabelul 4.17 și figura 4.13.

Se constată că valorile cele mai apropiate de cele experimentale se obțin cu ajutorul expresiei (4.14), dedusă pentru betonul

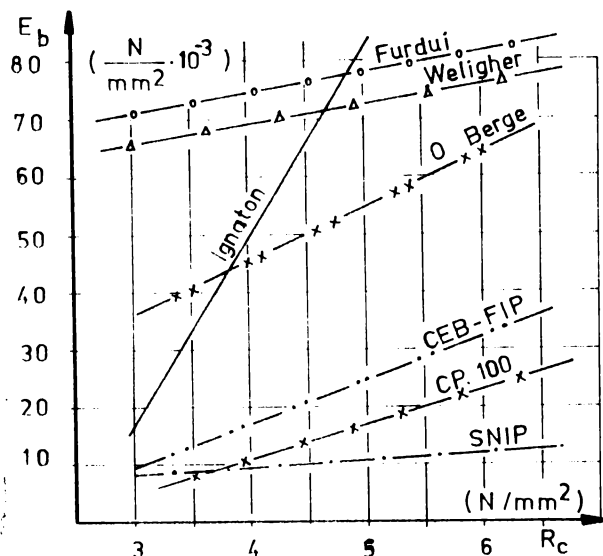


Fig. 4.13

ușor BUS și cu expresia (4.18) dată de Weligher H. /177/.

Datorită diferențelor procentuale mari ( -15,86... +12,83%) față de datele experimentale, este necesară continuarea cercetărilor experimentale în viitor pentru a obține rezultate mult mai numeroase pentru prelucrarea statistică a datelor și deducerea relației privind modulul de elasticitate al betonului ușor spumat în funcție de densitatea și rezistența acestuia.

tate al betonului ușor spumat în funcție de densitatea și rezistența acestuia.

Tabelul 4.17

$\rho_b$ $\text{kg/m}^3$	$R_c$ $\text{N/mm}^2$	Diferențe procentuale față de datele experimentale %						
		CEB-FIP (4.8)	SNIP (4.9)	CP. 100 /58/	O. BERGE (4.10)	WELIGHER (4.12)	FURDUI /58/	IGNATON (4.14)
830	4,3	-68,01	-83,54	-80,42	-23,82	+13,86	+21,58	-11,77
870	3,4	-67,97	-83,90	-79,92	-22,51	+18,58	+26,53	-15,86
905	4,8	-64,97	-82,74	-73,99	-21,55	+7,12	+14,68	+12,83
921	5,0	-67,01	-83,88	-76,90	-27,26	-2,84	+4,08	+9,68

Comparativ cu betoanele grele, de aceeași marcă, betoanele ușoare spumate (BUS) au modul de elasticitate de 0,6...0,7 din cel al betonului greu.

Determinările efectuate de /120/ arată că modulul de elasticitate la întindere a betonului ușor poate fi considerat de același ordin de mărime cu modulul de compresiune.

#### 4.4.4.2 Con tracția betonului ușor spumat.

Deformațiile de contracție ale betoanelor ușoare depind de compoziția betonului, dozajul de ciment, raportul  $A/(C+CT)$  și de mediul de păstrare. În general, dacă agregatul folosit nu necesită o cantitate mai mare de pastă de ciment decât agregatul obișnuit, contracțiile betoanelor grele și ușoare au același ordin de mărime /8/. Folosirea unor agregate ușoare sparte, fine, cu pori deschiși, cu formă neregulată sau granulometria deficitară, conduce la majorarea deformației de contracție.

Valoarea finală a deformațiilor din contracție a betoanelor ușoare este influențată, în mod asemănător și de aceeași factori care influențează contracțiile betoanelor grele; particularitățile betoanelor ușoare se referă la proprietățile elastice ale agregatelor și modul de desfășurare în timp a deformației din contracție.

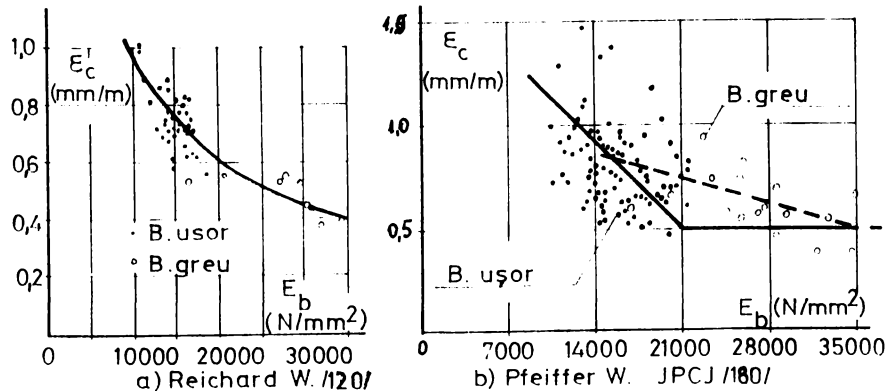


Fig.4.14 Relația între contracție și modulul de elasticitate.

Richard W. /59/ și Pfeiffer /2/ stabilesc o relație între modulul de elasticitate al betonului, care depinde de compresibilitatea agregatului folosit (fig.4.14 a,b).

Legea de variație a contracției în timp arată că în prima perioadă contracția este mai lentă la betonul ușor de cât la cel greu fenomen explicat prin faptul că apa absorbită de granulele agregatului joacă rolul de rezervă atunci când apa din mortar se evaporă /180/.

Modul de apreciere a valorii finale a deformației de contracție, diferă foarte mult pe plan mondial și anume :

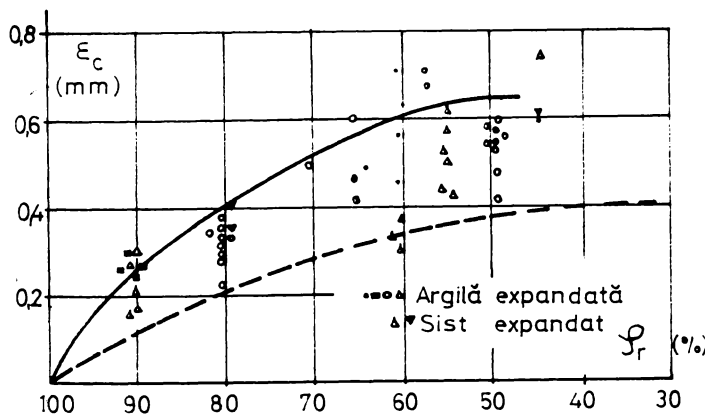


Fig.4.15 Deformațiile din contracție funcție de umiditatea relativă a mediului.  
(URSS, POLONIA) /58/

- se consideră ca fiind egală cu cea a betonului greu (Weigler) /178/;

- nu se dau nici un fel de indicații precise (ACI);

- este mai mare cu 25 % decât la betonul greu (Vade mecum-Belgia)/180/ - are valori mai mari cu 0...50

% decât la betonul greu (Wischers în Chambureau /180/);

- se consideră mai mare cu 7...31 % decât la betonul greu (NIIJB și Radkievich);

- este mai mare cu 1/3 decât la betonul greu (Neville H.) /120/;

- se consideră 0,4...0,5 mm/m, asemănător ca și la betonul greu de rezistență 30...50 N/mm<sup>2</sup> conservat la 20°C și umiditate de 65 % (CEB /8/);

- 0,2...0,7 mm/m funcție de umiditatea relativă (CSI, Polonia - fig.4.14);

- 0,65...0,75 mm/m pentru betoane de marcă B250-B300 (Vironnaud L.);

- 0,5...0,6 mm/m pentru betoane păstrate la 20°C și umiditate 65 % (Schumacher I.);

- valori mai mari cu 50 % de cât la betonul greu (Franța /8/ și România /188/);

- 0,57...0,75 mm/m pentru betoanele ușoare cu granulat de Mureșeni.

Datorită contradicțiilor existente în literatura de specialitate cu privire la contracția betoanelor ușoare, rezultă necesitatea efectuării cercetărilor în scopul elucidării acestei probleme.

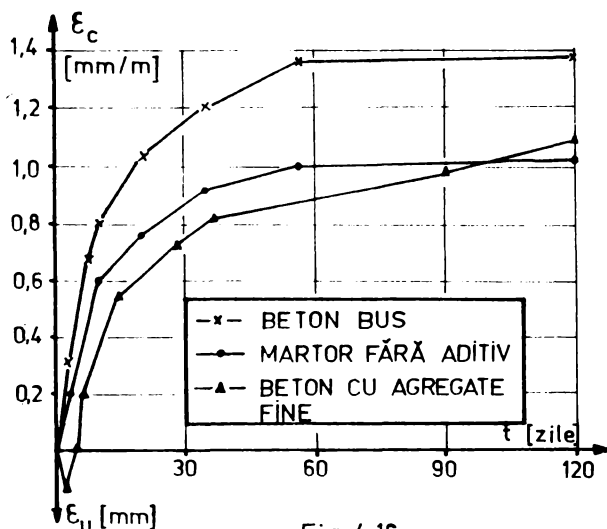


Fig 4.16

Contractia betoanelor ușoare spumate (BUS) a fost urmărită pe epruvete de 4x4x16 cm, rezultatele fiind prezentate în fig. 4.16.

Se constată că față de probele martor (beton de aceeași compoziție dar fără spumant) contracțiile la 120 de zile sînt mai mari cu cca 37 % avînd și viteze de dezvoltare mai rapide în timp.

Aceeași constatare este valabilă la compoziția BUS cu betonul cu agregate fine obișnuite /252/.

#### 4.4.4.3 Calculul deformațiilor de contracție.

Numeroși factori care influențează fenomenul contracției, împiedică formularea unor relații sensibile la toți acești parametri, iar dacă relația ar exista ea ar fi verificată de măsurătorile din laborator și nu ar corespunde măsurătorilor "în situ" dat fiind diferite influențe care intervin.

În lucrarea /8/ este dată o relație stabilită de Hansen J.C.

și Nielsen K., care stabilesc legătura între contracția betonului  $\epsilon_{cb}$ , contracția pastei de ciment  $\epsilon_{cc}$ , contracția agregatului  $\epsilon_{ca}$  și proprietățile elastice ale agregatului și pietrei de ciment ( $E_a, E_c$ ) :

$$\epsilon_{cb} = \epsilon_{ca} + (\epsilon_{cc} - \epsilon_{ca}) \frac{\left(\frac{E_c}{E_a} + 1\right)A_g - \frac{E_c}{E_a} - 1}{\left(\frac{E_c}{E_a} - 1\right)A_g - \frac{E_c}{E_a} - 1} \quad (4.15)$$

unde :  $A_g$  - volumul agregatului raportat la cel al betonului.

Kruml F. verifică contracția betoanelor ușoare după primul an, folosind expresia :

$$\epsilon_{cb} = \left(\frac{C}{1400} \cdot \epsilon_{cc} + \epsilon_{ca}\right) K \quad (4.16)$$

$$\epsilon_{cc} = 0,04 (100 - U) \quad (4.17)$$

unde : C - dozajul de ciment, în  $\text{kg.m}^3$ ;

U - umiditatea relativă a mediului încojurător, în %;

K - coeficient de corecție.

Berge O. /12/ luind în considerare valorile experimentale proprii și din /152/ stabilește printr-un calcul de regresie următoarele relații :

$$\epsilon_{cb} = 0,39 (1 - 0,8 \rho_b / 2400) \sqrt{R_c} \quad (4.18)$$

și

$$\epsilon_{cb} = 1,08 - 0,18 \cdot 10^{-3} \rho_b \quad (4.19)$$

De asemenea se stabilește în /12/ o relație între contracția betonului greu  $\epsilon_{cb}^{BG}$  și contracția betonului ușor  $\epsilon_{cb}^U$  de forma :

$$\epsilon_{cb}^U = \epsilon_{cb}^{BG} \frac{1}{0,3 + 0,7 \frac{\rho_b}{2400}} \quad (4.20)$$

Normele franceze privind betonul ușor /180/, /181/ evaluează contracția în funcție de timp cu o relație de forma :

$$\epsilon_{ct} = \epsilon_c B(t) \quad (4.21)$$

unde :  $\epsilon_c$  - deformația finală a betonului și este egală cu 0,6 mm/m sau 50 % mai mare de cît cea a betonului greu;  
 $\beta(t)$  variația în timp a contracției.

STAS 10107/0-86 indică calculul valorii maxime a deformației de contracție asemănător ca și la betonul greu, luîndu-se o valoare de două ori mai mare pentru deformația de bază.

În /209/ se indică, pe lîngă calculul simplificat din STAS 10107/0-86, un calcul exact pentru deformațiile de contracție. Calculul se conduce identic pentru betonul greu și ușor cu deosebirea că pentru calculul coeficientului de bază a contracției  $\epsilon_{c0}$  se introduce un coeficient care depinde de mediu  $\epsilon_{c1}$  mai mare cu 50 % pentru betoane cu agregate ușoare de cît pentru betoane grele.

Calculul propus în /209/ are deficiența considerării aceleași legi de evoluție în timp a contracției pentru cele două tipuri de betoane.

#### 4.4.4 Caracteristici termotehnice.

Caracteristicile termotehnice ale betoanelor ușoare sînt influențate de densitatea lor, conținutul de umiditate, temperatură, dimensiunea și distribuția porilor, compoziția chimică și textura materialelor componente.

Variația conductivității termice în funcție de densitatea aparentă se explică prin cantitatea diferită de aer închis în porii materialului. De fapt, conductivitatea termică a materialului este valoarea medie a conductivității materialului de bază și a aerului conținut în pori.

În /103/ se prezintă coeficientul de conductivitate termică al materiei de bază :

- materiale anorganice amorfe : 1,4...3,5 Kcal/mh°C;
- materiale anorganice cristaline perpendicular pe axa cristalelor : 4 - 6 Kcal/mh°C;
- materiale anorganice cristaline paralele cu axa cristalelor : 12 Kcal/mh°C.

Un alt factor important care influențează asupra conductivității termice este dimensiunea și distribuția porilor. La un grad

de porozitate identic, conductivitatea termică crește o dată cu mărirea porilor, pentru că în acest caz sporește convecția aerului conținut în pori, ceea ce favorizează trecerea căldurii. La o temperatură de 0 °C în porii cu diametrul 0,5 mm aerul are un coeficient de 0,022 Kcal/mh°C, iar în porii de 5 mm de 0,038 Kcal/mh°C. Conductivitatea aerului crește și ca urmare a deplasării căldurii sub influența difuziunii vaporilor de apă, care se găsesc în aerul conținut în pori. Dacă porii sînt uniți între ei, circulația aerului și deplasarea căldurii se accentuează pe cînd în cazul unor pori închiși materialul prezintă o conductivitate termică mai redusă.

Rezultatele obținute pe plan mondial și cele de la noi din țară privind conductivitatea termică a betoanelor ușoare /38/,

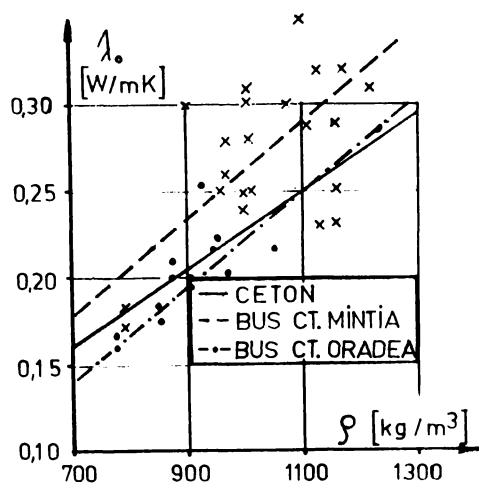


Fig. 4.17

/54/, /58/, /80/, /81/, /87/, /103/, /11/, /113/, /120/, se

referă la cercetări pe eșantioane uscate în etuvă la 105 °C. Din această cauză aceste rezultate nu pot reprezenta conductivitatea "în situ" care este influențată de prezența umidității. Pentru a afla conductivitatea de calcul, normele din diferite țări și de la noi din țară, prevăd fie aplicarea unei corecții pentru rezultatele obținute pe probe uscate, fie

determinarea conductivității termice pentru o umiditate de echilibru de 5 %. La noi în țară STAS 6472/2-84 prevede un coeficient de 1,6...1,2 pentru majorarea conductivității determinată pe probe uscate.

Cercetările recente /8/ arată că pentru fiecare procent de umiditate coeficientul de conductivitate termică crește cu 2...6%

Conductivitatea termică a betoanelor ușoare spumate (BUS) a fost stabilită pe baza determinărilor cu aparatul dr. Boock rezultînd valori de 0,16...0,22 W/mK pentru betoanele cu cenușă de

Oradea (Anexa 4.10, fig.4.17) și 0,17...0,38 W/mK pentru cenușa de Mintia (Anexa 4.9, fig.4.17) /250/, /251/, /252/, /254/.

Dintr-un calcul de regresie, admitându-se că între  $\lambda_0$  și  $\rho_b$  există o legătură liniară, s-a obținut o dreaptă de regresie de forma următoare :

$$\lambda_0 = -0,1053 + 0,0002722 \cdot \rho_b \quad (\text{CTE Mintia}) \quad (4.22)$$

$$\lambda_0 = 0,07 + 0,0001553 \cdot \rho_b \quad (\text{CTE Oradea}) \quad (4.23)$$

Comparînd betonul BUS cu CETON-ul (fig.4.17), se constata o apropiere a conductivității termice, mai ales cu BUS Oradea.

#### 4.5 Instrucțiuni tehnice cu privire la realizarea betonului ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență.

Instrucțiunile tehnice prezintă condițiile tehnice pentru materiale componente, stabilirea compoziției, modul de preparare, transport, punere în operă și tratare ulterioară a betoanelor BUS, controlul calității materialelor prime, betoanelor și a elementelor prefabricate, precum și reguli de tehnica securității muncii /252/.

##### 4.5.1 Materiale folosite.

Betonul ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență se obține prin folosirea următoarelor materiale : ciment, agregat, apă și spumant (Brevet de invenție Nr.94863/1988).

##### 4.5.1.1 Cimentul.

La obținerea betoanelor ușoare spumate (BUS) de izolație și rezistență se poate folosi ciment Pa35 sau P.40. Pentru livrare,



transport, depozitare se vor respecta toate standardele, normativele și instrucțiunile în vigoare, cât și cele de condiții de calitate prevăzute în STAS 1300/78 și 388/86.

#### 4.5.1.2 Agregatul (cenușa de termocentrală).

Agregatul folosit este cenușa de termocentrală. Ea trebuie să îndeplinească condițiile de calitate prevăzute în STAS 8819/1-88. Verificarea și acceptarea lotului de cenușă de termocentrală se face pe baza datelor înscrise în certificatul de calitate și se va urmări prin verificarea condiției tehnice privind rezidiul pe sită 0,2 mm (STAS 1077-76).

Verificarea constantei de volum a cenușii de termocentrală se efectuează conform prevederilor din STAS 227/1986.

Transportul cenușii de termocentrală de la furnizor la beneficiar se va face în vagoane cisternă având inscripția "Cenușă" la loc vizibil. Descărcarea se face prin mijloace pneumatice în silozuri marcate cu mențiunea "CENUSA".

#### 4.5.1.3 Apa.

Apa folosită la prepararea betonului ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență trebuie să respecte aceleași condiții de calitate ca și cea folosită la prepararea betoanelor obișnuite, conform STAS 790/84.

#### 4.5.1.4 Spumantul.

Are rolul de a îmbunătăți lucrabilitatea, asigurând formarea unei cantități de spumă stabilă și cu pori fini în masa betonului. La obținerea betonului ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență se poate folosi spumantul OF 10 (NF 10), produs de Intreprinderea Detergentul Timișoara, având concentrația de 100 %. În situația în care se pot folosi betoane ușoare spumate cu densitatea în stare proaspătă mai mare de  $1350 \dots 1400 \text{ kg/m}^3$  se pot folosi ca și spumanti nonil fenol slab etilat OF 6 (NF 6); DETERSIN - DBS (conform norm. C155/82) sau superplastifiant SP4. Descrierea

spumașilor este prezentată în capitolul 3 care reprezintă parte integrantă a instrucțiunilor prezente. Spumantul se poate folosi și cu concentrație mai mică de 100 % cu mențiunea că, apa de amestec se reduce proporțional.

#### 4.5.2 Stabilirea compoziției betonului ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență.

Compoziția betonului ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență s-a stabilit prin încercări preliminare, adaptând următoarele compoziții ;

- ciment Pa35 : 300 kg/m<sup>3</sup>;
- cenușă de termocentrală: 650 kg/m<sup>3</sup>;
- spumant OF 10 (concentrație 100 %) : 300 g/m<sup>3</sup>;
- A/(C + CT) : 0,28...0,30 pentru CTE Mintia;  
0,36...0,38 pentru CTE Oradea.

Pentru alte cenuși, raportul A/(C + CT) se va determina prin încercări de laborator.

Betonul rezultat are o greutate specifică de  $\rho_b = 1100...1300$  kg/m<sup>3</sup> și rezistența minimă la compresiune de 4 N/mm<sup>2</sup> pentru cenușa de Oradea și de 5 N/mm<sup>2</sup> pentru cenușa de Mintia. Pentru a obține un beton cu rezistență de 7,5...10 N/mm<sup>2</sup> dozajul de ciment crește la 350 kg/m<sup>3</sup> raportul A/(C + CT) la 0,32 pentru cenușa de Mintia și 0,41...0,45 pentru cenușa de Oradea și densitatea la peste 1400 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.5.3 Prepararea, transportul și turnarea betonului BUS.

Pentru prepararea betonului ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență se folosesc stațiile de betoane aflate în dotarea poligoanelor de prefabricate și anume ; SMSB - 35 și CEDOMAL -51, stații cu malaxare cu amestec forțat.

Dozarea materialelor componente se face prin cântărire în condițiile respectării următoarelor abateri :

- la ciment și cenușa de termocentrală, abaterea maximă admisă este de ± 2 %;
- la apă abaterea maximă este de ± 2 %;

- la spumant abaterea maximă admisă este de  $\pm 0,05$  litri/litru soluție.

Dozarea cimentului și a cenușei se face gravimetric cu cântarul existent pe stații. Dozarea spumantului se poate face automat odată cu introducerea apei sau manual (cu vase tarate) prin golirea cantității de spumant (dizolvat în apă) în timpul malaxării, concomitent cu introducerea apei de preparare.

Timpul de malaxare al unui amestec de beton ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență este de 5 minute la betoniere obișnuite, asigurând astfel omogenizarea materialelor componente și înspumarea corespunzătoare.

Folosirea unor betoniere cu amestec forțat cu turație mare (peste 80 rot./min) poate duce la reducerea timpului de amestecare la 3 minute.

Datorită greutatei specifice scăzute și lipsei totale a agregatelor grele, betonierele se pot încărca peste capacitatea lor nominală astfel putând obține la o șarjă cantitatea aproape dublă de beton.

Transportul betonului ușor spumat (BUS) se poate face cu autobetoniere obișnuite sau cu utilaje de transport folosite în stațiile de prefabricate.

Betonul trebuie transportat la locul de punere în operă și pune în operă în minimum de timp (maxim 30 min.), luându-se măsurile necesare pentru ca pe durata transportului să nu se modifice caracteristicile betonului proaspăt (ex. acoperirea cu prelate pentru evitarea pierderii apei prin evaporare pe timp călduros, a variației cantității de apă de preparare pe timp de ploaie sau a temperaturii betonului pe timp friguros etc.)

Turnarea și finisarea betonului ușor spumat (BUS) se face în același mod cu betonul obișnuit, folosind o compactare ușoară.

Înainte de a se trece la fabricarea betonului ușor spumat (BUS), este necesar ca personalul care deserveste stația de betoane să fie instruit de către șeful laboratorului central sau al laboratorului de stație pentru aplicarea corectă a rețetei și a instrucțiunilor de preparare.

Având în vedere finețea mare a betonului și consistența plastic-fluidă utilajele de preparare, transport, precum și cofra-

jale trebuie să fie bine etanșate pentru a împiedica pierderile de material.

La turnare se va face o corelare corespunzătoare între volumul elementului și deschiderea gurii benei.

Verificarea stării tehnice și a bunei funcționări a dozatoarelor, a utilajelor de preparare se face ori de câte ori este nevoie în funcție de starea fizică a fiecărei utilaj, însă cel puțin odată pe săptămână.

Personalul de laborator și operatorii de la stația de preparare a betonului trebuie să intervină prompt ori de câte ori se schimbă calitatea materialelor prin corectarea compoziției de beton, asigurând astfel calitatea constantă (omogenitatea) betonului la prepararea și implicit calitatea elementelor prefabricate din beton ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență.

De asemenea, personalul laboratorului va verifica periodic calitatea materialului produs de stația de betoane sub aspectul densității și a rezistențelor mecanice.

#### 4.5.4 Tratarea și conservarea betonului și elementelor prefabricate din beton ușor spumat (BUS).

Betonul ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență se tratează termic în vederea accelerării întăririi, cu aburi de joasă presiune în funcție de: tehnologia folosită, felul cimentului folosit, numărul și tipul tiparelor din dotare.

La tehnologia de tratare termică cu tipare încălzitoare, ciclurile de tratare termică sînt următoarele: perioadă de așteptare minim 10 ore, perioada de ridicare a temperaturii 2 ore, perioada de izotermie 6 ore și perioada de răcire, 2...3 ore.

După decofrare, elementele prefabricate din beton ușor spumat vor fi menținute în hala de fabricație pentru răcire și uniformizarea temperaturii în masa betonului. Timpul necesar 2...3 ore.

De asemenea, prefabricatele din BUS vor fi udate în depozit prin stropire cu apă și acoperite (eventual), cu prelate umede timp de 3...7 zile (în perioada 15 martie - 15 noiembrie) pentru asigurarea creșterii normale în timp a rezistenței betonului.

#### **4.5.5 Controlul calității materialelor prime, betonului și a elementelor prefabricate din beton ușor spumat (BUS)**

a). Controlul calității cimentului folosit se face conform prevederilor STAS 388/86, STAS 1500/88, după metodologia de lucru prevăzută în STAS 227/86 și STAS 5156/88.

b). Controlul cenușii de termocentrală se face conform prevederilor STAS 8819/88 și a instrucțiunilor tehnice C.189/88.

c). Constanța în volum a amestecului ciment portland și cenușă de termocentrală se face în conformitate cu STAS 227/86, după ce în prealabil s-a verificat cimentul separat.

d). Verificarea calității spumantului se face prin confruntarea datelor din certificatul de calitate emis de fabrică cu prevederile normelor CD.134/87 anexa 2.

e). Controlul calității betonului ușor spumat (BUS) se face conform prevederilor STAS 1759/88, STAS 1275/88, C.140/86, C.132/86.

f). Verificarea calității elementelor prefabricate din BUS se va face în conformitate cu STAS 6657/1-88; 6657/2-88 și CD.132/87, precum și a normelor interne pentru panouri mari din beton pentru construcții de locuințe.

#### **4.5.6 Norme de tehnica securității muncii.**

La prepararea betoanelor ușoare spumate (BUS) de izolație și rezistență și la realizarea elementelor prefabricate cu astfel de betoane se vor respecta prevederile din "Normele republicane de protecția muncii" aprobate de Ministerul Muncii și Sănătății cu ordinul nr.34/75 și ordinul nr.60/75 sau cu alte norme similare care vor înlocui normele de mai sus.

#### **4.6 Cercetări experimentale privind realizarea betoanelor ușoare de granulit cu cenușă și spumant.**

La noi în țară granulitul folosit la realizarea betoanelor ușoare /210/ are densitate ridicată necesitând în plus și completarea fracțiunii fine cu nisip obișnuit și de aceea pentru reali-

zarea unor betoane ușoare de izolație și rezistență, care să se folosească în condiții eficiente pentru elemente de închidere, este necesar să se intervină în structura betonului atât pentru a înlocui fracțiunea fină grea cât și prin crearea unor pori închiși în masa betonului utilizând antrenori de aer. Experiența a arătat că înlocuirea parțială sau totală a fracțiunii fine grele se pot face în condiții economice și cu consum redus de energie prin folosirea cenușii de termocentrală.

Ca atare obiectivele programului experimental au urmărit stabilirea condițiilor de realizare a unor noi tipuri de betoane ușoare de izolație și rezistență în condiții de eficiență economică sporită precum și posibilitățile de folosire a acestor materiale la panouri prefabricate pentru închideri la construcții industriale și agricole.

Pentru realizarea obiectivelor menționate, încercările experimentale au fost efectuate unele în condiții de laborator pe epruvete iar altele în condiții de poligon pe elemente la scară naturală.

#### 4.6.1 Materiale și compoziții folosite.

Betonul ușor de granulat cu cenușă de termocentrală și spumant s-a obținut având în compoziție ciment Pa35, granulat de Lugoj, cenușă de termocentrală (CET Mintia), nisip, apă și aditiv antrenor de aer.

Agregatele folosite pentru realizarea compoziției BG au fost formate din granulat de Lugoj sorturile 0/10 și 10/20; sau 0/20 precum și nisip de rfu 0/3 mm.

Sorturile 0/10 și 10/20 de granulat sau obținut din sortul 0/20 prin ciuruire.

Caracteristicile agregatelor folosite sînt date în tabelul 4.18.

Se constată că granutul folosit depășește clasa unui granulat A3b după  $\sigma_b$ .

În ceea ce privește agregatul total sînt respectate condițiile impuse în C.155 - 81 tab.12, cu privire la granulozitatea fiecărui sort sau amestecuri de sorturi.

Tabelul 4.18

Tipul agregatului	Sortul	% treceri pe ciurul :							$\rho_g$ kg/m <sup>3</sup>	$\rho_a$ kg/m <sup>3</sup>
		0,2	1	3	7	10	16	20		
GRANULIT	0...10	1,5	8,7	33,8	72,5	100	-	-	1324	1575
	10...20	-	-	-	-	-	92,2	100	1104	1690
	0...20	0,6	3,7	10,5	31,9	-	85,0	100	1215	-
NISIP	0...3	16	78	100	-	-	-	-	1610	2632

Sortul 0/3 de nisip avînd treceri de 78 % pe ciurul de 1 mm nu respectă limitele de 35...75 % conform STAS 1667/76 și conform C.155-81.

Cenușa folosită a provenit de la CTE Mintia și respectă cerințele conform STAS 8819/1 - 88.

Cimentul folosit la toate încercările a fost un Pa35.

Aditivii folosiți ca antrenori de aer au fost : DETERSIN-DBS (STAS 9062-76) și NF 16, OF 10 (produși de Intreprinderea Detergentul Timișoara).

Compozițiile rețetelor, grupate pe tipuri de antrenori de aer, sînt prezentate în anexa 4.11.

În scopul obținerii compoziției optime s-au considerat ca variabile tipul și cantitatea de aditivi față de ciment, cantitatea de ciment și cenușă, durata de amestecare, precum și compoziția agregatului total folosit.

Un factor deosebit de important în realizarea betoanelor ușoare de granulat cu cenușă de termocentrală și spumant este cantitatea de apă. Încercările efectuate au scos în evidență faptul că în condițiile acestor betoane trebuie să se lucreze cu raportul dintre apă și cantitatea de ciment și cenușă, acest raport exprimînd mai bine consistența acestor betoane.

În ceea ce privește raportul optim A/(C + CT) încercările au arătat că acestea ar fi cuprins între 0,3...0,45, funcție și de agregatul total folosit /250/. Scăderea cantității de apă sub aceste valori, dă un beton nelucrabil, iar creșterea duce la pierderea efectului spumantului.

#### 4.6.2 Tehnologii de preparare.

Procesul tehnologic de obținere a betonului ușor de granulat cu cenușă și spumant (BG) cuprinde următoarele faze tehnologice : dozarea granulatului uscat; preumectarea granulatului cu o cantitate de apă; dozarea cenușei și a cimentului; dozarea restului de apă cu aditivul dizolvat; malaxare într-un malaxor cu amestec forțat (90 rot/min) timp de 90,180,300 sec.; turnarea betonului în cofraje; compactarea prin vibrație ușoară cu masa vibratoare timp de 20...30 sec.

#### 4.6.3 Caracteristici fizico - mecanice.

##### 4.6.3.1 Densitatea aparentă.

Densitatea aparentă a betonului ușor întărit, este unul dintre parametrii importanți care caracterizează betoanele ușoare influențând într-o mare măsură celelalte proprietăți ale acestui material .

Densitățile betoanelor ușoare de granulat cu cenușă de termocentrală și spumant au fost determinate, pe cuburi cu latura de 10 cm, în stare proaspătă, la 7, 14 și 28 de zile, rezultatele fiind prezentate în anexa 4.11.

Comparând rezultatele obținute pe betoanele cu aditivi OF 10 (NF 10) și NF16 cu cele ale betoanelor martor cu aditiv DETERSIN DBS se pot trage următoarele concluzii /250/ ;

- cu aditivul DETERSIN-DBS în procent de 0,34 % și timp de malaxare 300 sec., densitatea medie obținută este de  $1617 \text{ kg/m}^3$ ;

- cu aditivul NF 16 în procent de 0,43 % și timp de malaxare 90 sec. densitatea medie este de  $1540 \text{ kg.m}^3$ ;

- cu aditivul OF 10 (NF 10) în procent de 0,1...0,2 și timp de malaxare de 180 și 300 sec. se obțin densități medii de  $1546 \text{ kg/m}^3$ .

Comparativ cu betoanele fără aditiv (rețetele R2 și R3) scăderile de densitate obținute sînt de 18 % pentru aditivul DETERSIN și 23 % pentru OF 10 (NF 10) și NF 16. Dacă se raportează densitățile obținute la densitățile betoanelor ușoare cu granulat



și agregat fin de nisip fără cenușă ( $\rho_b = 2000 \text{ kg/m}^3$ ) scăderile sînt de 24 % cînd se folosește DETERSIN - DBS, respectiv 30 % pentru OF 10 (NF 10) și NF 16.

În ceea ce privește efectul aditivului rezultă cași în cazul betoanelor BUS, concluzia că la același timp de malaxare cantitățile de aditiv OF 10 (NF 10) și NF 16 pot fi reduse cu 50...75 % față de DETERSIN - DBS pentru a obține același efect asupra densității.

Rezultatele obținute cu privire la variația în timp a densității arată o scădere de 8...10 % la 28 de zile, față de starea proaspătă /250/.

#### 4.6.3.2 Rezistența la compresiune.

Rezistența la compresiune determinată pe cuburi reprezintă principalul parametru care împreună cu densitatea, definește caracteristicile fizico - mecanice ale betonului ușor.

Programul experimental privind rezistența la compresiune pe cuburi a betonului ușor de granulat cu cenușă de termocentrală și spumant, a cuprins determinări pe cuburi cu latura de 10 și 14,1 cm la vîrsta de 14 și 28 de zile. Valorile obținute la 28 de zile corectate cu raportul  $R_c \text{ normat} / R_c \text{ exp.}$  sînt prezentate în anexa 4.11 /250/.

Pe baza rezultatelor experimentale se pot face următoarele constatări :

- cu aditivul DETERSIN-DBS se pot obține în mod curent mărci de betoane cu rezistența mai mare de  $50 \text{ daN/cm}^2$ . Valorile sub  $50 \text{ daN/cm}^2$  se obțin în situația folosirii unui raport  $A/(C + CT)$  prea mare, respectiv cînd dozajul de ciment este de  $250 \text{ kg/m}^3$ .

- cu aditivul NF 16 în procent de 0,43 % și timp de malaxare de 90 sec. se obțin betoane cu rezistențe de  $54...88 \text{ daN/cm}^2$ , iar în procent de 0,1 % rezistențele sînt de peste  $175 \text{ daN/cm}^2$ .

- betonul obținut cu aditivul OF 10 (NF 10) are rezistențe mai mari de  $100 \text{ daN/cm}^2$  la cantități de aditiv de 0,1 % și rezistențe peste  $50 \text{ daN/cm}^2$  la cantități de 0,2 %.

Indicele de calitate a betoanelor de granulat cu cenușă și spumant în funcție de rezistența la compresiune ( $R_c$ ), arată situa-

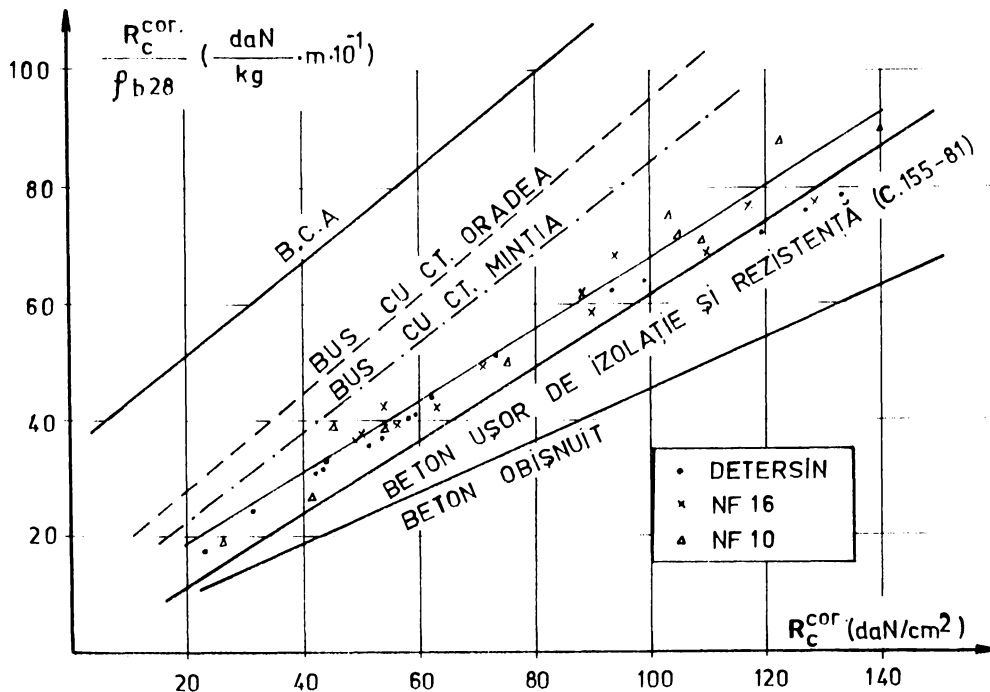


Fig. 4.18

rea acestor betoane deasupra betoanelor de izolație și rezistență din beton ușor date în C.155-81 (fig.4.18).

#### 4.6.4 Caracteristici termotehnice.

Conductivitatea termică a betoanelor ușoare de granolit cu cenușă de termocentrală și spumant a fost determinată cu ajutorul aparatului dr.Boock pe eșantioane uscate în etuvă la 105 °C, rezultatele fiind majorate procentual pentru a obține conductivitatea termică de calcul (STAS 6472/3-84). Rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul 4.19 /250/.

În fig.4.19 sînt prezentate rezultatele obținute pe plan mondial privind conductivitatea termică determinate pe betoane ușoare pentru un conținut de umiditate aproximativ 5 % precum și rezultatele obținute pe betoane cu granolit de Lugoj uscate în etuvă, respectiv betoane ușoare de granolit cu cenușă de

termocentrală și spumant.

Tabelul 4.19

Tipul betonului	Spumant	Denumirea rețetei	$\rho_b$ în stare uscată (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivitate termică în :		
				$\lambda_0$ Kcal/hm°C	$\lambda_0$ W/mk	$\lambda_c$ W/mk
BG (ciment + cenușă + agregat + apă + spumant)	NF 16	R 34	1576	0,312	0,363	0,454
		R 35	1677	0,379	0,442	0,553
	OF 10	R 31	1463	0,348	0,404	0,505
		R 33	1309	0,311	0,363	0,454
		R 37	1523	0,312	0,363	0,454

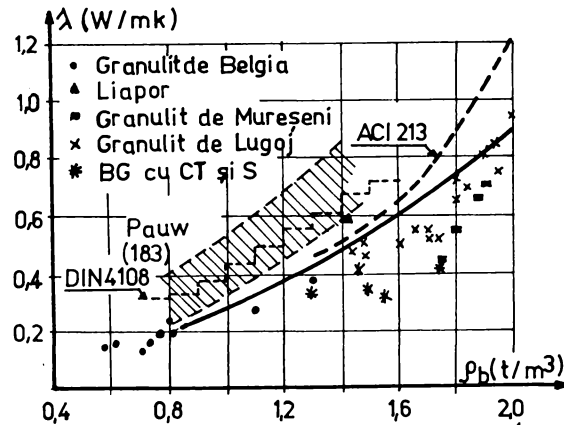


Fig. 4.19 Coeficientul de conductivitate termică funcție de densitate.

Rezultatele obținute arată un coeficient mediu de conductivitate termică în stare uscată de 0,387 W/mk la o densitate de 1510 kg/m<sup>3</sup> iar conductivitatea de calcul de 0,484 W/mk.

## 5. STUDII SI CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND ELEMENTELE DE INCHIDERE PREFABRICATE NEPORTANTE DIN BETON USOR PENTRU CONSTRUCTII INDUSTRIALE SI AGRICOLE.

### 5.1 Scopul studiilor și cercetărilor experimentale.

Stabilirea cât mai reală a comportării elementelor de închidere neportante la sarcini statice, respectiv din punct de vedere higrotermic reprezintă una din principalele preocupări ale colectivului de cercetare în domeniul construcțiilor din beton armat și constituie una din direcțiile prioritare ale cercetării teoretice și experimentale.

Rezultatele bune obținute privind caracteristicile de rezistență și izolație termică a betonului ușor spumat (BUS) și a betonului ușor de granulat cu cenușă de termocentrală și spumant, au condus la proiectarea, realizarea și cercetarea elementelor de închidere neportante pentru construcții industriale și agricole cu structura de rezistență din cadre de beton armat, având traveea de 6 m /250/, /251/, /252/.

Principalele aspecte ale studiilor și cercetărilor asupra elementelor de închidere din beton ușor, au avut ca scop :

- posibilitățile utilizării betonului ușor spumat (BUS) și a betonului ușor de granulat cu cenușă de termocentrală și spumant la realizarea elementelor de închidere prefabricate neportante pentru construcții industriale și agricole;
- alcătuirea elementelor de închidere;
- studiul conlucrării betonului ușor spumat (BUS) cu armătura și cu betonul de granulat;
- tehnologia de execuție a elementelor de închidere neportante;
- comportarea la sarcini statice de scurtă durată;
- stabilirea caracteristicilor higrotermice;
- reducerea sau eliminarea totală a punților termice;
- reducerea consumului de energie înglobată;
- micșorarea costurilor de producție;
- creșterea productivității muncii pe șantier.

Studiile și cercetările experimentale în ansamblu au urmărit și alte aspecte privind materialele, compoziții, pereți despărțitori și de închidere pentru construcții civile, aspecte care însă nu fac obiectul acestei lucrări, ele fiind prezentate în lucrările /28/, /82/, /252/, /253/, /254/.

Pornind de la utilizarea betonului ușor spumat (BUS), material ce înglobează o cantitate mare de cenușă de termocentrală și de la necesitatea realizării unor elemente de închidere prefabricate neportante cu punți termice reduse sau fără punți termice, în capitolul de față sînt prezentate studiile și cercetările efectuate asupra a două tipuri de panouri:

- panouri prefabricate monostrat;
- panouri prefabricate avînd trei straturi.

## 5.2 Caracteristicile elementelor de închidere.

### 5.2.1 Materiale folosite.

La alcătuirea elementelor de închidere prefabricate neportante s-a folosit atît beton ușor de granulat cu cenușă și spumant (BG) cît și beton ușor spumat (BUS).

Tabelul 5.1

Panou	Dozaje (kg/m <sup>3</sup> )					Raport A/C+CT	Spumant		Observații
	Ciment (C)	Cenușă (CT)	Granulit 0-20	Nisip	Apă (A)		Tip	% din C	
P 1	325	650	-	-	270	0,277	OF 10	0,1	-
P 2	325	650	-	-	290	0,297	OF 10	0,1	-
P 3	325	650	-	-	290	0,297	OF 10	0,1	-
	350	300	700	-	210	0,323	OF 10	0,1	-
P 4	325	650	-	-	290	0,297	OF 10	0,1	-
P 5	300	650	-	-	270	0,284	OF 10	0,2	Concentrația 30%
	350	200	700	275	195	0,354	-	-	
P 6	300	650	-	-	270	0,284	OF 10	0,2	Concentrația 30%
	350	200	700	275	195	0,354	-	-	

Betonul ușor de granulit (BG) s-a obținut prin folosirea următoarelor materiale : - ciment Pa35; - cenușă de termocentrală (CTE Mintia); - granulit de Lugoj (0-20 mm); - nisip; - apă; - aditiv antrenor de aer OF 10 (NF 10) numai la panoul P3 /250/.

Betonul ușor spumat (BUS) s-a obținut prin folosirea următoarelor materiale : - ciment Pa35; - cenușă de termocentrală (CTE Mintia); - apă; - aditiv antrenor de aer OF 10 (NF 10).

Compoziția precum și caracteristicile fizico-mecanice ale betoanelor folosite la confecționarea panourilor de închidere sînt prezentate în tabelele 5.1 și 5.2.

Tabelul 5.2

Panou	Beton	$\rho_b$ proaspăt (kg/m <sup>3</sup> )	Rezultate la 28 de zile			Observații
			$\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )	R <sub>ti</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )	
P 1	BUS	1321	1153	91,10	-	-
P 2	BUS	1306	1171	85,10	11,80	-
P 3	BG	1700	1565	125,00	19,50	-
	BUS	1175	1100	54,40	11,20	-
P 4	BUS	1241	1075	46,20	-	-
P 5	BG	2025	1900	360,00	38,20	-
	BUS	1158	1040	48,40	10,60*	-
P 6	BG	2060	1950	444,00	36,50*	-
	BUS	1350	1256	116,70	-	-

Observație : \* reprezintă valorile la data încercării panourilor.

### 5.2.2 Alcătuirea panourilor.

Elementele de închidere neportante pentru hale industriale și agricole cu structura de rezistență din cadre de beton armat avînd traveea de 6,00 m au următoarea alcătuire (fig.5.1) :

- Panoul P1 de dimensiuni 0,28x0,60x5,98 m realizat monostrat din beton ușor de izolație și rezistență (BUS);
- Panoul P2 de dimensiuni 0,25x1,00x5,98 m realizat monostrat din beton ușor de izolație și rezistență (BUS);

- Panoul P3 de dimensiuni 0,25x0,60x5,98 m realizat din două straturi de 5 cm grosime beton ușor de granolit și spumant (BG), și un strat de 15 cm din BUS;

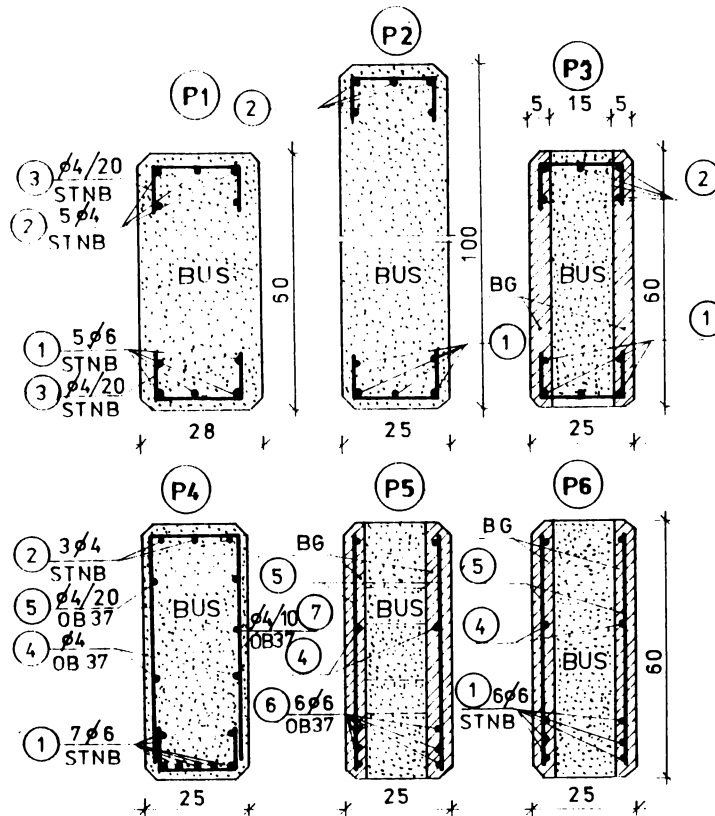


Fig.5.1

- Panoul P4 de dimensiuni 0,25x0,60x5,98 m realizat mono-strat din beton BUS;

- Panoul P5 de dimensiuni 0,25x0,60x5,65 m realizat dintr-un strat de 15 cm de BUS prefabricat și două straturi de 5 cm grosime din beton ușor de granolit (BG);

- Panoul P6 de dimensiuni 0,25x0,60x5,65 m realizat dintr-un strat de 15 cm de BUS și două straturi din beton ușor de granolit (BG) prefabricat.

Panourile se deosebesc între ele prin dimensiunile secțiunii transversale, straturile de beton folosite și modul de armare.

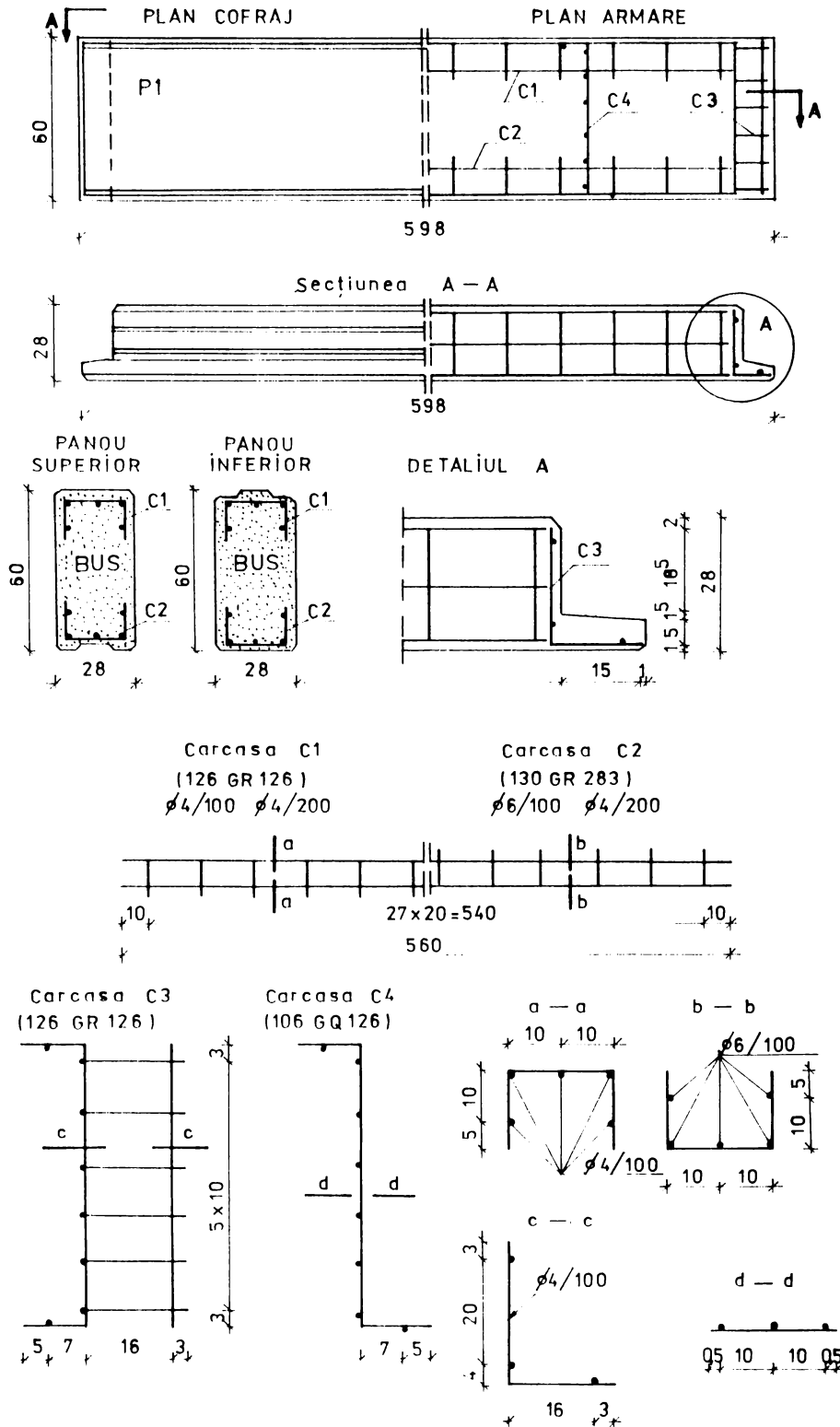


Fig. 5.2  
135



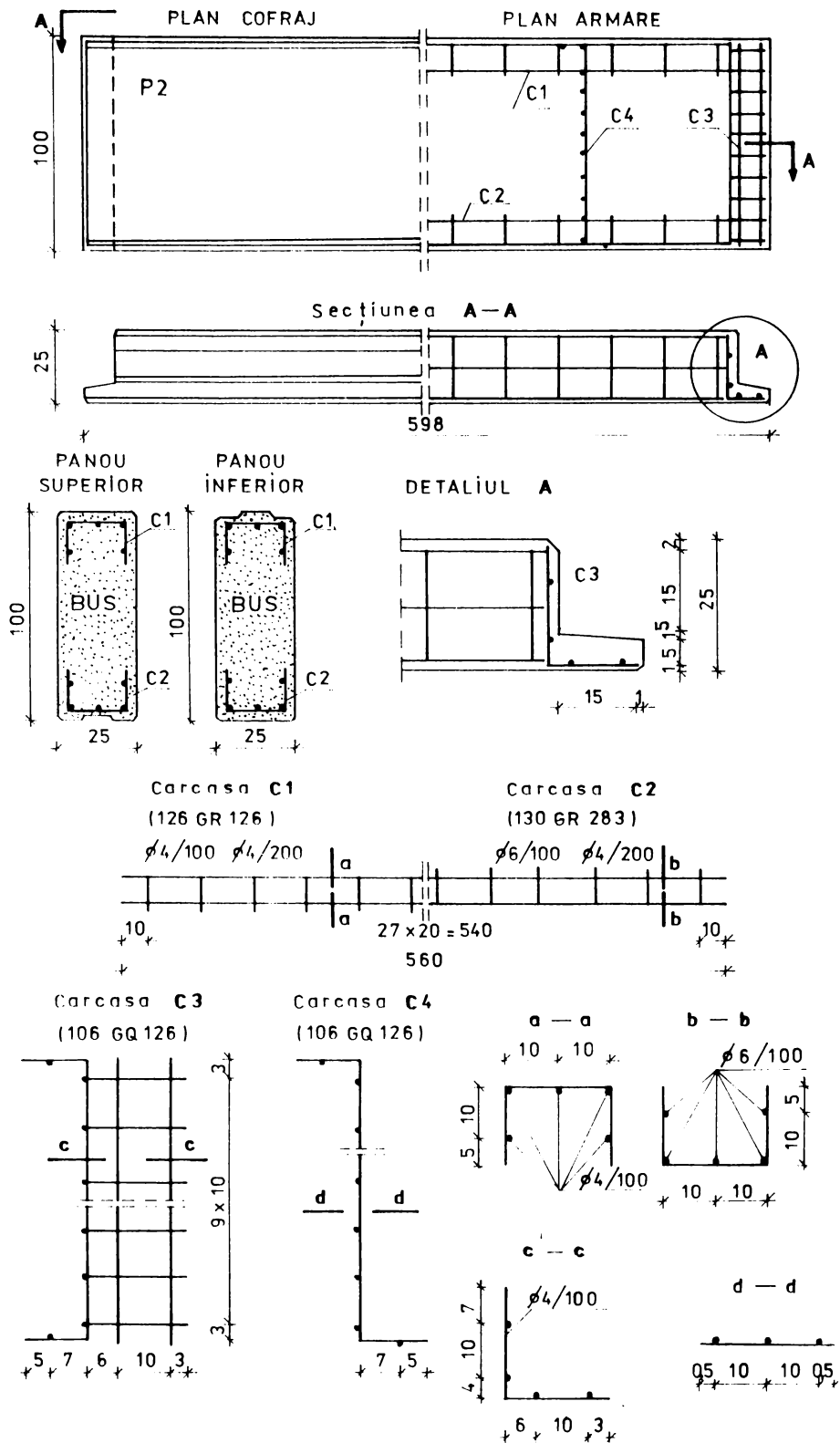


Fig.5.3

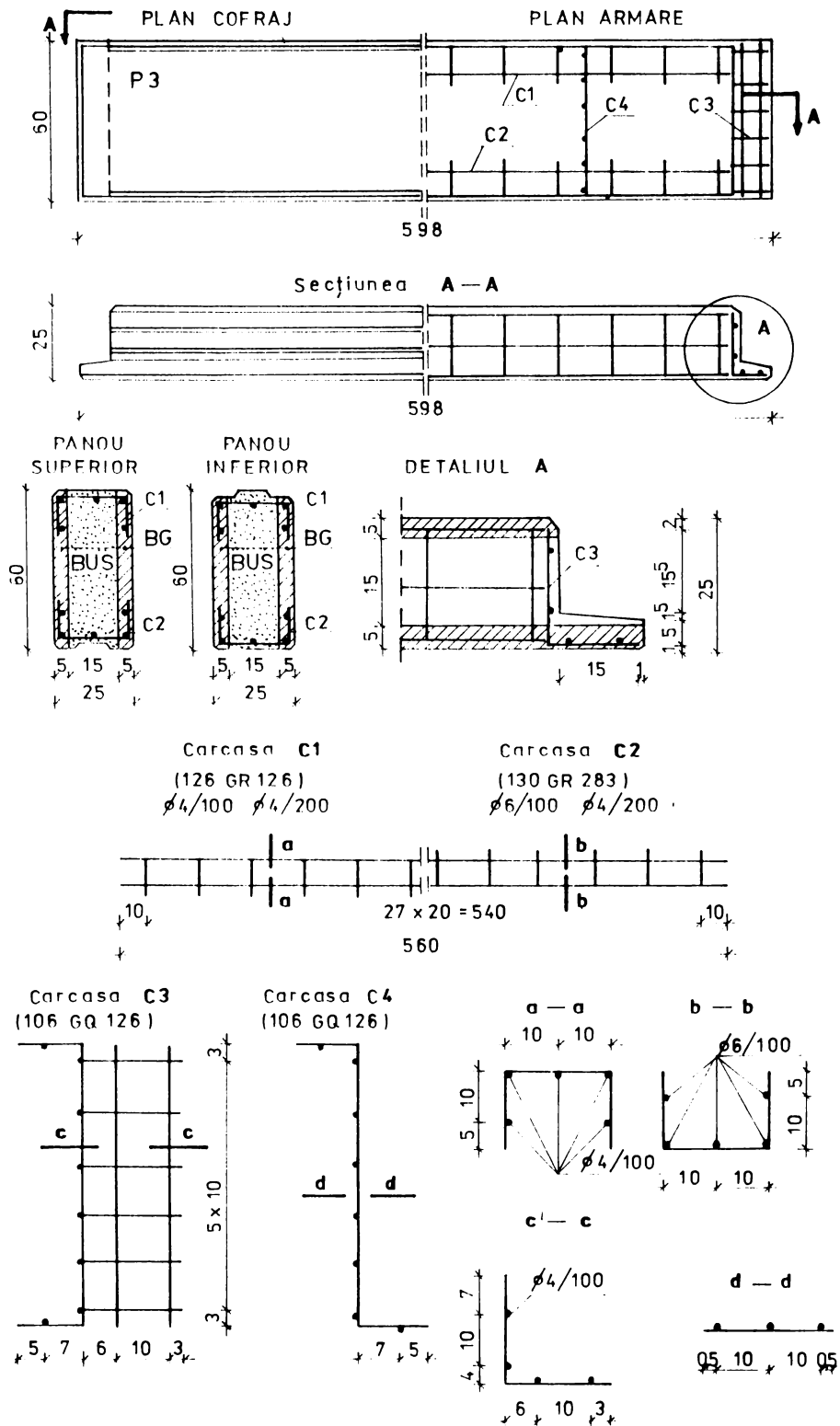


Fig.5.4

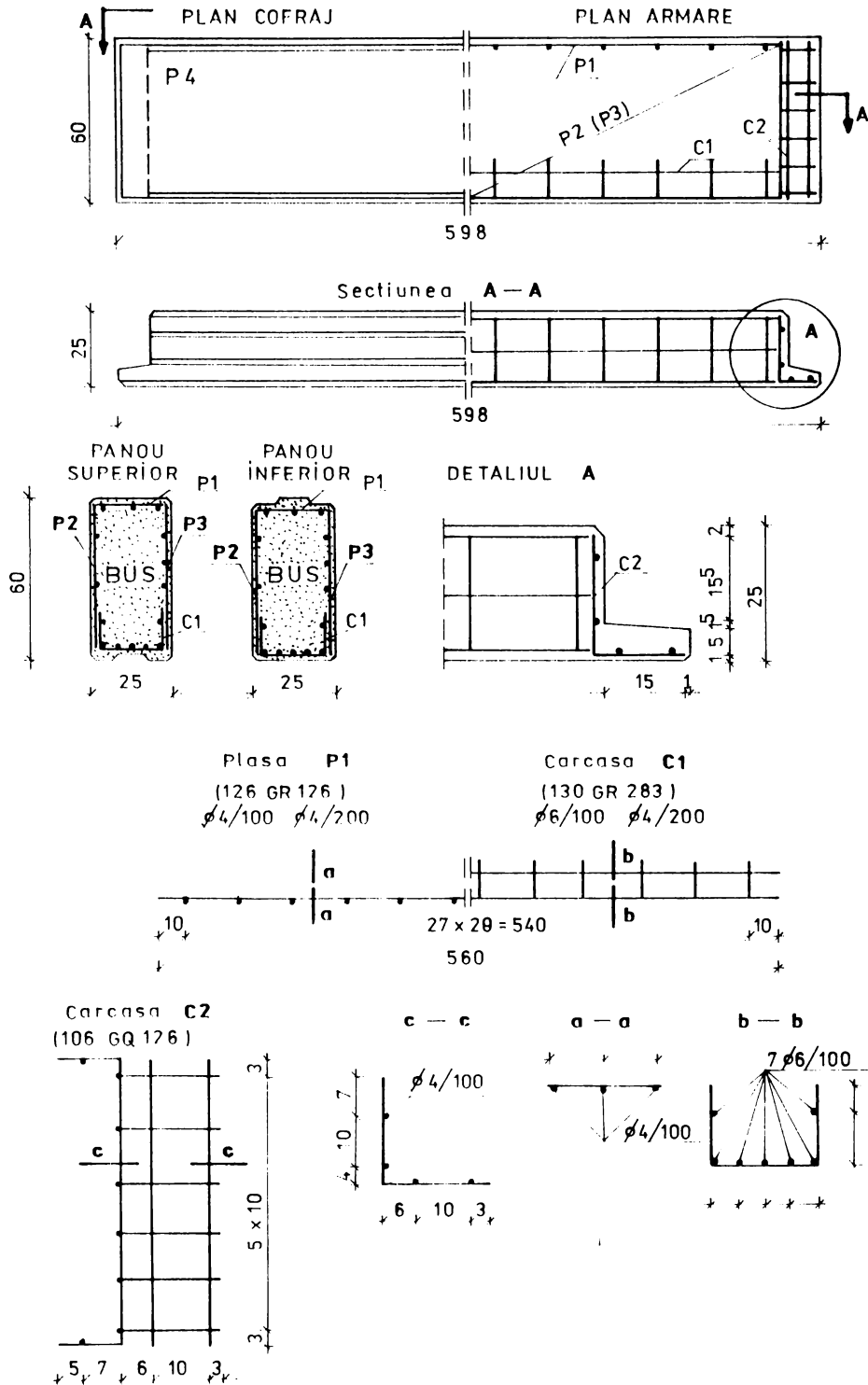
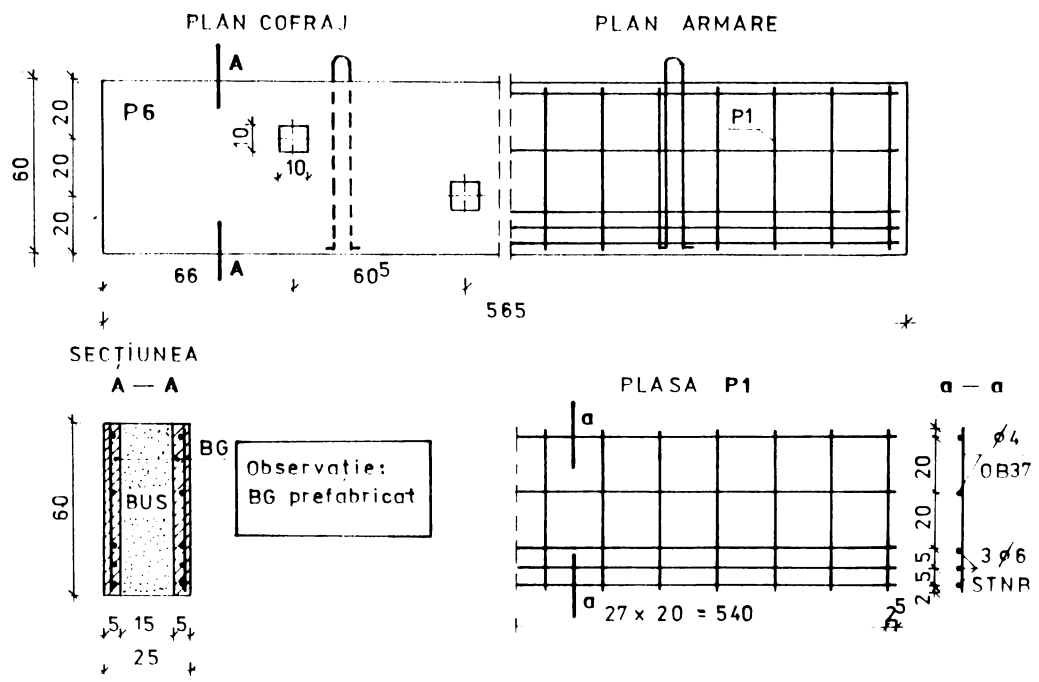
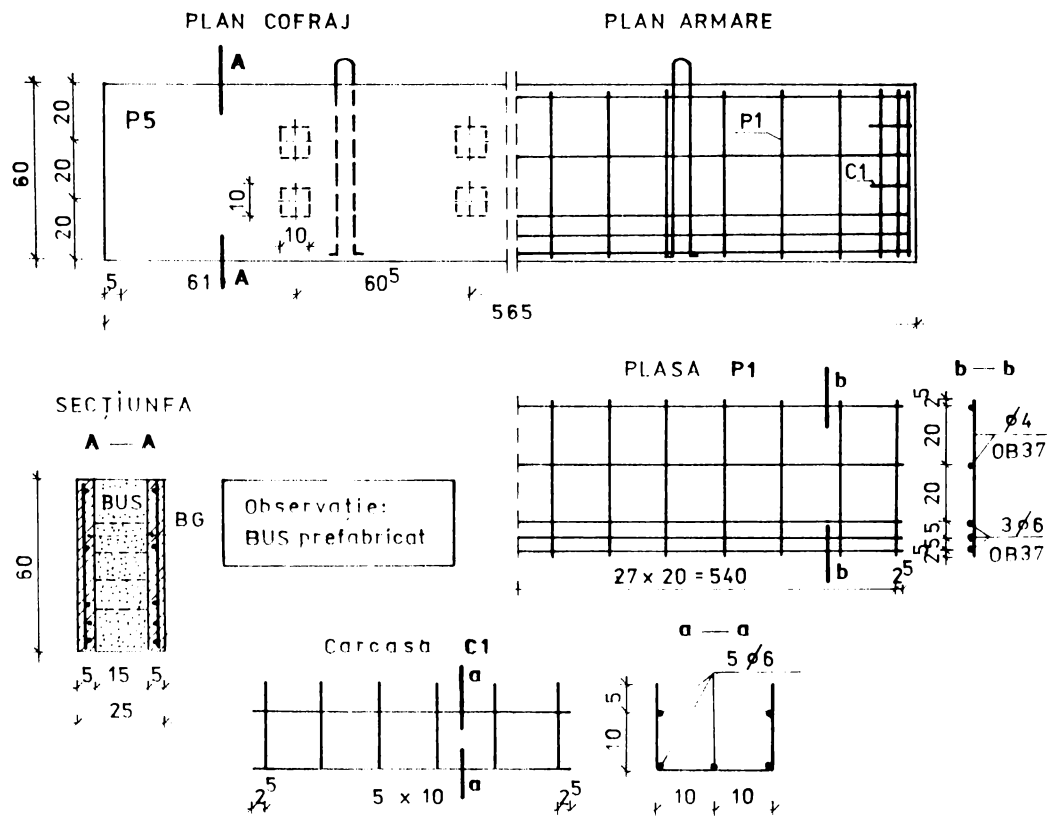


Fig. 5.5



Panourile P1, P2 și P3 au fost armate cu cîte două carcasa de armături, una la partea superioară (C1) și una la partea inferioară (C2) legate între ele în două secțiuni intermediare cu carcasa în formă de Z (C4). Capetele panourilor au fost armate special cu carcasa de tip (C3). Toate carcasa au fost realizate din plase sudate standardizate din STNB.

Planurile cofraj și de armare, cu detalii de execuție pentru panourile P1, P2 și P3 sînt prezentate în fig.5.2, fig.5.3 și fig.4.4.

Panoul P4 a fost armat la partea inferioară cu o carcasa (C1) din  $\phi 6$  din STNB, la partea superioară cu o plasă (P1) din  $\phi 4$  din STNB, iar fețele laterale diferențiat cu o plasă pe o față din  $\phi 4/20$  cm (P2) și pe cealaltă  $\phi 4/10$  cm (P3) din OB 37.

Planul de cofraj și de armare și detalii de execuție sînt prezentate în fig.5.5.

Panoul P5 a fost armat la partea inferioară cu armătură de rezistență  $\phi 6$  din OB 37, plase laterale  $\phi 4/20$  cm din OB 37 și capetele cu cîte o carcasa (C1)  $\phi 4/10$  cm din STNB.

Planul de cofraj și de armare și detalii de execuție sînt prezentate în fig.5.6.

Panoul P6 a fost armat la partea inferioară cu armătură de rezistență  $\phi 6$  din STNB și plase laterale  $\phi 4/20$  cm din OB 37.

Planul de cofraj și de armare este prezentat în fig.5.7.

### 5.2.3 Tehnologia de execuție.

Betonul necesar pentru realizarea elementelor de închidere neportante s-a preparat cu ajutorul unei betoniere de 250 l cu amestec forțat, timpul de amestecare fiind de 5 minute. Se poate menționa, că la betonul BUS datorită frecărilor mai reduse determinate de lipsa agregatelor și prezența spumantului într-o șarjă se poate prepara o cantitate mai mare cu pînă la 75 % decît capacitatea nominală a betonierei.

Procesul tehnologic de obținere a betonului ușor spumat (BUS) cuprinde următoarele faze :- dozarea cenușei și a cimentului; - dozarea și amestecarea aditivului spumant cu apa; - introducerea materialelor componente în malaxor în următoarea or-

dine : cenușă, ciment, apă în amestec cu spumant; - malaxarea într-un malaxor cu amestec forțat timp de 5 minute; - turnarea betonului în cofraje; - compactarea prin vibrație ușoară, interioară cu pervibratorul, timp de 20 s, într-o poziție.

Panoul P1 monostat cu dimensiunile 0,28x0,60x5,98 m a fost realizat în următoarele etape :- confecționarea carcaselor;- confecționarea cofrajului;- poziționare carcaselor în cofraj;- prepararea și turnarea betonului ușor spumat (BUS) în cofraj în poziția verticală (pe cant); - compactarea cu pervibratorul pe cofraj, concomitent cu baterea cofrajului cu maiul de lemn;- decofrare după întărire (fig.5.8).

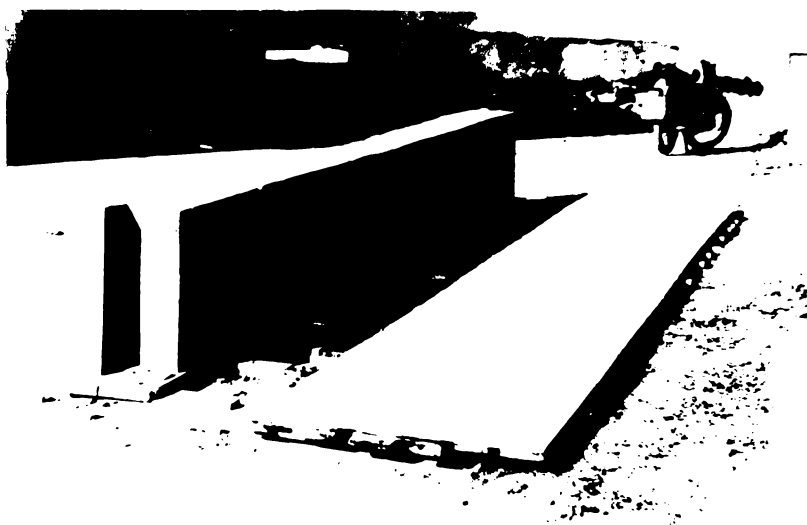


Fig.5.8

Panoul P2 monostat cu dimensiunile 0,25x1,00x5,98 m a fost realizat ca și panoul P1, diferența constând în aceea că panoul P2 a fost turnat în cofraj în poziție orizontală (pe lat), compactarea betonului făcându-se prin vibrație interioară cu ajutorul pervibratorului (fig.5.9 și 5.10).

Panoul P3 cu dimensiunile 0,25x0,60x5,98 m a fost realizat în trei straturi : două straturi exterioare cu grosimea de câte 5 cm din beton ușor de granulat și spumant (BG) și un strat interior cu grosimea de 15 cm din beton ușor spumat (BUS). Panoul P3 a fost realizat respectând următoarele etape :

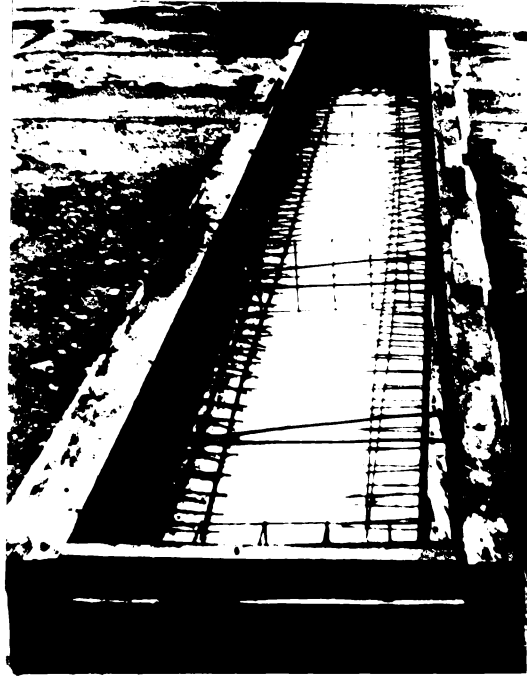


Fig. 5.9



Fig. 5.10

- confecționarea carcaselor;- confecționarea/cofrajului;- poziționarea carcaselor în cofraj;- prepararea și turnarea betonului ușor de granulat și spumant (BG) în poziție orizontală (pe lat)

cu grosimea de 5 cm;- vibrarea BG;- prepararea și turnarea betonului ușor spumat (BUS) în grosime de 15 cm peste betonul BG;- vibrarea ușoară a betonului BUS;- turnarea la sfârșit ultimul strat de 5 cm grosime din BG peste betonul BUS;- vibrarea betonului BG;- decofrare după întărire.

Se menționează faptul că la panoul P3 vibrarea cu pervibratorul a dus la pătrunderea betonului BG din stratul superior în stratul median din beton ușor BUS și ridicarea spre suprafață a betonului ușor de izolație și rezistență în timpul vibrării.

Panoul P4 monostrat, de dimensiuni 0,25x0,60x5,98 m a fost realizat, respectând etapele de realizare ca la panoul P2.

Panoul P5 de dimensiuni 0,25x0,60x5,65m este realizat dintr-un strat de 15 cm de beton ușor spumat (BUS) prefabricat și două straturi de 5 cm din beton ușor de granulat (BG). Realizarea panoului P5 s-a făcut în două faze tehnologice distincte și anume:

- faza 1 :- realizarea cofrajelor;- prepararea și turnarea betonului BUS pentru realizarea elementelor prefabricate de 15 cm grosime;- vibrarea betonului (BUS) s-a făcut cu pervibratorul, iar decofrarea elementelor prefabricate a fost făcută după 21 de zile;

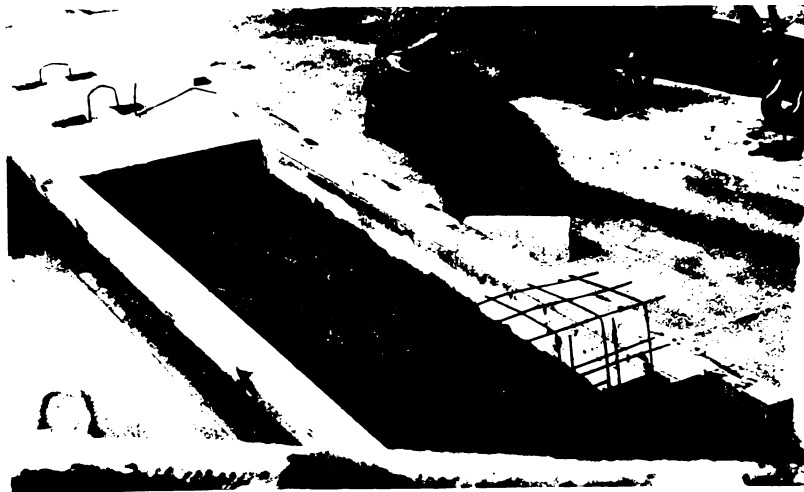


Fig.5.11

- faza 2 :- realizarea cofrajelor;- confecționarea plasei laterale și montarea plasei inferioare ( $\phi 4/20$  cm);- prepararea și



turnarea stratului inferior din beton ușor de granulat (BG) de 5 cm grosime;- vibrarea betonului BG;- montarea elementelor prefabricate din EUS și a carcaselor (C1) de la capetele panoului (fig. 5.11);

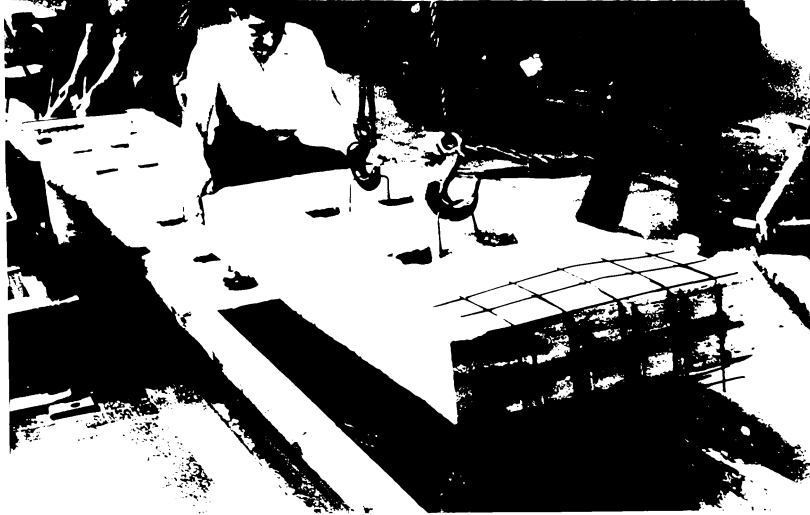


Fig.5.12

- montarea plasei superioare  $\phi 4/20$  cm și a armăturilor de legătură (4 $\phi 4$ ) în golurile prefabricatelor care leagă cele două plase laterale;- turnarea stratului superior din beton ușor de granulat

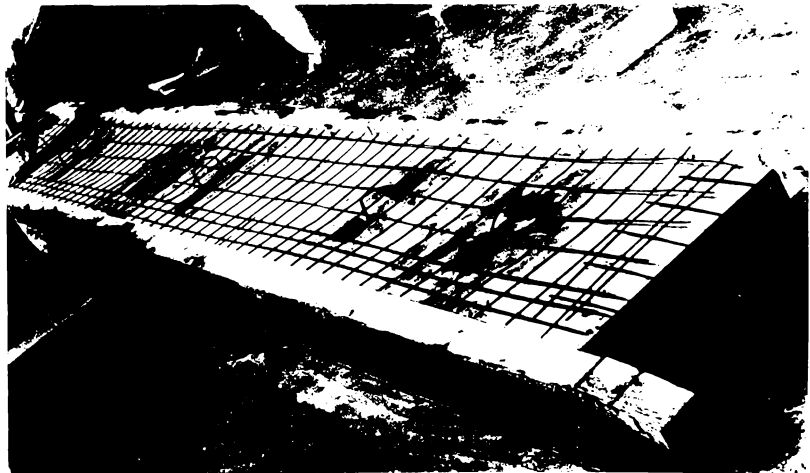


Fig.5.13

(BG) de 5 cm grosime;- vibrarea betonului BG;- decofrare după întărire (fig.5.12 și fig.5.13).

Panoul P6 de dimensiuni 0,25x0,60x5,65 m este realizat dintr-un strat de 15 cm din beton ușor BUS și două straturi din beton ușor de granulat (BG) prefabricat de 5 cm grosime fiecare.

Conlucrarea dintre betonul BUS și BG la panoul P6 se realizează prin aderență și prin pătrunderea betonului BUS în golurile lăsate în plăcile prefabricate din beton ușor de granulat (BG).

Realizarea panoului P6 s-a făcut în două faze tehnologice distincte și anume :

- faza 1 :- realizarea cofrajelor;- confecționarea, montarea plasei ( $\phi$ 4/20 cm) și a armăturii de rezistență ( $6\phi$ 6);- prepararea și turnarea betonului ușor de granulat (BG);- vibrarea betonului (BG);- decofrare după 14 zile.

Observație: turnarea plăcilor prefabricate de la faza 1 din beton ușor de granulat (BG) se face în pachet cu suprapunerea între ele cu folie de polietilenă.

- faza 2 :- montarea la 15 cm distanță, în poziție în cant a plăcilor prefabricate, la 14 zile de la confecționare;- închiderea cu cofraj a capetelor și a găurilor lăsate în plăcile prefabricate;- prepararea și turnarea betonului BUS între plăci;- vibrarea ușoară a betonului ușor BUS;- decofrare după întărire.

Panourile au fost prevăzute cu dispozitive de prindere la manipulare în timpul transportului.

După decofrare panourile se transportă în hala de încercare și se păstrează în condiții de laborator pînă la încercări.

### 5.3 Incercarea elementelor.

În vederea introducerii și extinderii pe scară largă a noilor panouri de închideri din beton ușor spumat (BUS) pentru construcții industriale și agricole, în cadrul Catedrei de Construcții civile, industriale și agricole a Facultății de Construcții din Timișoara s-au efectuat studii teoretice și experimentale privind comportarea panourilor la încercări mecanice și higrotermice.

### 5.3.1 Incercări mecanice.

#### 5.3.1.1 Standul experimental.

Standul experimental folosit a fost standul de încercări la încovoiere al laboratorului de beton armat al catedrei de CCIA prezentat în fig.5.14.



Fig.5.14

Dispozitivul de încărcare a fost astfel conceput încît să se realizeze o încărcare cu patru forțe concentrate, simulîndu-se astfel o încărcare uniform distribuită /212/.

Standul a fost completat cu aparatura de măsură și control adecvată nivelului lucrărilor de cercetare desfășurate.

#### 5.3.1.2 Incărcări aplicate.

Asupra elementelor au fost aplicate numai încărcări verticale (gravitaționale) prin intermediul dispozitivului de încărcare (E1...E4) care a fost acționat de o presă (P) cu capacitatea de 100 tf. Acționarea presei (P) s-a făcut de la o presă hidraulică

SCHEMA DE INCARCARE SI PLASAREA APARATELOR DE MASURA

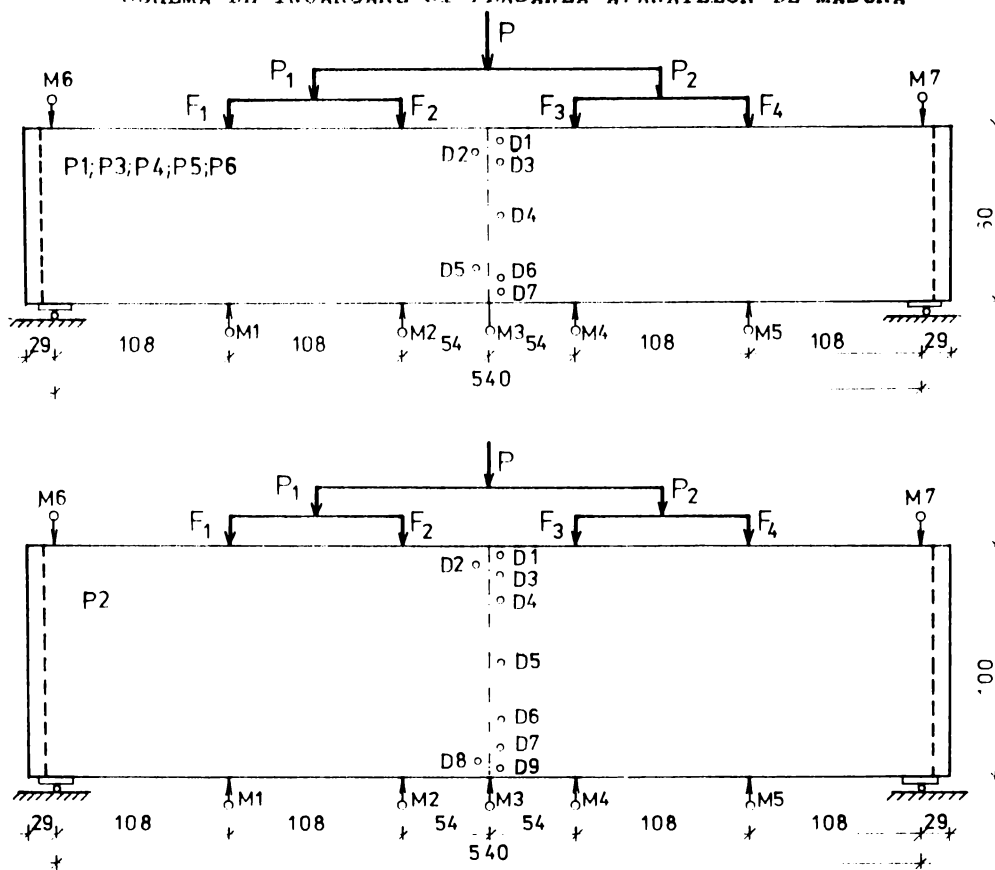


Fig.5.15

SCHEMA DE AMPLASARE A TIMBRELOR TENSOMETRICE

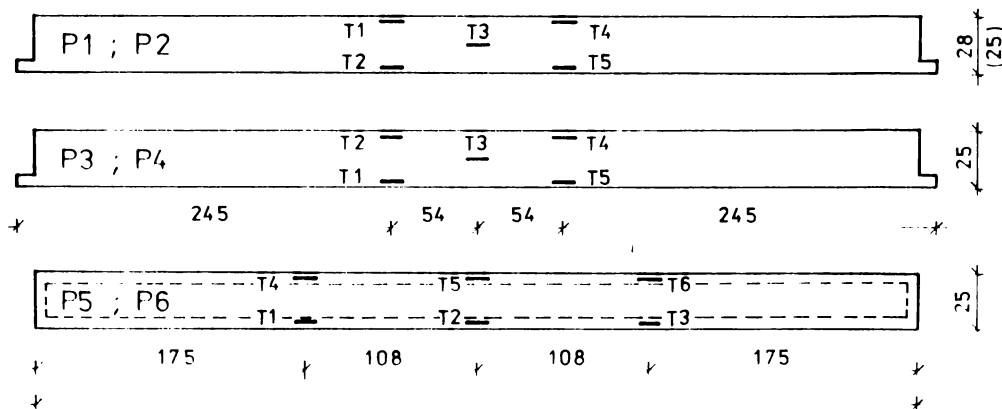


Fig. 5.16

centrală de comandă (v.fig.5.14).

Încărcarea panourilor s-a făcut în trepte ; primele trepte fiind greutatea proprie și greutatea dispozitivului de încărcare.

Pe fiecare panou s-a făcut două cicluri de încărcare și anume : - un ciclu pînă la treapta de exploatare și descărcare pînă la treapta corespunzătoare greutății proprii și a dispozitivului de încărcare; - un ciclu de rupere prin încărcarea pînă la cedarea elementului /212/.

### 5.3.1.3 Aparatura de măsură și control.

Pe elementele de închidere s-au amplasat o serie de dispozitive de măsură, tipul acestora fiind determinat de parametrul urmărit.

În timpul încercărilor s-au urmărit: procesul de fisurare, deformațiile și capacitatea portantă a elementelor de închidere. Astfel s-au folosit (conform schemei de amplasare din fig.5.15 și 5.16), următoarele :

- microcomparatoare 1:1000 (D1...D7 pentru panourile P1,P3, P4,P5,P6 și D1...D9 pentru panoul P2) pentru măsurarea deformațiilor specifice ale betonului la diferite niveluri pe înălțimea secțiunii;

- comparatoare 1:100 (M6...M7) pentru măsurarea tasării reazemelor;

- fleximetre cu fir 1:10 (M1...M5) destinate pentru măsurarea săgețiilor panourilor;

- lupă gradată pentru măsurarea deschiderii fisurilor;

- timbre tensometrice (T1...T5) pentru măsurarea deformațiilor specifice ale armăturii întinse.

Culegerea datelor s-a făcut automat pe o imprimantă a setului tensometric digital din dotare, iar rezultatele au fost prelucrate la calculatorul FC128, cu ajutorul unui program "cod mașină".

### 5.3.1.4 Concluzii privind comportarea elementelor de închidere la încercări mecanice.

Comportarea elementelor de închidere la încercări mecanice s-au făcut cu respectarea instrucțiunilor C.181/1988 "Indrumător metodologic de încercare a prototipurilor și seriei zero la elementele prefabricate, din punct de vedere al comportării la sollicitări statice".

Sinteză rezultatelor experimentale la încercări mecanice pentru cele 6 panouri sînt prezentate în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3

Panou	Greutate proprie daN/m	Valori experimentale					q <sub>r</sub> <sup>teor</sup> daN/m	$\delta = \frac{q_r - q_r^t}{q_r} \times 100$ (%)
		Deschiderea fisurilor (mm)	Săgeata		q <sub>expl</sub> (daN/m)	q <sub>rup</sub> daN/m		
			Exploatare (mm)	Rupere (mm)				
P1	194	0,13	6,6	36,3	484	968	873	+ 10,88
P2	287	0,11	3,1	15,5	757	1515	1575	- 4,70
P3	187	0,14	12,0	39,0	466	933	970	- 3,80
P4	158	0,17	14,3	38,5	647	1294	1322	- 2,10
P5	206	0,14	4,4	99,7	502	1004	980	+ 2,44
P6	239	0,10	3,5	34,2	631	1263	1170	+ 7,95

Din încercări și analiza rezultatelor se desprind următoarele :

- conlucrare bună a betonului ușor spumat (BUS) cu armătura pînă la rupere, ceea ce este confirmat și de distribuția uniformă a fisurilor de-a lungul panourilor (fig.5.16);
- deschiderea fisurilor sub sarcina de exploatare are valori reduse (0,10...0,17 mm);
- săgețile sub sarcina de exploatare sînt relativ mici (3,1...14,3 mm);
- săgețile sub sarcina de rupere se încadrează între valorile 15,5...99,7 mm;
- avînd în vedere greutatea proprie a panourilor (158...287 daN/m) rezultă că fiecare panou este capabil să mai preia peste greutatea proprie încă o încărcare de exploatare (mai mult decît

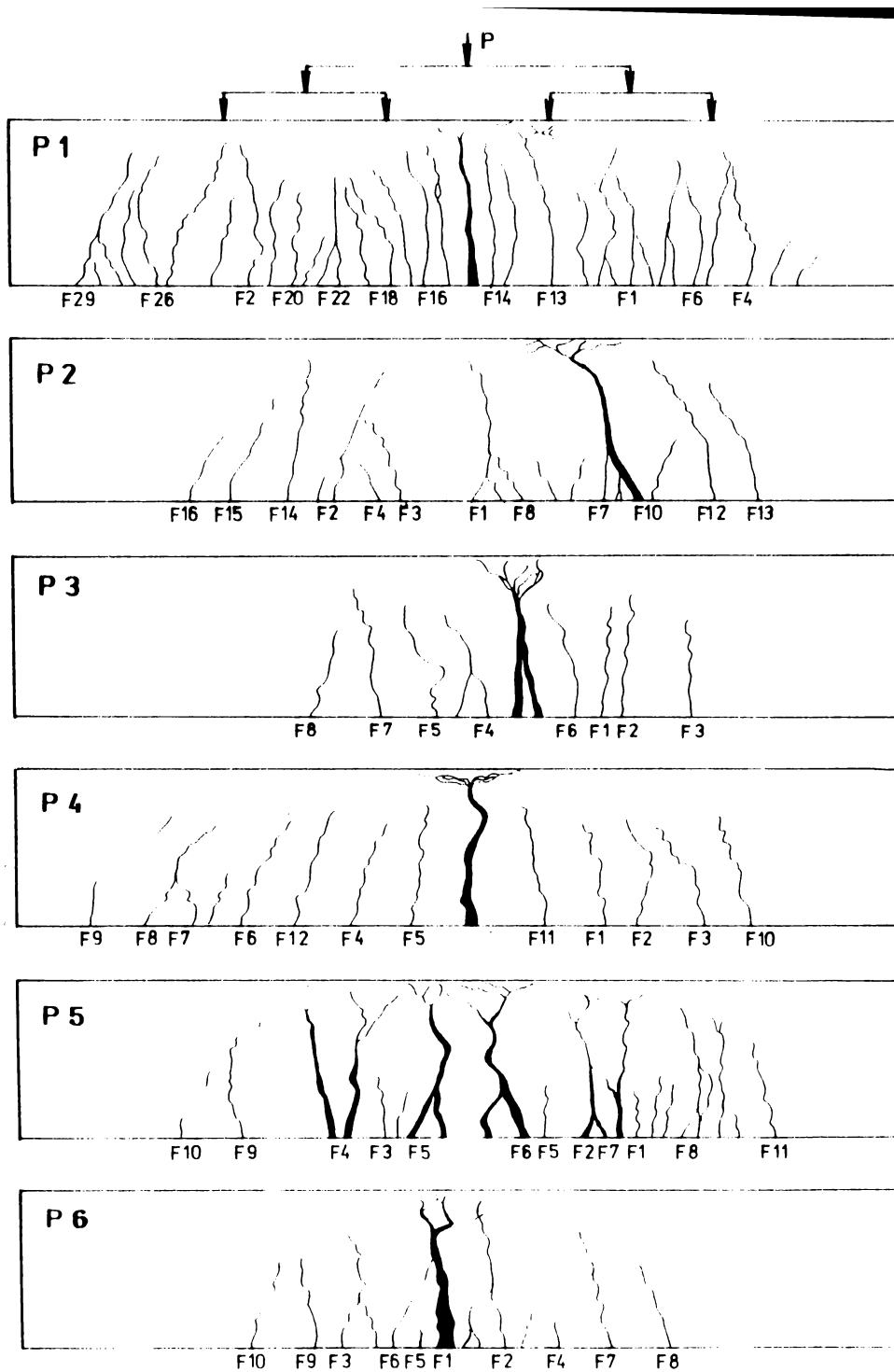


Fig. 5.16 Releveul fisurilor

greutatea proprie (conuși panou) după cum este în tabelul 5.4;

Tabelul 5.4

Panou	Greutate proprie (daN/m)	Încărcare de aplicată (daN/m)	Încărcare suplimentară în	
			(daN/m)	(%)
P 1	194	494	290	149,51
P 2	617	757	470	163,20
P 3	127	495	279	149,21
P 4	156	617	489	309,50
P 5	208	502	296	142,79
P 6	2	321	392	161,10

- în general încărcarea experimentală de rupere este mai mare cu 2,44 % - 10,83 % pentru panourile P1, P5 și P6 și mai mică cu 2,1 % - 4,7 % pentru panourile P2, P3 și P4 (tabelul 5.3);

- cedarea panourilor a avut loc brusc prin ruperea armăturii întinse și zdrobirea betonului comprimat (fig.5.17, fig.5.18 și fig.5.19);

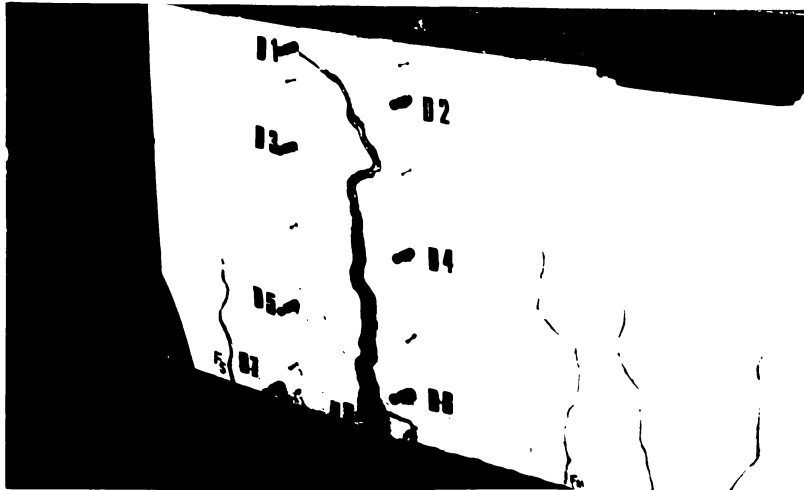


Fig.5.17

- conlucra bună între betonul ușor spumat (BUS) și betonul ușor de granulat (BG) (fig.5.18 și 5.19);

- comportarea panourilor sub sarcini poate fi ilustrată în mod intuitiv prin construirea diagramelor forță - săgeată (P - Δ)



prezentată în fig.5.20) și forță - deformații specifice în armătură ( $P - \epsilon$  prezentată în fig.5.21), panourile și armăturile în-  
tînse lucrînd în domeniul elastic sub sarcina de exploatare.



Fig.5.18



Fig.5.19

Din datele prezentate rezultă comportarea bună ale tuturov  
tipurilor de panouri, fiecare fiind capabil să preia în exploatare

o încărcare suplimentară egală cu greutatea proprie, deși procentele de armare au fost sub valorile minime de 0,1 %.

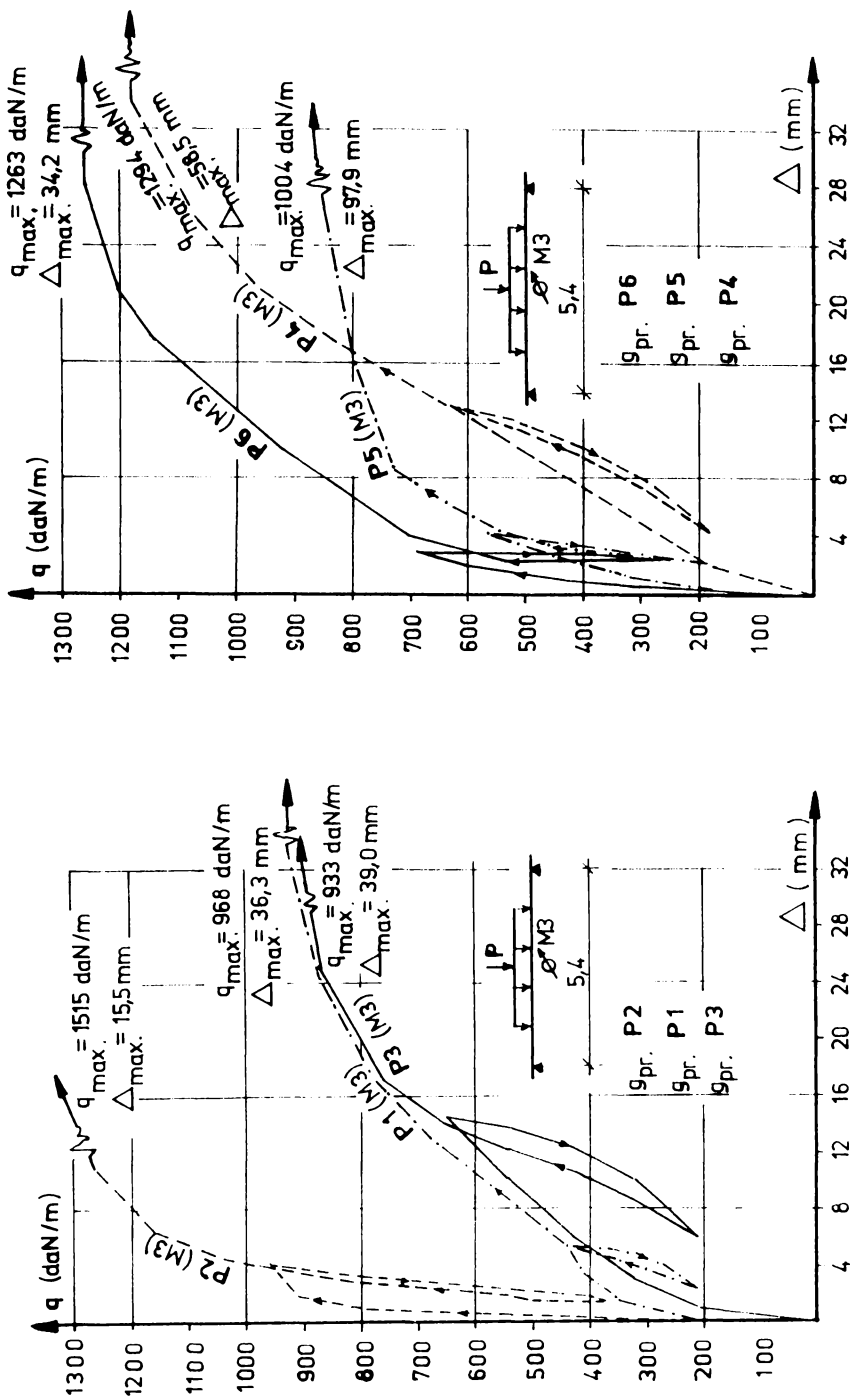


Fig.5.20 Diagramă forță - săgeată (P -  $\Delta$ ).

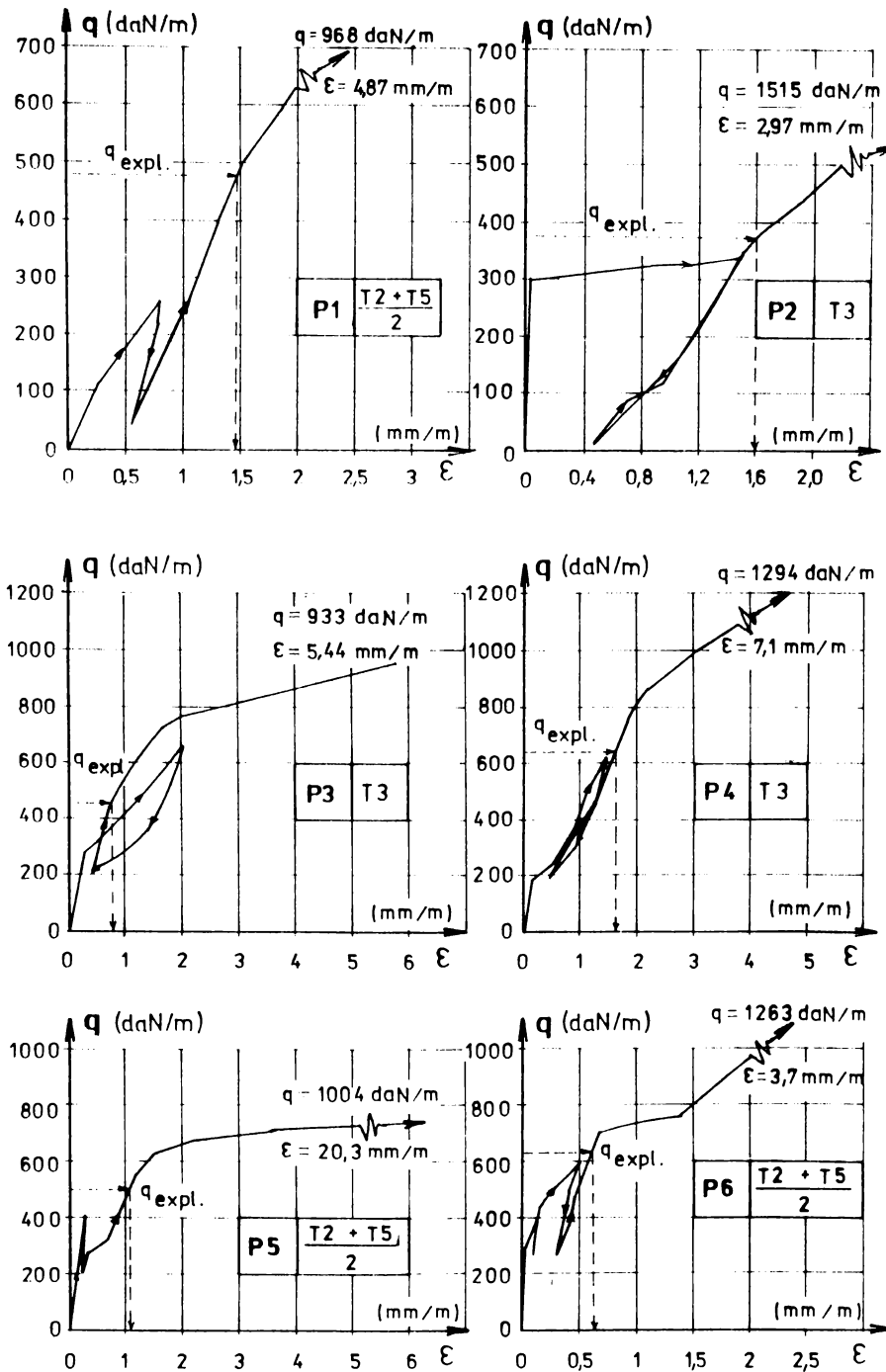


Fig. 5.21 Diagramă forță - deformație specifică în armături (P -  $\epsilon$ ).

### 5.3.2 Incercări higrotermice.

În vederea determinării comportării reale ale noilor panouri din punct de vedere higrotermic a fost necesară realizarea unui studiu teoretic și experimental, elementele experimentale având grosime naturală /80/, /81/, /87/, /90/, /250/, /251/, /252/, /254/.

#### 5.3.2.1 Alcătuirea elementelor experimentale.

Pentru determinarea caracteristicilor higrotermice a elementelor de închidere din beton ușor spumat (BUS) s-au confecționat patru elemente experimentale având compozițiile și caracteristicile fizico-mecanice ale betoanelor folosite prezentate în tabelul 5.5 și 5.6.

**Tabelul 5.5**  
Compoziții folosite.

Element	Beton	Dozaje materiale (kg/m <sup>3</sup> )				Spumant	
		Ciment (C)	Cenușă (CT)	Granulit (0...20)	Apă (A)	Tip	% din C
PH 1 PH 2	BUS	300	650	-	270	OF 10	0,1
PH 3	BUS	325	650	-	270	OF 10	0,1
PH 4	BG	350	300	700	210	OF 10	0,1

Aceste panouri au următoarea alcătuire :

- elementele experimentale **PH1** și **PH2** sînt monostrat, confecționate din beton ușor de izolație și rezistență (BUS);
- panoul experimental **PH3** este alcătuit din trei straturi, două straturi din beton de granulit (BG), de 5 cm fiecare și un strat central de BUS de 15 cm, straturile turnîndu-se succesiv unul după altul în poziție orizontală;
- panoul **PH4** este alcătuit din două straturi de beton cu granulit (BG), de 5 cm fiecare, între care se află un strat de 10 cm din beton BUS și un strat de 5 cm aer.

Panourile au fost armate constructiv cu o plasă (C1) confecționată din OB 37 de  $\phi$ 6 mm, avînd ochiurile de 200x200 mm.

**Tabelul 5.6**  
Caracteristici fizico - mecanice.

Element	Beton	Densitate $\rho_b$ proaspăt (kg/m <sup>3</sup> )	Inercări la 28 de zile :		
			$\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	$R_c$ (daN/cm <sup>2</sup> )	$R_c^{COT}$ (daN/cm <sup>2</sup> )
PH 1	BUS	1192	1103	60,50	72,60
PH 2	BUS	1196	1097	50,60	60,70
PH 3	BUS	1266	1140	70,80	87,80
PH 4	BG	1961	1740	196,60	243,70

Dimensiunile și alcătuirile panourilor experimentale sînt prezentate în fig.5.22.

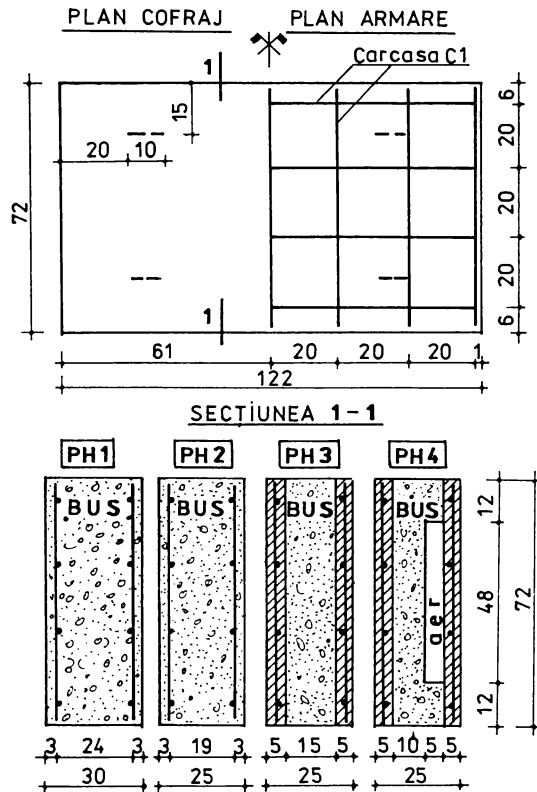


Fig.5.22

### 5.3.2.2 Aparatura și metoda de măsurare.

Aparatura pentru măsurarea câmpului termic se compune dintr-o cameră frigorifică, cu pereții demontabili de tip CFDC - 16, de fabricație FRIGOCOM - București, traductoare termorezistive semiconductoare de tip termistoare miniatură, confecționate de Institutul de Fizică și Tehnologia Materialelor Măgurele, care au fost cuplate la un comutator de puncte de măsură cu explorator automat de canale și un multimetru digital (fig.5.23).



Fig.5.23

Amplasarea termistoarelor pe fața interioară, respectiv exterioară este prezentată în fig.5.24.

Panourile experimentale au fost montate succesiv în trapa realizată în acest scop într-unul din panourile modul al camerei frigorifice. Etanșările necesare s-au efectuat cu ajutorul unor benzi din spumă poliuretanică. Panourile astfel montate constituie pereți despărțitori între o cameră climatizată și o cameră rece având respectate condițiile climatice impuse (vezi 5.3.2.3).

Măsurarea temperaturilor în camera rece și caldă, respectiv pe suprafața elementelor experimentale se face automat cu ajutorul termistoarelor, iar umiditatea relativă cu ajutorul unui higrograf Richard, de clasa 1.

Determinarea coeficientului total la transfer termic, respectiv a rezistenței la transfer termic, s-a făcut cu ajutorul metodei peretelui etalon de 10 cm grosime între două folii de aluminiu având un coeficient de conductivitate termică  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ .

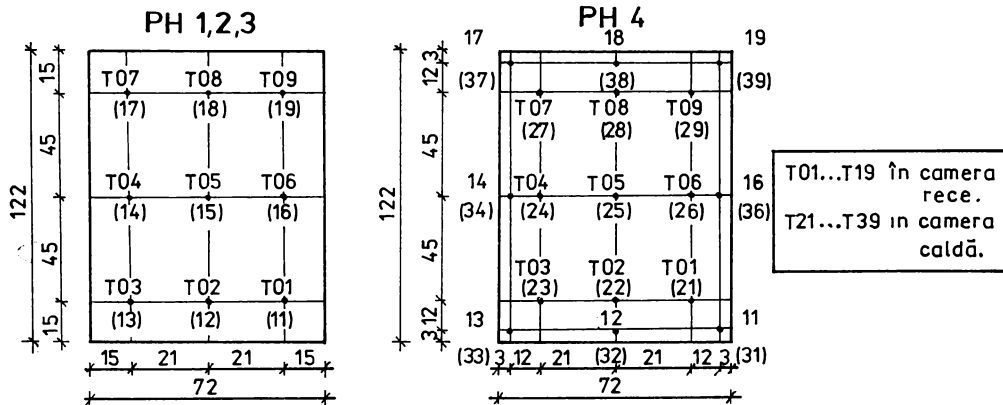


Fig.5.24

Posibilitatea apariției condensului pe suprafața interioară a panourilor experimentale a fost pusă în evidență prin analiza cîmpului de temperaturi în condițiile de realizare a unei umidități relative a aerului  $\varphi_{ri} = 65 \%$ .

### 5.3.2.3 Condiții experimentale.

Pentru fiecare panou s-a efectuat un singur ciclu de încercare în regim termic permanent, simulîndu-se următoarele condiții climatice /80/, /81/, /250/:

- a). zona caldă (interiorul clădirii):
  - temperatura aerului  $\theta_i = + 17 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
  - umiditatea relativă a aerului :  $\varphi_{ri} = 65 \%$ ;
  - viteza aerului :  $V_i = 0,1 \text{ m/s}$  (convecție normală);
- b). zona rece (exteriorul clădirii):
  - temperatura aerului :  $\theta_e = - 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
  - umiditatea relativă medie a aerului :  $\varphi_{re} = 85 \%$ ;
  - viteza aerului :  $V_e \leq 1 \text{ m/s}$ .

### 5.3.2.4 Determinarea cîmpului termic.

Cîmpul termic a fost măsurat la stabilizarea fluxului de căldură (patru ore de la atingerea temperaturii de -20 °C în camera rece) și după o oră de la oprirea instalației de încercat.

Rezultatele măsurătorilor calculate ca medie ponderată a cîmpurilor termice, corectate cu coeficientul de corecție a instalației ( $C = \pm 1,2$ ) determinat pe baza panoului etalon (PH0), sînt prezentate în tabelul 5.7.

Tabelul 5.7

Pa-nou	Camera caldă			Camera rece			
	$\theta_i$ (°C)	După sta-bilizare	După 1h	$\theta_e$ (°C)	După sta-bilizare	După 1h	
		$\theta_{si}$ (°C)	$\theta_{si}$ (°C)		$\theta_{se}$ (°C)	$\theta_{se}$ (°C)	$\theta_e$ (°C)
PH0	+16	+14,54	+14,50	-20	-19,45	-13,43	-14,00
PH1	+17	+10,49	+10,73	-20	-13,36	-12,46	-13,77
PH2	+17	+12,53	+12,25	-20	-10,38	-11,05	-12,75
PH3	+17	+12,46	+12,38	-18,6	-15,69	-10,85	-12,50
PH4	+17	+12,15	+12,45	-20	-10,50	-10,94	-12,50

În fig.5.25 se prezintă diagrama temperaturilor experimentale măsurate pe fața interioară, respectiv pe fața exterioră a panoului PH4.

### 5.3.2.5 Determinarea rezistenței la transfer termic.

Determinarea rezistenței la transfer termic a elementelor experimentale sa făcut în conformitate cu /246/, pe baza valorilor din tabelul 5.7, avînd în vedere fluxul unitar de căldură ( $q$ ) cedat de suprafața elementului din camera rece ( $S=1 \text{ m}^2$ ), considerată ca suprafață exterioră ( $\theta_{se}$ ), în timp de o oră ( $\tau=1 \text{ h}$ ), cu relația:

$$q = \alpha_e (\theta_{se} - \theta_e) \quad (\text{W/mk}) \quad (5.1)$$



unde : -  $\alpha_e$  este coeficientul la transfer termic (exterior);  
 -  $\theta_{se}$  temperatura pe suprafața exterioară a elementului;  
 -  $\theta_e$  temperatura aerului exterior.

Considerînd că fluxul de căldură specifică rămîne constantă și prin element ( $R_i$  și  $R_e$  fiind constante pentru toate elementele experimentale) rezultă că rezistența la transfer termic ( $R$ ) a elementelor încercate se determină cu relația din /246/

$$R = \frac{\theta_s}{q} = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{q} \quad (\text{m}^2\text{k/W}) \quad (5.2)$$

unde : -  $\theta_{si}$  este temperatura pe suprafața interioară, în °C;  
 -  $\theta_{se}$  temperatura pe suprafața exterioară, în °C.

În tabelul 5.2 sînt prezentate valorile rezistenței globale  $R_0$  la transfer termic pentru fiecare panou încercat.

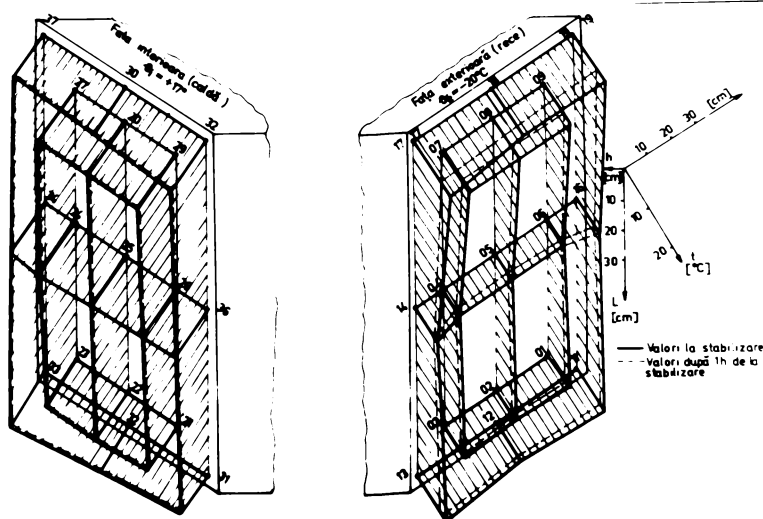


Fig.5.25

Tabelul 5.8

Caracteristici termice		Tip panou			
		PH1	PH2	PH3	PH4
$R_o$ exper. ( $m^2k/W$ )		0,981	0,789	0,769	0,719
$R_o$ calc. ( $m^2k/W$ )		0,938	0,809	0,773	0,616
$\theta_e = - 18^\circ C$ $\theta_i = + 17^\circ C$ $\rho_{ri} = 65 \%$	$\theta_{si} (^\circ C)$	12,34	11,54	11,44	11,66
	$T_r (^\circ C)$	10,35			
	$R_o$ nec. ( $m^2k/W$ )	0,658			
	$\rho_{ri} (\%)$	75	70	69	67
	$C_v (g/m^3)$	10,87	10,14	9,98	9,81
$\theta_e = - 15^\circ C$ $\theta_i = + 17^\circ C$ $\rho_{ri} = 65 \%$	$\theta_{si} (^\circ C)$	12,74	12,01	11,92	12,13
	$T_r (^\circ C)$	10,35			
	$R_o$ nec. ( $m^2k/W$ )	0,602			
	$\rho_{ri} (\%)$	78	73	71	70
	$C_v (g/m^3)$	11,30	10,57	10,34	10,22
$\theta_e = - 12^\circ C$ $\theta_i = + 17^\circ C$ $\rho_{ri} = 65 \%$	$\theta_{si} (^\circ C)$	13,14	12,47	12,39	12,58
	$T_r (^\circ C)$	10,35			
	$R_o$ nec. ( $m^2k/W$ )	0,545			
	$\rho_{ri} (\%)$	80	75	73	71
	$C_v (g/m^3)$	11,59	10,87	10,86	10,61

### 5.3.2.6 Verificarea teoretică a caracteristicilor higrotermice.

Studiul teoretic a avut în vedere prevederile prescripțiilor tehnice în vigoare, STAS 6472/3-89 "Calculul termotehnic al elementelor de închidere ale clădirilor" și STAS 6472/4-89 "Comportarea elementelor de construcții la difuzia vaporilor", precum și

în ipoteza unui regim staționar.

Rezistența la transfer termic,  $R_0$ , pentru cele patru tipuri de panouri (PH1 - PH4) a fost calculată pe baza coeficientului de conductivitate termică  $\lambda$ , determinat experimental cu ajutorul aparatului Dr. Boock, rezultatele fiind majorate conform STAS6472/3-89 pentru obținerea coeficientului de conductivitate termică de calcul, rezultând astfel pentru BUS,  $\lambda_c = 0,39$  W/mk, respectiv pentru BG,  $\lambda_c = 0,454$  W/mk.

Temperatura suprafeței interioare,  $\theta_{si}$ , a fost calculată considerînd temperatura aerului interior,  $\theta_i$ , de 20°C, 18°C, 17°C, 16°C și 12°C, iar cea a aerului exterior,  $\theta_e$ , corespunzătoare zonei climatice 1, 2 și 3, rezultatele pentru  $\theta_i = +17^\circ\text{C}$  și  $\varphi_{ri} = 65\%$  sînt prezentate în tabelul 5.8.

În cadrul acestor verificări s-a determinat rezistența efectivă la transfer termic, comparîndu-se cu rezistența minimă necesară, respectiv rezistența globală și un calcul la condens la suprafața interioară a elementelor experimentale.

Aceste verificări s-au făcut conform /242/ pentru cele trei zone climatice : -18°C; -15°C, respectiv -12 °C, temperatura interioară  $\theta_i = +17^\circ\text{C}$  și  $\varphi_{ri} = 65\%$  /80//, /81//, /87//, /250/.

### 5.3.2.7 Concluzii privind comportarea higrotermică a elementelor de închidere.

În urma studiilor efectuate pe elementele experimentale se pot trage următoarele concluzii /80//, /81//, /87//, /250/ :

- o concordanță bună între valorile experimentale  $R_0$  și valorile calculate (v. tab. 5.8);

- atît valorile experimentale cît și cele teoretice sînt mai mari decît valorile minime necesare pentru  $R_0$  pentru toate zonele climatice;

- pentru orice valoare a temperaturii aerului interior și orice zonă climatică, panourile PH2 - PH4 prezintă temperaturi pe suprafața interioară mai reduse cu 5%..9% față de panoul PH1 care are grosimea mai mare cu 5 cm față de PH2 - PH4; aceste valori variază între 12,47 °C ( $\theta_i = +17^\circ\text{C}$ ,  $\theta_e = -12^\circ\text{C}$ ) și 11,36 °C ( $\theta_i = +17^\circ\text{C}$ ,  $\theta_e = -18^\circ\text{C}$ ) în cazul panourilor PH2 - PH4 și

13,4 °C ( $\theta_i = + 17$  °C,  $\theta_e = - 12$  °C), respectiv 12,34 °C la panoul PH1 (tabelul 5.8).

- față de temperatura punctului de rouă  $T_r = 10,35$  °C temperatura pe suprafața interioară a panourilor PH2 - PH4 este mai mare cu 9,8 % - 20,5 % ( $\theta_i = +17$  °C,  $\theta_e = -18$  °C și  $\theta_e = -12$  °C), respectiv de 19,2 % - 26,9 % ( $\theta_i = +17$  °C,  $\theta_e = -18$  °C și  $\theta_e = -12$  °C) la panoul PH1;

- umiditatea relativă a aerului interior,  $\varphi_{ri}$ , la care apare condensul pe suprafața interioară variază de la 67 % ( $\theta_i = +17$  °C,  $\theta_e = -18$  °C) la 75 % ( $\theta_i = +17$  °C,  $\theta_e = -12$  °C) în cazul panourilor PH2 - PH4, și de la 75 % ( $\theta_i = +17$  °C,  $\theta_e = -18$  °C) la 85 % ( $\theta_i = +17$  °C,  $\theta_e = -12$  °C) la panoul PH1.

- condensul pe suprafața interioară a panourilor apare pentru concentrații ale vaporilor,  $C_v$ , variind între 9,81 g/m<sup>3</sup> ( $\theta_i = 17$  °C și  $\theta_e = -18$  °C) și 10,87 g/m<sup>3</sup> ( $\theta_i = + 17$  °C și  $\theta_e = -12$  °C) în cazul panourilor PH2 - PH4 și între 10,87 g/m<sup>3</sup> ( $\theta_i = + 17$  °C și  $\theta_e = - 18$  °C) și 11,59 g/m<sup>3</sup> ( $\theta_i = + 17$  °C și  $\theta_e = - 12$  °C) în cazul panoului PH1 (tabelul 5.8).

- panourile PH2 - PH4 pot fi folosite pînă la umiditate interioară de 69 %...75 %, funcție de zona climatică, iar panoul PH1 la umidități pînă la 75 %...80 %;

- soluțiile de panouri propuse au avantajul evitării condensului pe fața interioară și în element în condițiile climatice studiate.

Panourile propuse din beton ușor spumat (BUS) monostrat și în combinație cu betonul ușor de granulat (BG) în mai multe straturi (fig.5.1) pot fi folosite tehnologic și calitativ pentru realizarea de închideri la hale industriale și agricole.

## 6. EFICIENȚA TEHNICO - ECONOMICA A FOLOSIRII BETONULUI USOR SPUMAT (BUS) SI A BETONULUI USOR DE GRANULIT (BG) CU CENUȘA SI SPUMANT LA REALIZAREA ELEMENTELOR DE ÎNCHIDERE NEPORTANTE.

### 6.1 Considerații generale.

Investițiile reprezintă cheltuieli prin care se realizează noi mijloace fixe, se completează sau perfecționează mijloacele fixe existente.

Investițiile efectuate în construcții industriale și agricole sînt în totalitatea lor investiții productive, întrucît generează efecte economice anuale multiple. Efectele economice anuale se exprimă prin profitul net, în cazul cînd investițiile contribuie la sporirea producției, sau prin economii, cînd investiția are ca rezultat numai reducerea cheltuielilor.

În general aprecierea investițiilor poate fi făcută atît din punct de vedere al efectului economic pe care acestea îl produc, cît și prin prisma eficienței lor economice. Efectul economic, ca noțiune, exprimă mărimea avantajului concret care se obține prin crearea, completarea sau perfecționarea unui mijloc fix, deci are un caracter absolut, în timp ce eficiența economică exprimă raportul dintre efectul economic obținut și volumul de investiții care-l generează, avînd un caracter relativ.

Analiza eficienței economice a investițiilor trebuie să răspundă în esență la următoarele probleme :

- care este oportunitatea și succesiunea amplasării în teritoriu a lucrărilor;
- care sînt soluțiile tehnice optime prin care se pot realiza lucrările respective cu un volum minim de investiții și cu un efect economic maxim.

Lucrarea de față încearcă să dea răspunsuri cu privire la eficiența economică, respectiv efectele economice generate de soluțiile tehnice elaborate cu privire la elementele de închidere prefabricate din beton ușor spumat (BUS) și beton ușor de granulit (BG) cu cenușă și spumant /84/, /85/, /86/, /87/, /133/, /134/.

## 6.2 Calculul comparativ al eficienței economice.

Datorită faptului că economia României trece printr-un proces de transformare complexă, iar valorile nu sînt încă stabilite prin legea cererii și ofertei, am încercat abordarea efectelor economice și a eficienței economice din punct de vedere al performanțelor "tehnice" în comparație cu un panou "etalon" (0,26x1,23 x5,98 m fig.2.54).

Calculul comparativ s-a făcut ținînd cont de alcătuirea elementelor de închidere prefabricate neportante și materialele folosite la confecționarea acestora.

### 6.2.1 Consumul de manoperă.

Consumul de manoperă s-a determinat cu ajutorul "Indicatorilor de norme de deviz", funcție de numărul de ore aferente fiecărei categorii de lucrări în parte, separat pentru soluția de panou avînd termoizolația din BCA (fig.2.54) numit și panou "etalon" și separat pentru panourile de închidere prefabricate din BUS, sau în combinație cu BG cu cenușă de termocentrală și spumant.

Datorită faptului, că atît panoul "etalon" cît și celelalte elemente de închidere (P1...P6) neportante au grosimi și înălțimi diferite, determinarea consumurilor de manoperă s-a făcut pentru 1 m<sup>3</sup> de panou echivalent.

Rezultatele privind consumurile de manoperă sînt prezentate în tabelul 6.1.

Tabelul 6.1

Panou	Consum de manoperă (ore / m <sup>3</sup> )	Consum ± de manoperă în :	
		ore / m <sup>3</sup>	% / m <sup>3</sup>
ETALON	5,76	-	-
P 1	5,46	- 0,30	- 5,21
P 2	5,18	- 0,58	- 10,07
P 3	5,59	- 0,17	- 2,95
P 4	6,42	+ 0,66	+ 11,45
P 5	6,62	+ 0,86	+ 14,93
P 6	5,98	+ 0,22	+ 3,82

Analizând rezultatele din tabelul 6.1 se constată că panourile P1...P3 asigură reducerea manoperei cu 2,95 %...10,07 %, iar panourile P4...P6 au un consum de manoperă mai mare cu 3,82 %...14,93 % datorită cantității mai mare de armături utilizate, respectiv confecționării și montării elementelor prefabricate din BUS sau BG în elementele de închidere neportante pentru construcții industriale și agricole.

### 6.2.2 Consumul de materiale.

Calculul consumului de materiale s-a făcut funcție de alcătuirea elementelor de închidere și a consumurilor specifice de materiale din compoziția betoanelor utilizate, rezultatele fiind prezentate în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2

Panou	Consum de materiale		Economie ± de materiale			
	Ciment (kg/m <sup>3</sup> )	Oțel (kg/m <sup>3</sup> )	Ciment în :		Oțel în :	
			(kg/m <sup>3</sup> )	%	(kg/m <sup>3</sup> )	%
ETALON	313,82	19,07	-	-	-	-
P 1	321,67	19,32	+ 7,85	+ 2,50	+ 0,25	+ 1,35
P 2	297,53	14,31	- 16,29	- 5,19	- 4,76	- 24,96
P 3	332,42	21,65	+ 18,60	+ 5,93	+ 2,58	+ 13,53
P 4	322,45	32,29	+ 8,63	+ 2,75	+ 13,22	+ 69,32
P 5	320,24	22,58	+ 6,42	+ 2,05	+ 3,51	+ 15,56
P 6	320,24	21,55	+ 6,42	+ 2,05	+ 2,48	+ 13,00

Se constată că numai panoul P2 confecționat integral din beton ușor spumat asigură economisirea cimentului și a oțelului în procente de 5,19 %, respectiv 24,96 %.

Celălalte panouri au depășiri la consumurile de materiale datorate în special volumului mic ale acestora în comparație cu panoul etalon. De aici se poate trage concluzia, că elementele de închidere prefabricate din beton BUS care au înălțimea de cel pu-

țin 1 m asigură reducerea cantității de materiale înglobate pe unitatea de volum, comparativ cu panoul etalon.

### 6.2.3 Energia înglobată.

Calculul energiei înglobate s-a făcut funcție de tipul și cantitatea materialelor folosite pentru confecționarea elementelor de închidere prefabricate, respectiv de conținutul total de energie înglobată în acestea.

Rezultatele calculelor sînt prezentate în tabelul 6.3.

Tabelul 6.3

Panou	Energia înglobată în:		Economie ± de energie în :		
	KWh/m <sup>3</sup>	kgcc/m <sup>3</sup>	KWh/m <sup>3</sup>	kgcc/m <sup>3</sup>	%
ETALON	939,42	115,55	-	-	-
P 1	761,55	93,67	- 177,88	- 21,88	- 18,93
P 2	698,97	85,97	- 240,45	- 29,58	- 25,60
P 3	1114,09	134,03	+ 174,67	+ 21,48	+ 18,59
P 4	924,85	113,76	- 14,57	- 1,79	- 1,55
P 5	1107,85	136,27	+ 168,43	+ 20,72	+ 17,93
P 6	1099,47	135,23	+ 160,05	+ 19,69	+ 17,04

În tabelul 6.3 se constată, că panourile P1, P2 și P4 integral confecționate din beton ușor spumat (BUS) asigură economie de energie înglobată între 1,55 %...25,60 % față de panoul "etalon". Elementele prefabricate de închidere (P3, P5 și P6) au un consum de energie înglobată mult mai mare (+17,04 %...+18,59 %) datorită consumului de energie sporită pentru fabricarea granulitului.

Făcînd comparație a betonului BUS cu BCA se constată următoarele :

- față de GBN 35, cu  $\rho = 550 \text{ kg/m}^3$  betonul ușor spumat (BUS) are energie înglobată mai mică 28,25 KWh/m<sup>3</sup>, reprezentînd o economie de energie înglobată de 5,51 %;



- față de GBN 50, cu  $\rho = 610 \text{ kg/m}^3$ , betonul BUS are energie înglobată cu  $125,5 \text{ KWh/m}^3$  mai mică, reprezentînd o economie de 20,53 %.

#### 6.2.4 Consumul de combustibil.

Datorită rezistenței la transfer termic diferite ale elementelor de închidere prefabricate, pierderile de căldură prin transmisie termică pe unitatea de suprafață de panou diferă. Pierderea de căldură prin transmisie termică ( $Q_T$ ) se calculează cu relația :

$$Q_T = m \cdot s \cdot \frac{\theta_i - \theta_e}{R_{oc}} \quad (\text{ W sau kcal/h } ) \quad ( 6.1 )$$

unde :  $m = 1,2$  coeficient de masivitate termică;

$s = 1 \text{ m}^2$  suprafața panoului;

$\theta_i$  temperatura aerului interior, în °C;

$\theta_e$  temperatura aerului exterior, în °C;

$R_{oc}$  rezistența de calcul la transfer termic, în  $\text{m}^2 \cdot \text{k/W}$  sau  $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C/kcal}$ .

Căldura pierdută prin transmisie termică trebuie să fie înlocuită prin consumarea unei cantități de combustibil convențional ( $C_C$ ), calculat cu relația :

$$C_C = Q_T / 7000 \quad (\text{ kgcc/h } ) \quad ( 6.2 )$$

Calculul consumului de combustibil convențional în comparație cu pierderile de căldură prin transmisie termică pentru diferite valori ale temperaturii interioare/exterioară pentru zona climatică 1 sînt prezentate în tabelul 6.4.

În tabelul 6.4 se constată, că folosirea elementelor de închidere prefabricate neportante (P1...P6) duce la economisirea energiei care se pierde prin transmisie termică, respectiv combustibil convențional/h în proporție de 12,21 % ... 34,05 %.

Tabelul 6.4

Panou	$R_{oc}$ în: $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C / kcal$	Temperatura		$Q_T$ kcal/h	$C_c$ kgcc/h	Economie în : %
		$\theta_i$ ( $^\circ C$ )	$\theta_a$ ( $^\circ C$ )			
ETALON	0,818	+ 10	- 18	47,80	0,00680	-
		+ 15		56,33	0,00805	-
		+ 18		61,45	0,00878	-
	0,703	+ 20		64,84	0,00927	-
P 1	1,096	+ 10	- 18	35,66	0,00510	33,33
		+ 15		42,04	0,00601	33,94
		+ 18		45,85	0,00655	34,05
	0,942	+ 20		48,41	0,00692	33,96
P 2	0,996	+ 10	- 18	39,25	0,00561	21,21
		+ 15		46,26	0,00661	21,79
		+ 18		50,47	0,00721	21,78
	0,856	+ 20		53,27	0,00761	21,81
P 3	0,921	+ 10	- 18	42,42	0,00606	12,21
		+ 15		50,00	0,00714	12,75
		+ 18		54,54	0,00779	12,71
	0,792	+ 20		57,58	0,00823	12,64
P 4	0,996	+ 10	- 18	39,25	0,00561	21,21
		+ 15		46,26	0,00661	21,79
		+ 18		50,47	0,00721	21,78
	0,856	+ 20		53,27	0,00761	21,81
P 5	0,921	+ 10	- 18	42,42	0,00606	12,21
		+ 15		50,00	0,00714	12,75
		+ 18		54,54	0,00779	12,71
	0,792	+ 20		57,58	0,00823	12,64
P 6	0,921	+ 10	- 18	42,42	0,00606	12,21
		+ 15		50,00	0,00714	12,75
		+ 18		54,54	0,00779	12,71
	0,792	+ 20		57,58	0,00823	12,64

### 6.3 Concluzii privind eficiența economică.

În urma studiilor efectuate asupra elementelor de închidere prefabricate din beton ușor spumat (BUS) și beton ușor de granu- lit (BG) cu cenușă și spumant (P1...P6) în comparație cu un panou "etalon", se poate trage concluzia că aceste panouri asigură o e- ficiență economică bună din punct de vedere al consumului de ma- noperă, de materiale, energie înglobată și a consumului de combus- tibil consumat.

## 7. CONCLUZII.CONTRIBUTII PERSONALE SI VALORIFICAREA CERCETARILOR.

O cale deosebit de eficientă pentru economisirea materialelor energointensive (polistiren,vată minerală,BCA etc.) și reducerea greutateii construcțiilor este îmbunătățirea caracteristicilor termotehnice ale betoanelor și reducerea greutateii lor.Imbunătățirea caracteristicilor betoanelor se poate realiza prin intervenirea în structura internă a betonului înlocuind componenții grei (agregatele) cu componenți mai ușori sau prin crearea în beton de pori închiși.

O etapă importantă în obținerea unor betoane ușoare a constituito trecerea la folosirea agregatelor poroase ușoare,în special a granulitului în țara noastră.

Cercetările efectuate în ultima perioadă arată că se pot obține betoane ușoare cu caracteristici îmbunătățite față de betoanele ușoare "calasice" de izolație sau rezistență și izolație /210/,/211/ înlocuind partea fină de agregat cu cenușă de termocentrală și prin crearea unor pori închiși în masa betonului utilizând antrenori de aer sau prin alte metode.De asemenea,prin înlocuirea totală a agregatelor cu cenușă de termocentrală și folosirea unor spumanti,se pot obține betoane ușoare spumate (BUS) /62/,/63/,/89/,/109/,/250/,/251/,/252/.

Un domeniu eficient de folosire a betoanelor ușoare spumate cu caracteristici termotehnice îmbunătățite îl reprezintă cel al elementelor de închidere pentru construcții industriale și agricole unde soluția monostrat este avantajoasă în comparație cu soluția cu mai multe straturi sau în comparație cu soluția pereților de zidărie.

Lucrarea prezintă în baza rezultatelor cuprinse în cele 7 contracte de cercetare științifică,realizarea și folosirea a unor noi tipuri de betoane ușoare spumate pentru elemente de închidere la construcții industriale și agricole.

Cercetările,conduse atât pe epruvete,cît și pe elemente la scară naturală au cuprins :

- studiul posibilităților de obținere a unor betoane ușoare

spumate cu folosirea ca și materiale a cimentului, cenușei de termocentrală, granului și ai unor aditivi antrenori de aer și mai eficienți decât cei prevăzuți în norme la ora actuală;

- obținerea de betoane ușoare spumate și stabilirea caracteristicilor fizico - mecanice ale acestora;

- cercetări, pe elemente cu grosime la scară naturală (1:1), cu privire la comportarea higrotermică în scopul folosirii lor la elemente de închidere;

- proiectarea, realizarea și încercarea a unor elemente prefabricate autoportante pentru închideri la construcții industriale și agricole la scară naturală.

### 7.1 Concluzii cu privire la realizarea betoanelor ușoare spumate.

Având în vedere domeniul de folosire a betoanelor ușoare spumate (BUS) cercetările efectuate au urmărit pe de o parte găsirea corelației optime între rezistența necesară pentru beton și densitatea materialului, iar pe de o parte valorificarea posibilităților existente în zona județului Timiș cu privire la materiale (cenușă de termocentrală, granulat, spumați).

Rezistența minimă la compresiune, urmărită a se obține a fost de  $50 \text{ daN/cm}^2$ .

Au fost încercate două variante de compoziții de betoane :

- betoane, BUS, realizate cu cenușă de termocentrală (de la CTE Mintia și Oradea), ciment și aditivi antrenori de aer (spumați);

- betoane, BG, realizate cu ciment, cenușă de termocentrală, aditivi antrenori de aer și agregate (granulat, granulat + nisip, granulat + cenușă).

Rețetele de betoane în număr de peste 300, pentru prima variantă și 52 pentru varianta a doua au avut ca principale variabile : tipul și cantitatea de aditiv folosit; timpul de malaxare; compoziția agregatului total; cantitatea de ciment și cenușă; raportul  $A/(C + CT)$ .

Ca și aditivi s-au folosit patru substanțe experimentale NF 16, OF 10 (NF 10), OF 6 (NF 6) și SP 4, produse de Intreprinderea de

Detergenți Timișoara, laboratorul de cercetare, și pentru comparație aditivul DETERSIN - DBS dat în normele actuale ca și antrenor de aer.

a). Studiile și cercetările efectuate pe betoanele, BUS, au pus în evidență următoarele concluzii :

1). Se pot obține betoane ușoare spumate (BUS) având în compoziție ciment Pa35, cenușă de termocentrală (CTE Mintia și Oradea), apă și aditiv antrenor de aer (Brevet de invenție Nr.94863/1988 "Compoziție de beton");

2). Raportul optim dintre cantitatea de apă și ciment plus cenușă (A/C+Ct) depinde de tipul de cenușă și este 0,28...0,30 pentru cenușa de Mintia, respectiv 0,34...0,38 pentru cenușa de Oradea;

3). Aerul antrenat îmbunătățește lucrabilitatea betonului și din această cauză punerea în operă se poate face printr-o vibrație ușoară evitându-se în acest fel expulzarea prin compactare a unei părți din aerul antrenat (timpul de vibrație recomandat este sub 30 sec.);

4). Pentru a facilita operația de distribuire în masa betonului a spumantului este necesar ca acesta să se amestece în prealabil cu o cantitate de apă;

5). Volumul de aer antrenat în beton depinde de cantitatea de spumant și de durata de amestecare, dacă durata de amestecare este redusă spumantul nu se amestecă uniform în masa betonului și nu antrenează suficient aer chiar la cantități mari de aditiv; în condițiile malaxoarelor actuale durata minimă de amestecare este 3 min., (durata de amestecare și cantitatea spumantului trebuie corelate funcție de viteza de rotație a malaxorului);

6). Dintre aditivii antrenori de aer utilizați, aditivul DETERSIN - DBS (STAS 9062/86) și SP 4 sînt cei mai slabi antrenori de aer. În condițiile prevăzute de norme a unei cantități de 0,2 % antrenori de aer DETERSIN - DBS, din cantitatea de ciment, se obțin densități medii în stare proaspătă de  $1476 \text{ kg/m}^3$  față de  $1484 \text{ kg/m}^3$  pentru SP 4,  $1160 \text{ kg/m}^3$  pentru NF 16,  $1114 \text{ kg/m}^3$  pentru OF 10 (NF 10) și  $1360$  pentru OF 6 (NF 6) în cazul utilizării cenușei de Mintia.

7). Densitatea și rezistența betonului ușor spumat scade în

proporții similare cu creșterea procentului de aer antrenat.

La un dozaj de ciment de  $300 \text{ kg/m}^3$  la betoanele fără antrenori de aer, rezistențele la 28 zile sînt de peste  $150 \text{ daN/cm}^2$ , la densități în stare proaspătă mai mare de  $1700 \text{ kg/m}^3$  pentru beton cu cenușă de Mintia, respectiv peste  $100 \text{ daN/cm}^2$  la densități în stare proaspătă mai mari de  $1500 \text{ kg/m}^3$  pentru beton cu cenușă de Oradea. La betoanele cu DETERSIN rezistențele sînt peste  $100 \text{ daN/cm}^2$ , la densități peste  $1500 \text{ kg/m}^3$  și între  $50 \dots 100 \text{ daN/cm}^2$  la densități mai mici; cu aditivul NF 16 și OF 10 (NF 10) în cantitate sub  $0,2 \%$  rezistențele obținute sînt de  $50 \dots 100 \text{ daN/cm}^2$  la densități de  $1200 \dots 1350 \text{ kg/m}^3$ ; cu OF 6 (NF 6) se obțin rezistențe de  $50 \dots 100 \text{ daN/cm}^2$ , la densități de  $1230 \dots 1400 \text{ kg/m}^3$  și rezistențe peste  $100 \text{ daN/cm}^2$  la densități peste  $1400 \text{ kg/m}^3$  folosind cenușa de Mintia.

Cu cenușa de Oradea se obțin betoane în stare proaspătă de  $1050 \dots 1175 \text{ kg/m}^3$ , avînd rezistențe peste  $40 \text{ daN/cm}^2$  folosind spumant OF 10 (NF 10) sub  $0,15 \%$ .

8). Din punct de vedere al indicelui de calitate ( $R_{c28}/C_{b28}$ ) funcție de rezistență, betoanele BUS se situează la mijlocul intervalului dintre BCA și betoanele "clasice" de izolație și rezistență (v. fig. 4.8 și fig. 4.9);

9). După 50 cicluri de îngheț-dezghet betoanele BUS au arătat o bună comportare la gelivitate (v. tab. 4.14);

10). Calculul eficienței betoanelor, BUS, din punct de vedere a energiei înglobate arată o economie, față de BCA, de  $28,25 \text{ kWh/m}^3 - 125,5 \text{ kWh/m}^3$ , reprezentînd  $5,51 \%$  -  $20,53 \%$ .

11). Pe baza rezultatelor experimentale se poate considera că aditivul recomandat la realizarea betoanelor ușoare spumate, BUS, este OF 10 (NF 10); aditivul OF 10 (NF 10) a fost folosit, de altfel, și la încercările pe elemente la scară naturală.

b). Rezultatele experimentale obținute pe betoanele, BG, au dus la următoarele concluzii :

1). Valabilitatea și în acest caz a primelor 3 concluzii de la betoanele, BUS, cu excepția raportului optim  $A/(C + CT)$  care în acest caz este de  $0,3 \dots 0,45$ ;

2). Față de betoanele de izolație și rezistență (C.155/81) scăderea densității este de aproximativ  $25 \%$  cînd se folosește

DETERSIN și 30 % când se folosesc aditivii NF 16, și OF 10 (NF 10); față de betoane martor cu aceeași compoziție dar fără spumant scăderea de densitate este de 18 % când se folosește DETERSIN și 23 % când se folosește NF 16 sau OF 10 (NF 10);

3). Rezistențele betoanelor cu DETERSIN în proporție de 0,4% sînt peste  $50 \text{ daN/cm}^2$  la un dozaj de ciment de  $300...350 \text{ kg/m}^3$  și la densități de peste  $1550 \text{ kg/m}^3$ ; la aditiv NF 16 și OF 10 (NF 10) în cantități de 0,1...0,2 % se obțin rezistențe de  $50...100 \text{ daN/cm}^2$  și densități de peste  $1475 \text{ kg/m}^3$ ;

4). Indicele de calitate a betoanelor, BG, le situează, în majoritatea cazurilor, deasupra betoanelor "clasice" de izolație și rezistență (v. anexa 4.11).

## 7.2 Concluzii cu privire la comportarea higrotermică a betoanelor ușoare spumate.

Caracteristicile higrotermice au fost determinate pe elemente experimentale mici ( $20 \times 20 \times 4 \text{ cm}$ ), cu compozițiile cele mai caracteristice din betonul BUS și BG, și pe elemente cu grosime la scară naturală ( $25...30 \text{ cm}$ ).

Elementele de grosime la scară naturală au fost alcătuite monostrat (PH1, PH2), sau din mai multe straturi (două straturi de 5 cm din BG și un strat de 15 cm BUS pentru elementul PH3; două straturi de 5 cm din BG avînd între ele un strat de 10 cm din BUS și un strat de 5 cm aer pentru PH4).

Încercările efectuate pe elemente mici (aparatură Dr. Boock) arată următoarele :

- la betoanele BUS din cenușă de Mintia se obține un coeficient mediu de conductivitate termică de  $0,3 \text{ W/mk}$ , pentru o densitate în stare uscată de  $1117 \text{ kg/m}^3$ ;

- la betoanele BUS din cenușă de Oradea se obține un coeficient mediu de conductivitate termică de  $0,19 \text{ W/mk}$ , pentru o densitate în stare uscată de  $892 \text{ kg/m}^3$ ;

- pentru betonul BG s-a obținut un coeficient de  $0,387 \text{ W/mk}$  pentru o densitate de  $1510 \text{ kg/m}^3$ .

Elementele cu grosime la scară naturală au fost încercate cu ajutorul camerei frigorifice de tip CFDC-16 măsurîndu-se cu aju-

torul unor termistoare în mai multe puncte temperatura pe cele două suprafețe (suprafața rece, respectiv caldă). Compararea rezultatelor s-a făcut cu ajutorul unui panou etalon (PH0) din poliuretanic rigid între două foițe de aluminiu.

Pe baza măsurătorilor experimentale și a verificărilor teoretice rezultă următoarele :

- rezistența totală la transfer termic este de  $0,981 \text{ m}^2\text{k/W}$  pentru PH1,  $0,789 \text{ m}^2\text{k/W}$  pentru PH2,  $0,769$  pentru PH3 și  $0,719 \text{ m}^2\text{k/W}$  pentru PH4;

- comparativ cu soluțiile din zidărie de cărămidă de 36,5 cm și zidărie din GVP cu grosime de 29 cm rezistențele obținute pentru elementele experimentale sînt mai mari; Comparativ cu fișele de BCA cu grosime de 20 cm rezistențele sînt mai mici cu 16...20 %; comparativ cu panoul autoportant avînd termoizolația din BCA PH1 are rezistența totală la transfer termic mai mare cu 19,9%, PH2 < cu 3,5 %, PH3 < cu 6 %, respectiv PH4 < cu 12,1 % ;

- concordanță bună între valorile experimentale  $R_0$  și valorile calculate (valorile calculate sînt de  $0,938 \text{ m}^2\text{k/W}$  pentru PH1  $0,809 \text{ m}^2\text{k/W}$  pentru PH2;  $0,773 \text{ m}^2\text{k/W}$  pentru PH3 și  $0,616 \text{ m}^2\text{k/W}$  pentru PH4);

- atît valorile experimentale cît și cele teoretice sînt mai mari decît valorile minime necesare pentru  $R_0$  în cele 3 zone climatice de la noi din țară;

- nu există risc de apariție a condensului pe suprafața interioară la nici una dintre soluțiile de panou pentru toate zonele climatice și umidități interioare de pînă la 67 % (v. tabelul 5.8).

### 7.3 Concluzii cu privire la proiectarea, execuția și încercarea elementelor de închidere neportante.

Avînd în vedere rezultatele bune obținute privind caracteristicile fizico - mecanice a betoanelor ușoare spumate (BUS) și a betoanelor ușoare de granolit (BG) cu cenușă și spumant s-a trecut la valorificarea acestor noi betoane prin proiectarea, realizarea și încercarea a șase panouri (P1...P6) de închidere neportante pentru construcții industriale și agricole.



Aceste panouri au următoarea alcătuire (v.fig.5.1) :

- Panoul P1 de dimensiuni 0,28x0,60x5,98 m realizat monostrat din beton ușor spumat (BUS);
- Panoul P2 de dimensiuni 0,25x1,00x5,98 m realizat monostrat din beton ușor spumat (BUS);
- Panoul P3 de dimensiuni 0,25x0,60x5,98 m realizat din două straturi de 5 cm grosime din beton ușor de granulat (BG) și un strat de 25 cm din BUS;
- Panoul P4 de dimensiuni 0,25x0,60x5,98 m realizat monostrat din beton BUS;
- Panoul P5 de dimensiuni 0,25x0,60x5,65 m realizat dintr-un strat de 15 cm de BUS prefabricat și două straturi de 5 cm grosime din beton ușor de granulat (BG);
- Panoul P6 de dimensiuni 0,25x0,60x5,65 m realizat dintr-un strat de 15 cm BUS și două straturi din beton ușor de granulat (BG) prefabricat.

Panourile se deosebesc între ele prin dimensiunile secțiunii transversale, straturile de beton folosite, modul de armare și de poziția de turnare.

Panourile au fost realizate după o tehnologie obișnuită care nu ridică probleme deosebite, prepararea betonului făcându-se cu malaxoare obișnuite existente în dotarea unităților de construcții, compactarea făcându-se obișnuit printr-o vibrație de interior cu ajutorul pervibratorului, respectiv pe cofraj.

Inercările efectuate în cadrul laboratorului de Beton armat al Facultății de Construcții arată o comportare bună a tuturor panourilor sub sarcinile de exploatare rezultând următoarele :

- săgețile panourilor, sub sarcina de exploatare, sînt între 3,1 și 14,3 mm reprezentînd (1/1800...1/850)x1;
- mărimea medie a deschiderii fisurilor sub sarcina de exploatare, nu depășește 0,2 mm;
- avînd în vedere greutatea relativ mică a panourilor, rezultă că fiecare panou poate să mai preia în exploatare o încărcare suplimentară egală cu greutatea proprie;
- concordanță bună între valorile teoretice și experimentale de rupere;
- conlucrare bună a betonului ușor spumat (BUS) cu armătura

pnă la rupere;

- conlucrare bună între betonul ușor spumat (BUS) și betonul de granolit (BG).

De asemenea, studiul higrotermic efectuat pe cele patru elemente experimentale (PH1...PH4), a scos în evidență că rezistențele la transfer termic obținute pe cale experimentală sînt mult mai mari decît cele minime necesare stabilite teoretic, respectiv soluțiile de panouri propuse au avantajul evitării condensului pe fața interioară și în element în condițiile climatice studiate.

Avînd în vedere rezultatele încercărilor higrotermice și mecanice a elementelor de închidere la scară naturală, se poate afirma că aceste panouri pot fi folosite cu succes la închiderea hălelor industriale și agricole nefcälzite.

#### 7.4 Concluzii cu privire la eficiența tehnico-economică a folosirii betonului ușor spumat (BUS) și a betonului de granolit (BG) cu cenușă și spumant la realizarea elementelor de închidere neportante.

Eficiența tehnico economică a betonului ușor spumat, respectiv a elementelor de închidere neportante din beton BUS și BG, a fost pusă în valoare în comparație cu un panou "etalon" utilizat frecvent în România, respectiv cu betonul celular autoclavizat.

Datorită mutațiilor care au loc în viața economică a României, eficiența tehnico economică a acestora a fost pusă în evidență numai din punct de vedere al performanțelor "tehnice", pentru 1 m<sup>3</sup> de panou echivalent, rezultînd următoarele concluzii :

- față de BCA betonul ușor spumat (BUS) are o cantitate de energie înglobată cu 5,51 %...20,53 % mai mică;

- față de panoul "etalon" panourile din BUS asigură (P1 - P2) reducerea manoperei cu 5,51 % 10,07 %, a consumului de ciment (P2) și oțel cu 5,19 %, respectiv 24,96 %, a energiei înglobate (P1, P2 și P4) cu 1,55 %...25,60 %, a consumului de combustibil cu 12,21 %...34,05 %;

- panoul P2 confecționat din BUS este elementul de închidere cel mai eficient din punct de vedere al criteriilor studiate datorită înălțimii, și implicit a volumului apropiat de volumul pe-

retelui "etalon";

- greutate redusă cu 21,66 %...28,93 % pe unitate de volum de element de închidere (tabelul 6.5);

- indicatorul sintetic  $g_{cc} / R_{oc}$ ,evidențiază drept soluții de perspectivă panourile P1 și P2.

Datorită concluziilor de mai sus,se poate afirma că elementele de închidere din beton ușor spumat (BUS) asigură o eficiență

Tabelul 6.5

Nr. crt.	Panou	Caracteristici :					
		Greutate kg/m <sup>3</sup>	Ciment kg/m <sup>3</sup>	Oțel kg/m <sup>3</sup>	Energie înglobată KWh/m <sup>3</sup>	R <sub>oc</sub> m <sup>2</sup> °C/W	$\frac{g_{cc}}{R_{oc}}$
1.	ETALON	1686,63	313,82	19,07	939,42	0,818	1148,44
2.	P 1	1198,69	321,67	19,32	761,55	1,096	694,84
3.	P 2	1185,31	297,53	14,31	698,97	0,996	701,78
4.	P 3	1144,33	332,42	21,65	1114,09	0,921	1209,65
5.	P 4	1207,29	322,45	32,29	924,85	0,996	928,56
6.	P 5	1195,52	320,24	22,58	1107,85	0,921	1202,88
7.	P 6	1321,28	320,24	21,55	1099,47	0,921	1193,78

tehnico-economică bună din punct de vedere a consumului de manoperă,de materiale,energie înglobată și a consumului de combustibil consumat.

#### 7.5 Contribuții personale.Valorificarea cercetărilor.

După cum s-a arătat în cap.1 (punct 1.2) cercetările întreprinse de autor în perioada 1983...1989,au urmărit elucidarea unor aspecte privind posibilitatea utilizării a cenușilor de termocentrală pentru îmbunătățirea în continuare a caracteristicilor betoanelor ușoare "clasice" în sensul scăderii densității,creșterii capacității de izolare termică și reducerea energiei înglobate,precum și realizarea unor betoane ușoare spumate la care cantitatea de cenușă depășește 60 % din volumul betonului.Stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice ale acestor betoane au permis proiectarea,realizarea și încercarea a unor noi tipuri de elemente de închidere neportante pentru construcții industriale și agricole caracterizate prin:greutate proprie redusă,caracteristici

termotehnice îmbunătățite, reducerea sau eliminarea materialelor energointensive, utilizarea în cantități mari a materialelor refozibile cu energie înglobată redusă, precum și preț de cost redus. De asemenea, se pot folosi și la realizarea elementelor de închidere și compartimentare la clădiri civile.

Principalele contribuții ale autorului, cuprinse în lucrare de doctorat pot fi considerate următoarele :

- \* Complectarea studiilor de sinteză cu elemente noi cu privire la tipurile de elemente de închidere folosite pentru construcții industriale și agricole, atât la noi în țară cât și în străinătate, concluziile ce se desprind din aceste studii, precum și orientările actuale privind elementele de închidere.

- \* Studii de sinteză privind compoziția chimică a cenușilor de termocentrală folosite în străinătate la prepararea betoanelor și compararea cu cenușile noastre.

- \* Stabilirea compoziției chimice, determinarea reziduiului la cernere, constanței de volum, precum și a indicelui de activitate pentru cenușa de Oradea.

- \* Determinarea activității nucleare în spectru gama pentru cenușa de Mintia și Oradea.

- \* Efectuarea unei studii de sinteză privind aditivii antrenori de aer (spumânți) utilizați pentru fabricarea betoanelor ușoare spumate.

- \* Utilizarea a 6 tipuri de aditivi antrenori de aer și stabilirea % -ului optim de utilizare ale acestora, precum și a celui mai eficient aditiv pentru prepararea betoanelor ușoare spumate (BUS).

- \* Brevetul de invenție Nr.94863/1988 pentru "Compoziție de beton".

- \* Stabilirea compoziției optime pentru realizarea betonului ușor spumat (BUS) cu cenușă de Mintia și Oradea.

- \* Stabilirea procesului tehnologic de realizare a betonului ușor spumat (BUS).

- \* Stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice a betoanelor ușoare spumate (BUS).

- \* Stabilirea printr-un calcul de regresie a relațiilor de legătură între densitatea, rezistența la compresiune pe cuburi și

rezistența la întindere după cum urmează :

$$R_C = 12,78 \cdot \rho_b^{0,2} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (7.1)$$

$$R_{ti} = 0,45 \cdot R_C \cdot \rho_b^{0,4} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (7.2)$$

Rezistențele  $R_C$  și  $R_{ti}$  sînt date în  $\text{daN/cm}^2$  iar  $\rho_b$  în  $\text{kg/m}^3$ .

\* Stabilirea ciclului optim de tratament termic a betoanelor BUS.

Calculul de regresie efectuat în lucrarea de doctorat a permis stabilirea pentru betonul ușor spumat (BUS) a unei relații, pentru determinarea lui  $E_b$ , de forma ;

$$E_b = - 5438 + 0,22 \sqrt{\rho_b^3 \cdot R_C} \quad (7.3)$$

unde :  $E_b$  și  $R_C$  sînt dați în  $\text{N/mm}^2$  iar  $\rho_b$  în  $\text{kg/m}^3$ .

\* Elaborarea instrucțiunilor tehnice cu privire la realizarea betonului ușor spumat (BUS) de izolație și rezistență.

\* Stabilirea procesului tehnologic de obținere a betonului ușor de granulat cu cenușă și spumant, respectiv a caracteristicilor fizico-mecanice ale acestuia.

\* Proiectarea și realizarea a 6 tipuri de panouri din beton BUS și BG cu cenușă și spumant.

\* Experimentarea mecanică și higrotermică pentru stabilirea cât mai reală a comportării elementelor de închidere neportante (P1...P6) la sarcini statice de scurtă durată, respectiv din punct de vedere higrotermic (PH1...PH4).

\* Elaborarea și experimentarea metodei "peretelui etalon" în vederea determinării rezistenței la transfer termic al elementelor de închidere avînd grosime naturală.

\* Stabilirea eficienței tehnico-economice a betoanelor BUS, precum și a elementelor de închidere neportante din acest material.

\* Valorificarea cenușii de termocentrală, important produs rezidual la prepararea betoanelor ușoare spumate.

Valorificarea studiilor și cercetărilor s-a făcut prin concluziile puse la dispoziția cercetării și producției constituind 7 contracte de cercetare științifică elaborate în perioada 1983-1989 în colaborare cu ICPMC București filiala Timișoara, TAGCM Timiș, TAGCIND Timișoara, IELIF Oradea și TAGCM Bihor, respectiv realizarea pereților unei hale de producție al poligonului de prefabricate al societății comerciale PRIMACONSTR. SA Timișoara.

## BIBLIOGRAFIE

1. Ahverdov I.N. ș.a.: - Betonul ușor. Moscova, 1953;
2. Alexandrescu E., ș.a.: - Betoane ușoare de rezistență. Realizări în Municipiul Iași. Revista Materiale de construcții 2/1978, București;
3. Anastasescu D., Căpățineanu G., Koreck I.: - Realizări și propuneri privind elementele de compartimentare la clădiri civile. Simpozionul "Elemente de închidere" Cluj-Napoca, 1985;
4. Anufrien L.N. ș.a.: - Calcule termofizice ale clădirilor de producție agricolă. (l. rusă), Moscova, 1974;
5. Asanache H., Ghiocel D.: - Considerații privind poziția și funcțiile pereților exteriori în cadrul sistemului clădire. Simpozion "Elemente de închidere" Cluj-Napoca, 1985;
6. Avram C., Bob C.: - Noi tipuri de betoane speciale. Editura Tehnică, București, 1980;
7. Avram C., Filimon I.: - Curs de beton armat. Vol. 1+2, Litografia IPTVT Timișoara, 1977;
8. Avram C., Făcoaru I., Filimon I., Mirsu O., Tertia I.: - Rezistențele și deformațiile betonului. Editura Tehnică, București, 1971;
9. Bădea Gh.: - Sisteme de prindere a elementelor prefabricate din beton, în perioada de montaj. Conferința de ingineria tehnologică pentru construcții, Piatra Neamț, 1985;
10. Balan St., Arcan M.: - Încercarea construcțiilor. Editura tehnică, București, 1975;
11. Berge O.: - Structures in lightweight aggregate concrete, Inst. für Konstruktions-technik Betongbygnad, Göteborg, 1977;
12. Berge O.: - Armerade Constructioner i Lättbalastbetong, Inst. für Konstruktions-technik Betongbygnad, Göteborg, 1981;
13. Bliuc I.: - Regimul higrotermic al clădirilor de locuit la parter. Teză de doctorat. Iași, 1984;
14. Bob C., Velica P.: - Materiale de construcții. EDP. București, 1978;
15. Bob C., Jebeleanu E., ș.a.: - Noi tipuri de aditivi pentru betoane grele și ușoare. Revista Materiale de construcții Vol. 15/1985;
16. Bob C., ș.a.: - Extinderea domeniului de utilizare a aditivilor în betoane grele și ușoare. Contract IPTVT Nr. 102/1985;
17. Bob C.: - Modelul coroziunii armăturilor în beton. Simpozion - Soluții noi, eficiente în proiectarea și execuția structurilor, Timișoara, 1986;
18. Bob C.: - Încercarea construcțiilor. Curs, Litografia IPTVT Timișoara, 1986;
19. Bob C.: - Verificarea calității, siguranței și durabilității construcțiilor. Editura Faclă, Timișoara, 1989;
20. Bob C.: - Unele considerații privind stabilirea compoziției betoanelor. Revista Materiale de Construcții, Nr. 2, București, 1986;
21. Bob C., Rosu M., Buchman I.: - Materiale de construcții Vol. 1 și 2, Litografia IPTVT Timișoara, 1985;
22. Boghian V.: - Elemente de construcții și structuri din materiale plastice armate. Teză de doctorat, IP "Gh. Asachi" Iași, 1973;
23. Boghian V., ș.a.: - Panouri spațiale monostrat din PAS pentru

- pereti de fațadă la hale industriale parter.Simpozionul-Elemente și structuri din materiale plastice armate în construcții-Iași,1980;
24. **Boghian V.,sa.:** - Panouri cu structură sandwich cu fețe din PAS pentru pereti cortină la hale.Simpozionul "Elemente și structuri din materiale plastice armate în construcții",Iași 1980;
  25. **Boghian V.,sa.:** - Elemente și structuri în construcții din materiale noi compozite cu performanțe superioare.Simpozion "175 ani de învățămînt tehnic superior în limba română", Iași,1988;
  26. **Boghian V.:** - Construcții industriale.Litografia IP. Iași, 1988;
  27. **Bold I.,sa.:** - Revoluția industrială în agricultura României. Editura politică,București,1980;
  28. **Bonta T.,Andro R.,Filimon I.,Pătcas I.,Furdui C.,Ignaton E.:** - Panouri de închidere neportante din beton ușor spumant (BUS) pentru clădiri civile.Simpozion "Realizări și perspective în domeniul lucrărilor de locuințe și balneoclimaterice",Oradea,1989;
  29. **Borca F.,sa.:** - Conferință Națională de valorificare a cenușilor.Deva,1983;
  30. **Botez H.C.:** - Studiul adaosurilor tensioactive la mortare și betoane.Teză de doctorat,Iași,1979;
  31. **Braniste C.,Botez E.:** - Materiale de construcții. Vol.1,2 și 3,I.P. Iași,1988;
  32. **Buhăescu D.,sa.:** - Inchideri din panouri prefabricate mari realizate în industria alimentară.Simpozionul "Elemente de închidere",Cuj-Napoca,1985;
  33. **Buhăescu D.,sa.:** - Comportarea în timp a peretilor și platfor melor termoizolante pentru spații răcite și frigorifice din industria alimentară. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca,1985;
  34. **Bulgaru V.,sa.:** -Comportarea în regim termic staționar a unui panou prefabricat pentru clădiri zootehnice.Simpozion "Elemente de închidere" Cluj-Napoca,1985;
  35. **Cadar I.:** - Mortare și betoane armate cu fibre de sticlă.Teză de doctorat,Timisoara,1980;
  36. **Chiapini V.:** - Construcții prefabricate la complexe agrozootehnice în Italia.Genió rurale,1972;
  37. **Cleary M.:** - Feamed concrete:another option.Civil Engineering Nr.10/1986;
  38. **Comșa E.:** - Contribuții privind dimensionarea diafragmelor și a elementelor de închidere neomogene la transferul de căldură.Teză de doctorat,Cluj-Napoca,1978;
  39. **Comșa E.,Moga I.,Veronica T.,Munteanu C.:** - Studiul caracteristicilor higrotermice pentru un panou mare prefabricat în trei variante proiectate pentru zona Cluj.Simpozion "Elemente de închidere și compartimentare" Cluj-Napoca,1985;
  40. **Constantinescu R.,Serban P.L.:** - Probleme actuale ale fizicii construcțiilor în lumina conceptului de performanță.Revista Construcții 9/1988;
  41. **Corusa E.,Moga I.:** - Stabilitatea termică-exigență importantă de performanță în aprecierea confortului termic în clădiri, Revista Construcții 12/1988;

42. Cristescu A.: - Elemente de închidere pentru construcții agrozootehnice. Sintează CIDAS, 1970;
43. Dawzik W., J.: - Effectiwnyje metody padbora sastawa bietona podbora sastawa Keramzitobietona. Grosstroizdat. Mascva, 1962
44. Dobra I., Toma M., Mihut O., Stroe N.: - Panouri mari monostrat din beton cu agregate ușoare pentru construcții din industrii mici și zootehnice. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
45. Drăghici C.: - Microclimatul adăposturilor pentru animale. Editura Ceres, București, 1979;
46. Eyman K.: Wplyw szkodliwych sklodnicow no pecznienie suslobetonu. Materialy Budowlow 10/1953;
47. Filimon I., Mihăescu A., Gruner I., Bob C., Furdul C., Koreck I.: - Studiu comparativ asupra contractiilor betoanelor ușoare cu granulit și ale elementelor obișnuite. Conferința a 8- de betoane, Vol. 1 și 3, Cluj-Napoca, 1977;
48. Filimon I., șa.: - Studii și cercetări privind extinderea utilizării betonului ușor cu granulit la construcții civile și încercarea unor panouri prefabricate din beton greu la subsol. Contract IPTVT 109/1978;
49. Filimon I., Deutsch I.: - Curs de beton armat și beton precomprimat. Vol. 1 și 2, Litografia IPTVT Timișoară, 1984;
50. Filimon I., Mihăescu A., Friedrich R., Clippi T., Stoian V.: - Beton armat și precomprimat. Programe de calcul pentru proiectarea asistată de calculator. Litografia IPTVT Timișoara, 1987;
51. Filimon I., șa.: - Beton armat și precomprimat. Indreptar de calcul. Litografia IPTVT Timișoara, 1986;
52. Filimon I., Friedrich R.: - Beton armat și construcții. Vol. 1 și 2, Litografia IPTVT Timișoara, 1988;
53. Fintinaru I.: - Soluție de închidere cu panou prefabricat din beton ușor cu agregate de steril ars pentru construcții industriale și agrozootehnice. Conferința a 11-a de betoane. Timișoara, 1982;
54. Focșa V., Bliuc I., Broștean M.: - Concepte moderne privind protecția termică a clădirilor. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
55. Forget G., Janguay B.: - Studiul fizic al factorilor bioclimatici în adăposturile de creștere a animalelor. Sinteza CIDAS-17/1990;
56. Fulea D., Horodiu E.: - Noi tipuri de elemente de închidere pentru hale industriale și agrozootehnice. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
57. Fulea D., Dobra N., Oltean I.D.: - Noi soluții de fixare la structură a panourilor prefabricate pentru pereți exteriori de hale sau clădiri industriale. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
58. Furdul C.: - Contribuții privind studiul betoanelor ușoare de rezistentă și a comportării lor în structuri cu diafragme monolite. Teză de doctorat, IPTVT Timișoara, 1983;
59. Furdul C.: - Caracteristicile betoanelor ușoare de rezistență cu granulit de Lugoj folosite la structuri pentru construcții civile. Simpozionul "Soluții noi eficiente în proiectarea și execuția structurilor", Timișoara, 1986;
60. Furdul C., Bob C., Ignaton E., Koreck I.: - Beton ușor de izolație și de rezistență pentru elemente neportante. Revista Mate



- riale de Construcții, Vol. 18. Nr. 2/1988;
61. Furdul C., Pățcaș I., Mihăescu A., Bob C., Ignaton E., Moldt M., Mirean R., Izvercean M., Tătucu D.: - Noi soluții de elemente de închidere și compartimentare pentru construcții industriale și agricole. Simpozionul "Promovarea progresului tehnic în construcții", Timișoara, 1986;
  62. Furdul C., Bob C., Mihăescu A., Pățcaș I., Roșu C., Ignaton E., Mirean R., Tătucu D., Gușatu N.: - Betoane ușoare prin folosirea de noi aditivi antrenori de aer. Simpozionul "Promovarea progresului tehnic în construcții", Timișoara, 1986;
  63. Furdul C., Bob C., Mihăescu A., Pățcaș I., Ignaton E., Koreck I., Gușatu N.: - Compoziție de beton. Brevet de invenție Nr. 94863/1988;
  64. Furdul C.: - Construcții agricole. Curs, Litografia IPTVT Timișoara, 1989;
  65. Furdul C., Ignaton E.: - Construcții agricole-elemente de proiectare pentru studenți. Litografia IPTVT Timișoara, 1984;
  66. Furdul C., Ignaton E.: - Construcții agrozootehnice. Curs, Litografia IPTVT Timișoara, 1984;
  67. Furdul C., Ignaton E.: - Complexe agricole. Curs, Litografia IPTVT Timișoara, 1987;
  68. Gădeanu L.: - Construcții industriale. Curs, Litografia IPTVT-Timișoara, 1980;
  69. Ghalab B.: - Contribuții la perfecționarea proiectării elementelor de închidere la clădiri amplasate în zonă cu climă caldă. Teză de doctorat, Bucurști, 1988;
  70. Ghenea N., Darie M.: - Construcții agricole. EDP, București, 1974;
  71. Ghiușcă N., Pamfil E., Secu A.: - Tehnologii noi de realizare a elementelor de închidere folosind betonul spumat cu cenură de termocentrală. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
  72. Ghiușcă N., Pamfil E., Secu A.: - Structuri și tehnologii noi de execuție a elementelor de închidere din panouri prefabricate, pentru hale industriale și agricole. Conferința de inginerie tehnologică pentru construcții, Piatra Neamț, 1985;
  73. Gnading A.: - Noi tipuri de elemente de închidere folosite în construcții industriale în județul Mureș. Conferința a 11-a de betoane, Timișoara, 1982;
  74. Groll L., ș.a.: - Considerații privind modulul de elasticitate al betoanelor ușoare cu granulat. Conferința a 8-a de betoane Vol. 1, Cluj-Napoca, 1978;
  75. Groll L.: - Contribuții privind influența unor agregate ușoare asupra rezistenței betonului. Teză de doctorat, IP "Gh. Asachi", Iași, 1976;
  76. Groll L., ș.a.: - Materiale de construcții. I.P. Iași, 1988;
  77. Grindulis A.O., Moscovici: - Energosberég energosberegainscie tehnologii staționarnih selischoziaistvenii proizvodstvenih pratesov. Eglava, 1988;
  78. Halmagiu M.: - Structură pentru casă prefabricată din beton armat cu fibră de sticlă BAFS. Conferința 11-a de betoane, Timișoara, 1982;
  79. Harvey I., ș.a.: - Sampling and Analysis of Emissions from Analysis of Emits on from FBC - Processes; Analytical Methods from Coal Products, Vol. 2, Cha. 35, Academic Press, New York, 1978;
  80. Ignaton E., Mihăescu A., Furdul C., Mirean R., Pățcaș I., Pinte

- E.: - Considerații privind studiul higrotermic al panourilor de închidere pentru construcții industriale și agrozootehnice din beton ușor cu cenură de termocentrală și spumant. Simpozionul "Promovarea progresului tehnic în construcții", Timișoara, 1986;
81. Ignaton E., Mihăescu A., Furdui C., Pățcas I., Mirean R.: - Studiu teoretic privind parametrii fizici de apariție a condensului pe suprafața unor noi panouri de închidere din beton ușor cu spumant (BUS). Simpozionul "Soluții noi eficiente în proiectarea și execuția structurilor", Timișoara, 1986;
  82. Ignaton E., Furdui C., Bob C., Mihăescu A.: - Eficiența tehnico-economică a folosirii betonului ușor spumant (BUS) pentru elemente prefabricate la clădiri civile. A 10-a conferință de organizare, Timișoara, 1989;
  83. Ignaton E., Furdui C.: - A könnyű habbeton (BUS) gazdaságossága az előregyártott elemekből épített lakások részére. Tudományos ülés. Ungaria, Győr, 1991;
  84. Ignaton E., Răducan R.: - Ingineria sistemelor de producție. Indrumător de lucrări. Litografia UTT Timișoara, 1992;
  85. Ignaton E., Coadă A.: - Management și marketing. Indrumător de lucrări. Litografia UTT Timișoara, 1992;
  86. Ignaton E., Sabău C.: - Analiza costurilor cu ajutorul calculatorului TIM S.A X-a conferință de organizare. Timișoara, 1989;
  87. Ignaton E., Furdui C.: - Calculatorul personal un ajutor eficient al proiectantului de bilanți termici în construcții zootehnice. A X-a conferință de organizare. Timișoara, 1989;
  88. Ignaton E.: - Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului ușor. Referat Nr. 1/1990;
  89. Ignaton E.: - Beton ușor spumat (BUS) caracteristici mecanice și higrotermice. Referat Nr. 2/1991;
  90. Ignaton E.: - Elemente de închidere prefabricate din beton armat pentru construcții industriale și agricole. Referat Nr. 2/1992;
  91. Ionescu I., Ispas Tr.: - Practica actuală a betoanelor. E.T. București, 1986;
  92. Ionescu I., Ionescu E.: - Aspecte ale utilizării aditivilor acceleratori în tehnologia betoanelor. Rev. Materiale de Construcții, Nr. 4, București, 1986;
  93. Jebelean E.: - Contribuții la realizarea betoanelor și mortarelor cu aditivi superplastifianți. Teză de doctorat, Timișoara 1991;
  94. Jebelean E., Bob C., Buchman I., Roșu M., Gușatu N.: - Betoane cu noi tipuri de adaosuri și aditivi. Sesiunea științifică și comunicări ale Academiei Române, București, 1988;
  95. Jebelean E., Avram C., Bob C., Koreck I.: - Influența unor noi aditivi asupra proprietăților betonului. Rev. Materiale de Construcții, Nr. 4, București, 1980;
  96. Jerghiută V.: - Construcții agricole. Litografia I.P. Iași, 1973;
  97. Karys J., Czaja J.: - Beton léger de de cendres volantes et de seistes de flotation-Combining Materials: Design, Production, and Properties. First International RILEM Congress.
  98. Koreck I.: - Contribuții la tehnologia betonului ușor cu gra-nulit de Lugoș. Teză de doctorat, Timișoara, 1989;

99. **Kriszjuk E.M., Karpov V.I.:** - Normirovanie radioaktivnosti stroitel'nykh materialov prirodnom vide iele ispolzovanii Raport SAAS-250, Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz, Berlin, 1979;
100. **Krywickij M.Ja., sa:** - Zavodskoje izgotovletnie izdielli iz pienobetona i pienosilicata. Gostrojizdat, Maskva, 1958;
101. **Kurbatova I.I.:** - Metode moderne de analiză chimică a materialelor de construcții. Editura Tehnică, București, 1975;
102. **Lasberg A.:** - Structural problems in connection with reinforcement of light-weight aggregates concrete, Instructionen für Konstruktionstechnik Betongbynod, Göteborg, 1973;
103. **Lewicki B.:** - Betoane ușoare. Editura tehnică, București, 1970;
104. **Marușciac D., sa.:** - Construcții agricole. EDP, București, 1982;
105. **Marușciac D., Băbotă G.:** - Panouri pentru pereți despărțitori din beton ușor de granulat. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
106. **Marușciac D., Bojan D., Dumitraș M., Andreica H.:** - Noi tipuri de elemente de închidere pentru hale industriale și agrozootehnice. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
107. **Marușciac D., Marușciac A.:** - Concepții actuale privind confortul higrotermic și metode moderne de protecție termică. Conferința Națională de fizica construcțiilor, Cluj-Napoca, 1988;
108. **Mihail N.:** - Tehnologia betoanelor ușoare. Editura tehnică, București, 1962;
109. **Mihăescu A., Pățcaș I., Furdul C., Ignaton E., Tătucu D.:** - Beton ușor pentru elemente de închidere și compartimentare la construcții industriale și agricole. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
110. **Mihăescu A., Pățcaș I., Furdul C., Ignaton E., Tătucu D.:** - Studii experimentale pe panouri portante monostrat din beton ușor pentru hale avicole. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
111. **Mihăescu A., Ignaton E., Mirean R., Izvercian M.:** - Considerații privind comportarea higrotermică a panourilor de închidere pentru construcții zootehnice din coji de orez. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
112. **Mironov S.A.:** - Despre regimul rapid de tratare cu aburi în fabrici a pieselor de beton armat și de beton cu zgură. Stroit.prom. Nr.7, pag.25, 1952;
113. **Mirșu O.:** - Betoane simple și armate. Lucrare de dizertație, Timișoara, 1957;
114. **Mirșu O.:** - Proprietățile betoanelor cu agregate ușoare. Comunicare la a 10-a sesiune științifică a cadrelor didactice din IPT, 1963;
115. **Mirșu O.:** - Factori ce determină proprietățile betoanelor ușoare. Studii tehnice 2/1963. Baza Academiei RPR, Timișoara;
116. **Mocanu D.R., sa.:** - Incercarea materialelor. Editura Tehnică, București, 1982;
117. **Moga A., Sălăjan E.:** - Considerație privind tehnologia de realizare a panourilor multistratificate, de închidere la hale agrozootehnice. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
118. **Moldovan V.:** - Aditivi în betoane. Editura Tehnică, București, 1978;

119. **Monfort Alfredo Herera:** - Nouveau materiau de construction. Demande de brevet d invention.Nr.80.13956/1980,Paris;
120. **Neville M.A.:** - Proprietățile betonului.Editura tehnică,București,1979;
121. **Nicolescu L.:** - Cenușa de termocentrală în construcții.Editura Ceres,București,1978;
122. **Nicula I.,Onet T.:** - Beton armat.Editura Didactică și Pedagogică,București,1982;
123. **Niculescu N.,Teaci D.:** - Progresul tehnic în agricultură și industrie alimentară.Editura Ceres,1988;
124. **Oleszkiewicz J.:** - Szczelne miedzyziarnowe betony na kruszuwie puneksu hutniczego.Politehnica Krakowska,Czaropismo Techniczne,Nr.9/1964;
125. **O Neal J.,Lang Jr.:** - Fourth International Ash Utilization. Simpoziul,St.Louis,1976;
126. **Pamfil E.,Giuscă N.,Secu A.:** - Studiu privind chimizarea betonului cu aditivi superplastifianți,utilizați la execuția elementelor de închidere prefabricate pentru hale industriale. Simpoziul "Elemente de închidere",Cluj-Napoca,1985;
127. **Pepenar I.,Cosma A.:** - Metode și criterii de apreciere a stării de degradare a elementelor de construcții din beton armat exploatate în medii agresive.Revista Construcții Nr.4/1988;
128. **Pestisanu C.,Asanache H.:** - Soluție de panou de față tip parapet pentru închideri de hale industriale.Simpoziul "Elemente de închidere,Cluj-Napoca,1985;
129. **Petrosincu N.:** - Elemente de închidere pentru hale industriale.Sinteză CIDAS,1973;
130. **Pietras Z.,ș.a.:** - Bodowie betonu i kruszuwo pumeksonego spie nienego wouñch spasobem mechanicznym.Na pronach recopisu. Warszawa,1963;
131. **Pop I.,Verdeș D.,Tutu L.:** - Prinderi pentru elementele de închidere și compartimentare la hale industriale.Simpoziul "Elemente de închidere",Cluj-Napoca,1985;
132. **Popa P.,ș.a.:** - Rezistența la întindere a betonului ușor și factorii care o influențează.Conferința 8-a de betoane,Cluj-Napoca,1977;
133. **Popa H.,Sabău C.,Dumitrescu C.,Ignaton E.:** - Sisteme informatice și analiză economică.Indrumător de lucrări.Litografia IPTVT Timișoara,1989;
134. **Popa H.,Dumitrescu C.,Ioanovici Fr.,Sabău C.,Ignaton E.:** Inginerie industrială.Indrumător de proiectare.Litografia IPTVT Timișoara,1990;
135. **Popa H.,Dumitrescu C.,Sabău C.,Ignaton E.,Ardelean F.,Fris M.:** - Inginerie industrială.Indrumător de lucrări.Litografia UTT Timișoara,1991;
136. **Popescu E.I.:** - Materiale de construcții din deșeuri industriale.Editura Tehnică,București,1974;
137. **Răileanu G.,ș.a.:** - Geologia zăcămintelor de cărbuni.Editura Tehnică,București,1963;
138. **Rebut P.:** - Ghid practic pentru vibrarea betoanelor.Editura Tehnică,București,1967;
139. **Rigani A.:** - Influența condițiilor de adăpostire asupra producției în creșterea intensivă a animalelor.Sinteză CIDAS Nr.741,București,1986;

140. Rixon M.R.: - Chemical Admixtures for concrete. E and F.S. Span Ltd. London, 1978;
141. Roșu C., Bob C., Koreck I., Heinerman M.: - Utilizarea cenușii de termocentrală la prepararea mortarelor și betoanelor. Simpozionul "Promovarea progresului tehnic în construcții", Timisoara, 1986;
142. Rudnay Gh.: - Könyübeton. Editura Tehnică, Budapesta, 1966;
143. Sainsbury D., Sainsbury P.: - Liverstock Health and Hasing. Editura Baillier Tnidal, Londra, 1979;
144. Sardino R., Bogos C., Bulgaru V.: - Studiul higrotermic al unor structuri de acoperișuri pentru clădiri industriale. Simpozionul "Elemente de închidere" Cluj-Napoca, 1985;
145. Secu A., Ghiuscă N., Pamfil E.: - Posibilități de realizare a elementelor de închidere folosind beton spumat cu cenușă de termocentrală. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
146. Secu A., Jerghiută V., Vereș A.: - Tehnologia de realizare a elementelor de închidere cu structură ventilată. Simpozionul "175 ani de învățămînt tehnic superior în limba română", Iași 1988;
147. Secu A.: - Contribuții la studiul comportării elementelor de închidere pentru construcții industriale. Teză de doctorat, Iași, 1989;
148. Simionici M., Dobrescu C.: - Betonul celular autoclavizat. Editura Tehnică, București, 1974;
149. Simionov P.: - Bieton i zeleziobeton za poristymin zopolnitieloni. Moskva, 1955;
150. Skramtaev B.G., Elizon M.P.: - Betoane ușoare. IDT. București, 1957;
151. Skramtaev B.G., șa.: - Materiale de construcții. ESAC, București, 1954;
152. Skarendahle A.: - Löttbalast ach löttbalast betong. Cement ach Betong Institut, Stockholm, 1973;
153. Schort A.: - Use of leightweigt concrete for reinforced concrete construction. The Reincefort Concrete Review, V3, 1959;
154. Schort A., șa.: - Lightweight aggregate concrete. Moscova, 1981;
155. Serban A., Stef I., Pleșca Th., Cucu I.: - Constructii zootehnice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981;
156. Sofronie V.E.: - Contribuții privind structuri noi de pereți pentru constructii zootehnice. Teză de doctorat. IP. Iași, 1991;
157. Steinbach M.: - Prelucrarea statistică în medicină și biologie. Editura Academiei, București, 1961;
158. Steopoe A.: - Indrumător pentru laboratorul de betoane al santierului. Editura Tehnică, București, 1972;
159. Ștefănescu-Creangă A.: - Incercările mortarului, betonului și materialelor componente. Editura Tehnică, București, 1983;
160. Tate J.: - Focfs Fallacies. New Zealand Concrete Construction Nr.10/1987;
161. Tatu D.: - Betoane cu adaos de cenușă pentru ecrane de etansare. Rev. Materiale de Construcții Nr.2, București, 1986;
162. Tatu D.: - Unele rezultate privind betonul pompat cu adaos de cenușă și aditivi superplastifiant. Rev. Materiale de Construcții Nr.4, București, 1983;

163. Tereza I., Toma M.: - Betoane cu agregate ușoare. Conferința a 8-a de betoane, Referat de sinteză, Vol. 3, Cluj-Napoca, 1976;
164. Teoreanu I.: - Posibilități de utilizare a unor cenuși de termocentrală ca substituenți parțiali ai cimentului în betoane întărite normal. Revista Materiale de Construcții 3/83;
165. Teoreanu I.: - Mase de cenuși de termocentrală, var hidratat și fosfoghips.
166. Teoreanu I., Moldovan V.: - Considerații teoretice și date experimentale privind mecanismul de acțiune al aditivilor superplastifianți în beton. Rev. Materiale de Construcții, Nr. 2, București, 1983;
167. Teoreanu I., Moldovan V., Nicolescu L.: - Durabilitatea betonului. Editura Tehnică, București, 1982;
168. Toth A.: - A lakosság természetes sugárterhelése. Editura al Academiei, Budapesta, 1983;
169. Turcu M.: - Contribuții privind utilizarea cenușii de termocentrală la stabilizarea straturilor rutiere. Teză de doctorat, Iași, 1978;
170. Varna E., Toma M., Mihuți O., Telecan E.: - Proprietățile betonului ușor în stare proaspătă.
171. Varna E., Toma M., Mihuți O., Stroe N.: - Betoane cu caracteristici termotehnice îmbunătățite pentru elemente de închidere. Simpozionul "Elemente de închidere", Cluj-Napoca, 1985;
172. Vasiliu D., Marinescu V., Koreck I.: - Utilizarea cetonului la elemente de închidere ale clădirilor. Conferința Națională de fizica construcțiilor, Cluj-Napoca, 1988;
173. Vasiliu D., Mureșan H., Gușatu N.: - CETON un beton celular ușor cu spumant. Simpozionul "Soluții noi eficiente în proiectarea și executia construcțiilor", Timișoara, 1986;
174. Vasiliu D.: - Cercetări pentru realizarea unui nou tip de beton celular ușor cu adaos de cenușă. Rev. Materiale de Construcții Nr. 4/1987;
175. Voina N.I.: - Teoria și practica utilizării cenușilor de la termocentrale termoelctrice. Editura Tehnică, București, 1981;
176. Voina N.I., sa.: - Aplicarea derivatografiei la studiul transformărilor cărbunilor și cenușilor. Referat. ICB, 1980;
177. Weligher H. Karl S.: - Reinforced lightweight concrete. Manufactures, properties and design, Bauverlog, Weisbaden, Berlin, 1972;
178. Wesche K., Weher I.W.: - Rezistența mecanică și comportarea la deformare a betonului ușor de construcție. Revista Materiale de Construcții Nr. 1, București, 1974;
179. Wolovits F., sa.: - Posibilități noi de rezolvare a peretilor halelor industriale parter și etajate cu puține niveluri. Conferința a XI-a de betoane, Vol. 3, Timișoara, 1982;
180. \* \* \* Asociația Francoise du Beton-Bilon et perspective l'emploi des betons legers de structure. Cahier de l A.F.B. Nr. 82, Paris, 1976;
181. \* \* \* Asociația Francoise du Beton-Recomandation provisiors pour l'utilisation des betons de granulats legers. Cahier de l A.F.B. Nr. 72, Paris, 1976;
182. \* \* \* A.C.I. - Manual of Concrete Practice, Part. 1. Materials and Properties of concrete. American Concrete Institute, Detroit, Michigan, 1968;
183. \* \* \* C.E.B. Bulletin d'Information Nr. 121, Manual CEB-FIP



- "Betons de granulatslegers", 1977;
184. \* \* \* C.E.B. Bulletin d Information Nr.122, Manual of Autoclaved Aerated Concrete-Design and Tehnology, 1977;
  185. \* \* \* C.E.B. Bulletin d Information Nr.125, Cod model CEB/FIP pour le structures en betons, 1978;
  186. \* \* \* CEB-FIP. Lightweight aggregate concrete, Design and Tehnology, Lancaster-London-New-York, 1977
  187. \* \* \* C.N.I.T. - Conferinta a 8-a de betoane, "Betoane speciale si noi tipuri de betoane", Cluj-Napoca, 1976;
  188. \* \* \* INCERC, Studii si cercetări, Bucuresti Nr.5/1972 (serie de 9 articole privind betoanele usoare de granulat);
  189. \* \* \* INCERC, Studii si cercetări, Bucuresti Nr.6/1972 (studii asupra betonului usor de granulat);
  190. \* \* \* Un nou beton celular ce nu necesită autoclavizare. Concrete produse (SUA), 1981;
  191. \* \* \* Utilizări ale cenuşii de termocentrală. London Press Service.
  192. \* \* \* Utilizare în URSS a cenuşilor de la centrale termoelectrice ca agregate pentru betoane. Na Stroikoh Rassi, (URSS);
  193. \* \* \* Folosirea betoanelor usoare la închideri în hale industriale. BIT - Construcţii industriale şi agrozootehnice, 1972;
  194. \* \* \* Utilizarea cenuşilor de electrofiltre CET la preparare betoanelor şi extinderea domeniilor de utilizare a cenuşilor. "Dezbatări tehnice - CNIT, Deva, 1985", Revista Materiale de Construcţii Nr.1/1986.;
  195. \* \* \* Beton autoclavizat cu continut de cenuşă. Cement and concrete research (Anglia) Nr.2/1981.;
  196. \* \* \* Prognoza ştiinţei şi tehnologiei în dezvoltarea multilaterală a României. Editura Stiinţifică şi enciclopedică, Bucureşti, 1986.;
  197. \* \* \* Structuri şi materiale moderne pentru pereti. Ministerul Construcţiilor Industriale, COCC, Bucuresti, 1979.;
  198. \* \* \* Colectia revistei Industria construcţiilor şi a materialelor de construcţii.;
  199. \* \* \* Colectia revistei Materiale, tehnologii şi produse noi în construcţii.;
  200. \* \* \* Colectia de broşuri de la firma YTONG;
  201. \* \* \* Orientări, realizări, tendinţe în cercetarea ştiinţifică şi inginerie tehnologică. INID, Bucureşti, 1980.;
  202. \* \* \* Tendinţe actuale manifestate în evoluţia construcţiilor. ICCPDC, 1988.;
  203. \* \* \* Fişă tehnologică de utilizare a cenuşii de la CET Borzesti ca adaos la prepararea betoanelor (BC. 4/1987);
  204. \* \* \* CD.134/1987. Instrucţiuni tehnice şi tehnologice pentru folosirea cenuşii de centrale termoelectrice ca adaos la prepararea betoanelor simple şi armate utilizate la realizarea elementelor prefabricate (BC.4/1987);
  205. \* \* \* CD.136/1981. Indrumar pentru utilizarea cenuşilor de termocentrală în betoane pentru lucrări de construcţii din agricultură.;
  206. \* \* \* CD.137/1-89. Instrucţiuni tehnice şi tehnologice pentru prepararea betoanelor utilizate la realizarea elementelor prefabricate. (BC.2/1989);

207. \* \* \* C.115/1975.Instrucțiuni tehnice pentru prepararea și folosirea betoanelor de granolit.Buletin MFMC,Nr.2,București,1976;
208. \* \* \* C.128/1979.Instrucțiuni tehnice pentru utilizarea cenusilor de termocentrală la prepararea betoanelor(BC.12/1979);
209. \* \* \* C.140/86 : Normativ pentru executarea lucrărilor din beton și beton armat (BC.12/1986);
210. \* \* \* C.155/1981.Normativ privind prepararea și utilizarea betoanelor cu agregate ușoare (BC.4/1982);
211. \* \* \* Complectări la C.155/81-(BC.5/1984 și BC.7/1986);
212. \* \* \* C.181/1988.Indrumător pentru metodologia de încercare a prototipurilor și seriei zero la elemente prefabricate, din punct de vedere al comportării la solicitări statice. (BC.11/1987);
213. \* \* \* C.189/1988.Instrucțiuni tehnice pentru utilizarea cenusilor de termocentrale termoelectrice la prepararea betoanelor (BC.4/1988);
214. \* \* \* C.191/1985.Instrucțiuni tehnice pentru izolarea termică a acoperișurilor de locuit și social culturale cu cenusa și zgură de termocentrală (BC.12/1985);
215. \* \* \* C.205/1981.Instrucțiuni tehnice privind încercarea în situ prin încercări statice,conform STAS 1336/1980 a construcțiilor civile și industriale (BC.1/1982);
216. \* \* \* C.211/1982.Instrucțiuni tehnice pentru utilizarea superplastifiantului FLUBET la prepararea betoanelor de ciment (BC.9/1982);
217. \* \* \* C.224/1986.Norme tehnice pentru izolarea termică a acoperișurilor clădirilor de locuit și social culturale cu diferite materiale granulare în vrac (BC.7/1986);
218. \* \* \* C.226/1987.Norme tehnice pentru proiectarea și executarea panourilor monostrat din betoane ușoare cu adaosuri de cenusi și spumanti pentru hale parter (BC.7/1987);
219. \* \* \* C.266/1987.Norme tehnice pentru proiectarea și executarea panourilor monostrat din betoane ușoare cu adaosuri de cenusi, pentru hale parter (BC.9/1988);
220. \* \* \* P.59/1986.Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea și folosirea armării cu plase sudate a elementelor de beton (BC.10/1986);
221. \* \* \* P.104/1983.Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea și executarea peretilor și acoperișurilor din elemente din beton celular autoclavizat (BC.2/1984,3/1986);
222. \* \* \* NP.15/1987.Măsuri pentru reducerea consumurilor de materiale,manoperă,a consumului de energie și combustibil în proiectarea,execuția și exploatarea construcțiilor de locuințe (BC.9/1987);
223. \* \* \* NP.58/1988.Instrucțiuni tehnice provizoriu pentru utilizarea în construcții a zgurii de cubilou (BC.10/1988);
224. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4019/1.Panouri BCA de 6 m dispuse orizontal.;
225. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4019/2.Panouri BCA de 6 m dispuse vertical.
226. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4020/2.Panouri din azbociment ondulat
227. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4020/b.Panouri din azbociment ondulat izolate termic.;



228. \* \* \* IPCT. Proiect 4022.Suprafețe mari vitrate din profilat simplu.;
229. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4022/5535.Suprafețe mari vitrate din profilat dublu sau tubular.;
230. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4024.Panouri BCA de 6 m și de 4,5 m dispuse orizontal.;
231. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4109/1.Panouri din tablă cutată.
232. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4109/2b.Panouri din tablă cutată izolate termic.;
233. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4221/1 - 5658/5.Panouri în trei straturi.;
234. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.4221/5ab.Panouri în trei straturi fără punți termice.;
235. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.5658/4.Panouri în trei straturi dispuse vertical.
236. \* \* \* IPCT. Proiect Nr.8598/1.Sisteme constructive cu grad ridicat de industrializare pentru clădiri de producție cu specific zootehnic pentru păsări și animale.;
237. \* \* \* IPCT.Proiect Nr.1585/b.VI.Detalii și alcătuirii de pereți exteriori pentru travei de 6 și 9 m din BCA cu panouri dispuse orizontal.;
238. \* \* \* TAGCIND Brașov.Proiect Nr.81/1978.;
239. \* \* \* STAS 2386/1980.Agregate minerale ușoare.Condiții tehnice generale de calitate.;
240. \* \* \* STAS 3622/1979.Betoane de ciment-Clasificare,București,1979.;
241. \* \* \* STAS 3822/1,2,3,4,5,6,7,8/1985.Zgură și cenușă de centrală termoelectrică.Analize chimice.;
242. \* \* \* STAS 6472/2,3,4-1983.;
243. \* \* \* STAS 7343/1983.Agregate minerale ușoare.Granulit.
244. \* \* \* STAS 8819/1-88.Cenuși de centrale termoelectrice.Cenușă de lignit pentru ciment și mortar.;
245. \* \* \* STAS 8819/2-86.Cenuși de centrale termoelectrice.Cenușa captată uscat ca agregat pentru betoane și mortare.;
246. \* \* \* STAS 12057/1982.;
247. \* \* \* Contract IPTVT Timișoara Nr.175/1983. Determinări higrotermice la panouri pentru construcții agrozootehnice cu termoizolație pe bază de coaj de orez.;
248. \* \* \* Contract IPTVT Timișoara Nr.181/1983.Utilizarea aditivilor în betoane.;
249. \* \* \* Contract IPTVT Timișoara Nr.69/1984.Determinări pe panouri portante monostrat din beton ușor pentru hale avicole de la investiția Avicola Boldur.;
250. \* \* \* Contract IPTVT Timișoara Nr.79/1984.Studii și cercetări experimentale privind realizarea de elemente plane de închidere și despărțitoare,portante și neportante pentru construcții zootehnice și construcții industriale (neîncălzite) realizate din beton ușor de granulat.
251. \* \* \* Contract IPTVT Timișoara Nr.121/1985.Procedee și soluții pentru reducerea prețului de cost al construcțiilor industriale și agricole din beton armat pentru ridicarea calității lucrărilor, pentru prevenirea deficienței lucrărilor.Tema 3.Noii tipuri de elemente de închidere și structuri de rezistență pentru construcții agricole și industriale.Faza 2.Realizarea de betoane ușoare de rezistență

- si termoizolație.
252. \* \* \* Contract IPTVT Timișoara Nr.81/1987.Procedee și soluții noi pentru reducerea consumului de materiale și pentru mărirea gradului de industrializare a lucrărilor de construcții civile.Tema 2.Noi soluții pentru realizarea elementelor de închidere cu rezistență termică sporită și Tema 3.Folosirea betonului ușor spumat de izolație și rezistență și a betonului cu fibre de sticlă la realizarea elementelor de compartimentare și închidere.
253. \* \* \* Contract IPTVT Timișoara Nr.51/1989.Utilizare cenușei captat uscat la Termocentrala CET-Oradea ca adaos la prepararea betoanelor.
254. \* \* \* Contract IPTVT Timișoara,Nr.55/1989.Elemente de închidere din beton ușor pentru locuințe în mediul rural.
255. \* \* \* Contract ICPMC 2249/1983 elaborat de Laboratorul Cercetări Ceramică și Refractare.;
256. \* \* \* Contract ICCPDC Filiala Timișoara Nr.10905/1988.Incercări de laborator pentru folosirea cetonului la realizarea elementelor prefabricate ușoare de izolație și rezistență.
257. \* \* \* Contract ICCPDC Filială Cluj-Napoca Nr.1540/1982.Realizarea de elemente de construcții și folosirea de betoane ușoare,cenuși și zguri de termocentrală și alți înlocuitori ai cimentului și agregatelor.;
258. \* \* \* Contract ICCPDC Filiala Cluj-Napoca Nr.1539/1982.Asistență tehnică pentru realizarea panourilor exterioare în structuri monostrat autoportante din beton ușor cu cenușă de termocentrală și spumant, pentru clădiri de locuit.;
259. \* \* \* Anuarul statistic al ROMANIEI.
260. \* \* \* Proiect ISPCAIA Nr.19002.
261. \* \* \* Proiect ISPCAIA Nr.19003.
262. \* \* \* Proiect ISPCAIA Nr.19005.

\*

\* \* \*

\*

## A N E X E

- ANEXA 4.1 Compoziția și caracteristicile betonului ușor spumat folosind spumantul DETERSIN - DBS, cenușă MINTIA.
- ANEXA 4.2 Compoziția și caracteristicile betonului ușor spumat folosind spumantul NF 16, cenușă MINTIA.
- ANEXA 4.3 Compoziția și caracteristicile betonului ușor spumat folosind spumantul NF 10, cenușă MINTIA.
- ANEXA 4.4 Compoziția și caracteristicile betonului ușor spumat folosind spumantul NF 6, cenușă MINTIA.
- ANEXA 4.5 Compoziția și caracteristicile betonului ușor spumat folosind superplastifiantul SP 4, cenușă MINTIA.
- ANEXA 4.6 Compoziția și caracteristicile betonului ușor spumat folosind spumantul NF 10, cenușă ORADEA.
- ANEXA 4.7 Caracteristicile betoanelor obținute fără aditivi folosind cenușa de termocentrală MINTIA.
- ANEXA 4.8 Caracteristicile betoanelor obținute fără aditivi folosind cenușa de termocentrală ORADEA.
- ANEXA 4.9 Conductivitatea termică pentru beton ușor spumat folosind cenușa de termocentrală MINTIA.
- ANEXA 4.10 Conductivitatea termică a betonului ușor spumat folosind cenușa de termocentrală ORADEA.
- ANEXA 4.11 Compoziția și caracteristicile betonului ușor de granolit (BG) cu cenușă și spumant, cenușă de MINTIA.

COMPOZITIA SI CARACTERISTICILE BETONULUI USOR SPUMAT  
FOLOSIND SPUMANTUL DETERSIN-DBS CENUSA NINTIA ANEXA 4.1

Reteta:	DOZAJE (kg/m <sup>3</sup> )			RAPORT	SPUMANT	TIMP (s)	DENSITATE (kg/m <sup>3</sup> )				R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )	R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>	R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>			
	ciment:	cenusa:	apă:	A/(C+CT)	Tip	%	Ames-	Vib-	In stare	7 zile:	14 zile:	28 zile:	14 zile:	28 zile:	(daN/cm <sup>2</sup> )	f <sub>b28</sub>
	(C)	(CT)	(A)				tecare:	rare:	proaspătă:							
R 102	350	600	268	0,28	Deter.	10,20	90	40	1571	1470	1390	1380	92,6	153,0	147,0	106,52
R 107	350	600	283	0,30	-/-	10,20	90	30	1557	1471	1443	1400	93,8	141,6	136,0	97,14
R 120	300	650	280	0,29	-/-	10,20	90	30	1366	1586	1466	1420	95,0	132,0	126,7	89,22
R 175	300	650	270	0,28	-/-	10,40	90	30	1480	-	1296	1276	-	45,3	54,8	42,95
R 101	350	600	294	0,31	-/-	10,20	180	20	1533	1400	1367	1340	72,8	99,8	95,8	71,49
R 119	300	650	280	0,29	-/-	10,20	180	30	1439	1366	1316	1310	72,6	104,0	99,8	76,18
R 132	300	650	270	0,28	-/-	10,30	180	30	1455	1366	1310	1290	73,1	102,0	104,0	80,43
R 176	300	650	270	0,28	-/-	10,40	180	30	1450	-	1375	1342	-	60,3	72,9	54,32
R 178	300	650	270	0,28	-/-	10,20	180	30	1556	-	1470	1462	-	105,0	127,0	86,88
R 182	300	650	270	0,28	-/-	10,80	180	30	1233	1143	1100	1080	-	34,5	42,8	39,63
R 184	300	650	270	0,28	-/-	10,60	180	30	1360	1316	1310	1307	-	137,0	169,8	129,91
R 121	300	650	280	0,29	-/-	10,20	300	30	1366	1283	1250	1240	58,1	103,0	98,8	79,68
R 177	300	650	270	0,28	-/-	10,40	300	30	1433	-	1330	1322	-	55,7	67,4	50,98
R 179	300	650	270	0,28	-/-	10,20	300	30	1533	-	1446	1437	-	97,3	117,7	81,91
R 181	300	650	270	0,20	-/-	10,60	300	30	1283	1211	1197	1188	-	76,3	94,6	79,63

COMPOZITIA SI CARACTERISTICILE BETONULUI USOR SPUMAT  
FOLOSIND SPUMANTUL NF 16 CT MINTIA ANEXA 4.2

Reteta:	Dozaje (kg/m <sup>3</sup> )			Raport:	Spumant	Timp (s)		Densitate (kg/m <sup>3</sup> )				R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )		R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>	R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>	
	Ciment (C)	Cenusă (CT)	Apă (A)	A/C+CT:	Tip	%	Ames- tecare:	Vibra- rare	In stare proaspătă:	7 zile:	14 zile:	28 zile:	14 zile:	28 zile:	(daN/cm <sup>2</sup> )	f <sub>b28</sub>
R 103	300	650	247	0,26	NF 16	0,20	90	30	1287	1203	1200	1171	59,6	85,0	81,6	69,7
R 108	300	650	265	0,28	NF 16	0,20	90	30	1245	1163	1137	1066	37,5	56,2	53,9	50,5
R 104	350	600	240	0,25	NF 16	0,40	90	30	1250	1200	1157	1121	45,3	68,7	65,9	58,7
R 105	350	600	245	0,26	NF 16	0,60	90	30	1240	1160	1150	1100	51,5	61,2	58,7	53,4
R 106	350	600	220	0,23	NF 16	0,80	90	30	1263	1200	1187	1150	44,5	63,3	60,7	52,8
R 129	300	650	270	0,28	NF 16	0,05	180	30	1365	1283	1250	1223	71,0	90,0	91,8	75,06
R 127	300	650	270	0,28	NF 16	0,10	180	30	1217	1191	1180	1110	43,5	73,0	74,4	67,03
R 128	300	650	270	0,28	NF 16	0,10	180	30	1152	1090	1040	1040	40,9	61,0	62,2	59,81
R 140	300	650	270	0,28	NF 16	0,10	180	30	1262	1160	1110	1110	-	73,0	74,4	67,03
R 236	300	650	238	0,25	NF 16	0,10	180	20	1180	-	1060	1060	32,6	65,5	79,3	74,77
R 237	300	650	270	0,28	NF 16	0,10	180	20	1090	-	1060	950	17,4	39,2	47,4	49,92
R 109	300	650	270	0,28	NF 16	0,20	180	30	1092	1012	987	975	21,8	32,2	30,5	31,28
R 238	300	650	270	0,28	NF 16	0,20	180	20	1090	-	1077	980	19,8	51,0	61,71	62,97
R 111	250	700	270	0,28	NF 16	0,20	180	30	1170	1100	1080	1033	20	35,4	33,9	32,82
R 239	300	650	270	0,28	NF 16	0,60	180	20	1300	-	1200	1160	26,9	52,0	62,9	54,24
R 240	300	650	228	0,24	NF 16	0,60	180	20	1120	-	1080	1020	21,6	40,0	48,4	47,45
R 124	300	650	270	0,28	NF 16	0,05	300	30	1318	1257	1220	1166	61,5	85,0	86,7	74,36
R 123	300	650	270	0,28	NF 16	0,10	300	30	1079	1029	1000	945	21,6	30,6	31,2	33,02
R 110	300	650	270	0,28	NF 16	0,20	300	30	1055	957	947	900	6,2	7,3	7,0	7,77
R 113	300	650	270	0,28	NF 16	0,20	300	30	1039	940	900	900	3,5	7,4	7,1	7,78

COMPOZITIA SI CARACTERISTICILE BETONULUI USOR SPUMAT  
FOLOSIND SPUMANTUL NF 10 CT NINTIA ANEXA 4.3

Reteta	Dozaje (kg/m <sup>3</sup> )			Raport	Spumant	Timp (s)			Densitate (kg/m <sup>3</sup> )			R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )		R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>	R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>		
	Ciment (C)	Cenusă (CT)	Apă (A)	A/C:CT	Tip	%	Ames- tecare	Vibra- rare	In stare proaspătă	7 zile	14 zile	28 zile	7 zile	14 zile	28 zile	(daN/cm <sup>2</sup> )	f <sub>b28</sub>
R 114	300	650	270	0,28	NF10	0,2	90	30	1316	1200	1170	1175	-	47,1	69,1	66,3	58,8
R 131	300	650	270	0,28	NF10	0,05	180	30	1480	1433	1400	1360	-	89,8	105,0	107,1	78,7
R 186	300	650	270	0,28	NF10	0,05	180	20	1200	-	-	1040	-	-	39,6	49,8	47,88
R 190	400	550	270	0,28	NF10	0,05	180	20	1240	1175	1145	1105	27,5	39,7	58,0	55,8	50,49
R 200	400	550	290	0,305	NF10	0,05	180	20	1316	-	-	1128	-	-	47,8	61,0	54,08
R 130	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	30	1186	1100	1060	1048	-	46,2	62,0	63,2	60,3
R 139	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	30	1249	1130	1086	1073	-	-	74,0	75,5	70,3
R 141	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	30	1209	1120	1088	1070	-	-	67,0	68,3	59,1
						CaCl <sub>2</sub>	0,2										
R 145	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	30	1279	-	1078	1036	-	-	60,0	57,0	55,0
R 146*	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	30	1318	-	1190	1160	-	-	75,0	71,2	61,3
R 147**	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	30	1380	-	1260	1225	-	-	82,0	77,9	63,6
R 172	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	30	1116	-	991	983	-	-	36,6	44,3	45,0
R 180	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	30	1149	1058	1049	1028	-	26,1	41,6	50,3	48,9
R 185	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	30	1250	-	-	1125	-	-	69,0	86,3	76,67
R 188	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	20	1190	1123	1095	1067	19,0	32,7	43,0	41,4	38,8
R 189	400	550	270	0,28	NF10	0,1	180	20	1190	1142	1090	1073	24,0	32,5	54,5	52,4	48,4
R 191	300	650	323	0,34	NF10	0,1	180	20	1621	1495	-	1435	77,0	-	140,8	182,5	127,17
R 192	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	20	1133	-	1018	963	16,7	-	36,3	47,0	48,81
R 196	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	20	1016	-	-	893	-	-	19,2	24,5	27,44
R 197	300	650	290	0,305	NF10	0,1	180	20	1050	-	-	913	-	-	24,2	30,9	33,84
R 198	300	650	310	0,326	NF10	0,1	180	20	1116	-	-	943	-	-	21,0	26,8	28,42
R 201	300	650	310	0,326	NF10	0,1	180	20	1150	-	-	968	-	-	23,7	30,2	31,19
R 207	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	20	1180	1033	1016	1000	18,2	-	24,3	42,6	42,60

Continuare ANEXA 4.3

R 208	300	650	304	0,32	NF10	0,1	180	20	1290	1116	1083	1066	25,3	-	33,2	58,2	54,59
R 210	300	650	304	0,32	NF10	0,1	180	20	1275	1100	1060	1060	25,4	-	30,3	53,1	50,90
R 211	300	650	304	0,32	NF10	0,1	180	20	1230	1261	1275	1070	-	25,5	35,8	62,8	58,69
R 214	300	650	333	0,35	NF10	0,1	180	20	1571	-	1542	1400	-	49,4	93,9	119,3	85,20
R 216	300	650	314	0,33	NF10	0,1	180	20	1533	1507	1409	1357	33,9	46,3	76,6	97,5	71,85
R 218	300	650	304	0,32	NF10	0,1	180	20	1346	1393	1280	1237	29,4	39,1	64,0	81,4	65,80
R 385	300	650	270	0,28	NF10	0,1	180	20	1300	1147	1140	1080	-	41,0	47,1	59,7	55,30
R 386	300	650	285	0,30	NF10	0,1	180	20	1240	1133	1100	1060	-	33,9	47,2	59,8	56,42
R 387	300	650	323	0,34	NF10	0,1	180	20	1470	1300	1250	1220	-	39,1	72,0	91,3	74,83
R 388	300	650	304	0,32	NF10	0,1	180	20	1370	1280	1250	1240	-	52,75	65,83	83,5	67,31
R 389	300	650	247	0,26	NF10	0,1	180	20	1230	1147	1090	1080	-	56,1	56,83	72,0	66,72
R 390	300	650	285	0,3	NF10	0,1	180	20	1285	1140	1085	1060	-	49,3	55,75	70,7	66,69
R 193	300	650	270	0,28	NF10	0,15	180	20	1000	-	913	862	-	16,75	28,00	36,3	42,11
R 194	300	650	270	0,28	NF10	0,15	180	20	942	-	870	828	-	11,58	24,00	31,1	37,56
R 202	300	650	314	0,33	NF10	0,15	180	20	1133	-	-	1005	-	-	24,80	31,6	31,44
R 115	300	650	270	0,28	NF10	0,2	180	30	1186	1083	1050	1066	-	28,10	45,00	43,2	40,50
R 117	300	650	270	0,28	NF10	0,2	180	30	1195	1086	1075	1071	-	32,20	45,00	43,2	40,50
R 203	300	650	314	0,33	NF10	0,2	180	20	1116	-	-	947	-	-	40,60	50,34	53,16
R 241	300	650	304	0,32	NF10	0,2	180	20	1073	-	-	927	-	-	29,10	35,21	37,98
R 242	300	650	361	0,38	NF10	0,2	180	20	1266	-	-	1080	-	-	50,30	60,86	56,35
R 243	300	650	304	0,32	NF10	0,2	180	20	1220	-	-	1073	-	-	53,10	64,25	59,88
R 244	300	650	276	0,29	NF10	0,2	180	20	1140	-	-	1013	-	-	48,20	58,32	57,57
R 223	300	650	228	0,24	NF10	0,25	180	20	1113	1207	1113	1010	-	18,1	30,30	38,5	38,10
R 224	300	650	238	0,25	NF10	0,35	180	20	1120	1240	1140	1066	-	23,0	33,3	42,4	39,70
R 391	300	650	304	0,32	NF10	0,1	180	20	1300	1150	1129	1100	-	49,83	58,38	74,0	67,29
R 392	300	650	247	0,26	NF10	0,1	180	20	1120	1047	995	980	-	46,4	49,3	62,5	63,79

Continuare ANEXA 4.3

R 393	300	650	285	0,3	NF10	0,1	180	20	1200	1073	1050	1050	-	43,7	52,66	66,8	63,59
R 394	300	650	323	0,34	NF10	0,1	180	20	1510	1336	-	1260	-	-	93,35	118,4	93,94
R 126	300	650	270	0,28	NF10	0,05	300	30	1340	1300	1260	1202	-	70,2	98,00	99,9	83,10
R 174	300	650	270	0,28	NF10	0,05	300	30	1280	-	1168	1061	-	-	50,80	61,4	52,80
R 125	300	650	270	0,28	NF10	0,1	300	30	1132	1060	1060	1028	-	31,0	53,00	54,00	52,50
R 173	300	650	270	0,28	NF10	0,1	300	30	1050	-	903	898	-	-	22,80	27,6	30,70
R 229~	300	650	247	0,26	NF10	0,1	300	20	1240	1300	1230	1150	-	32,5	53,80	68,4	59,40
R 116	300	650	270	0,28	NF10	0,2	300	30	1106	971	950	950	-	9,0	14,80	17,7	18,63
R 228~	300	650	247	0,26	NF10	0,2	300	20	1120	1190	1100	1050	-	18,9	35,6	45,3	43,10
R 225~	300	650	228	0,24	NF10	0,35	300	20	1040	1170	1012	991	-	20,1	25,1	31,9	32,10
R 234~	300	650	228	0,24	NF10	0,35	300	20	1090	-	-	985	-	-	27,7	33,5	34,02
R 227~	300	650	247	0,26	NF10	0,5	300	20	1040	1137	1012	975	-	8,1	17,85	22,6	23,10

Observatii: - \* pus în operă la 45 de minute;  
 - \*\* pus în operă la 90 de minute;  
 - ~ probe ținute în apă.



COMPOZITIA SI CARACTERISTICILE BETONULUI USGR SPUMAT  
FOLOSIND SPUMANTUL NF 6 CT MINTIA ANEXA 4.4

Reteta:	Dozaje (kg/m <sup>3</sup> )			Raport:	Spumant	Timp (s)		Densitate (kg/m <sup>3</sup> )					R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )	R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>	R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>	
	Ciment: (C)	Cenusă: (CT)	Apa (A)	A/C+CT:	Tip	%	Ames- tecure:	Vibra- rare	In stare proaspătă:	14 zile:	28 zile:	56 zile:	28 zile:	56 zile:	(daN/cm <sup>2</sup> )	f <sub>b28</sub>
R 162	300	650	270	0,28	NF6	0,1	90	30	1528	-	1380	1353	92,0	118,3	111,3	80,65
R 157	300	650	270	0,28	NF6	0,2	90	30	1471		1298	1290	93,0	120,0	110,8	85,30
R 169	300	650	270	0,28	NF6	0,2	90	30	1466		1305	1286	90,3	110,0	109,2	83,70
R 164	300	650	270	0,28	NF6	0,05	180	30	1557	-	1498	1473	137,0	162,0	165,7	110,60
R 160	300	650	270	0,28	NF6	0,1	180	30	1450	-	1328	1320	86,7	125,0	104,9	76,90
R 167	300	650	270	0,28	NF6	0,1	180	30	1510		1380	1375	128,0	142,0	154,8	112,20
R 170	300	650	270	0,28	NF6	0,1	180	30	1520	-	1433	1427	157,5	186,7	150,5	128,50
R 158	300	650	270	0,28	NF6	0,2	180	30	1371	-	1217	1210	66,6	95,0	79,8	65,50
R 168	300	650	270	0,28	NF6	0,2	180	30	1400		1244	1243	87,6	89,6	106,0	85,20
R 163	300	650	270	0,28	NF6	0,05	300	30	1507	-	1435	1433	120,0	158,3	145,2	105,60
R 161	300	650	270	0,28	NF6	0,1	300	30	1485	-	1410	1393	119,0	128,6	143,9	102,10
R 165	300	650	270	0,28	NF6	0,1	300	30	1480		1336		67,0	-	71,1	53,20
R 159	300	650	270	0,28	NF6	0,2	300	30	1371		1231	1230	69,8	93,3	84,4	68,60

**COMPOZITIA SI CARACTERISTICILE BETONULUI USOR SPUMAT  
POLOSIND SUPERPLASTIFIANTUL SP 4 CT NINTIA ANEXA 4.5**

Reteta	Dozaje (kg/m <sup>3</sup> )			Raport	Spumant	Timp (s)		Densitate (kg/m <sup>3</sup> )			R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )		R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>	R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>		
	Ciment (C)	Cenusa (CT)	Apă (A)	A/C+CT	Tip	%	Ames- tecare:	Vibra- rare	In stare proaspătă:	7 zile:	14 zile:	28 zile:	14 zile:	28 zile:	f <sub>b28</sub>	
R 133	300	650	270	0,28	SP 4	0,1	180	30	1530	1450	1400	1386	100,0	158	161,1	116,2
R 135	300	650	270	0,28	SP 4	0,2	180	30	1544	1460	1410	1373	92,6	145	147,9	106,4
R 134	300	650	270	0,28	SP 4	0,05	300	30	1507	1430	1391	1373	90,0	143	145,8	106,2
R 136	300	650	270	0,28	SP 4	0,1	300	30	1500	1410	1340	1327	75,3	95	96,9	73,0
R 137	300	650	270	0,28	SP 4	0,2	300	30	1462	1360	1310	1296	76,0	120	122,4	94,4
R 138	300	650	270	0,28	SP 4	0,3	300	30	1430	1380	1330	1315	89,5	115	117,3	89,2

COMPOZITIA SI CARACTERISTICILE BETONULUI USOR SPUMAT  
FOLOSIND SPUMANTUL NF 10 CT ORADEA ANEXA 4.6

Rețeta	Dozaje (kg/m <sup>3</sup> )			Raport	Spumant		Timp (s)		Densitate (kg/m <sup>3</sup> )				R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )			R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>	R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup>
	Ciment (C)	Cenusă (CT)	Apă (A)	A/C:CT	Tip	%	Ames- tecare	Vibra- rare	In stare proaspătă:	7 zile:	14 zile:	28 zile:	7 zile:	14 zile:	28 zile:	(daN/cm <sup>2</sup> )	9628
R 340	300	650	428	0,45	NF10	0,025	60	20	1208	1100	1050	967	14,85	30,75	39,75	60,8	62,89
R 341	300	650	428	0,45	NF10	0,025	60	20	1367	1200	1125	1075	19,43	36,00	61,25	93,71	87,17
R 342	300	650	409	0,43	NF10	0,05	60	20	1258	1100	1075	1000	21,55	34,00	55,25	84,53	84,53
R 343	300	650	409	0,43	NF10	0,05	60	20	1200	1050	1025	1000	21,40	28,75	39,38	58,67	58,67
R 334	300	650	428	0,45	NF10	0,1	60	20	1192	1067	1020	920	13,30	24,20	32,50	48,43	52,63
R 344	300	650	390	0,41	NF10	0,1	60	20	1183	1025	975	925	18,65	29,75	53,88	80,28	87,69
R 345	300	650	428	0,45	NF10	0,1	60	20	1292	1150	1100	1025	17,63	32,55	46,13	68,73	67,05
R 335	300	650	428	0,45	NF10	0,2	60	20	1166	1060	980	920	11,57	24,80	33,83	50,41	54,79
R 346	300	650	371	0,39	NF10	0,2	60	20	1100	950	930	900	25,30	32,13	51,38	76,55	85,06
R 347	300	650	361	0,38	NF10	0,3	60	20	1091	925	900	863	20,80	30,75	46,25	68,91	76,56
R 348	300	650	361	0,38	NF10	0,3	60	20	1150	1000	975	913	15,20	32,75	42,79	63,75	69,83
R 336	300	650	428	0,45	NF10	0,4	60	20	1192	1073	996	900	8,57	20,30	36,17	53,89	59,88
R 349	300	650	342	0,36	NF10	0,4	60	20	1025	900	875	850	20,50	24,75	44,67	66,55	78,30
R 337	300	650	428	0,45	NF10	0,5	60	20	1166	967	963	893	10,60	22,50	40,50	60,35	67,58
R 350	300	650	390	0,41	NF10	0,5	60	20	1150	1025	975	925	12,57	25,35	31,83	47,42	51,27
R 351	300	650	323	0,34	NF10	0,6	60	20	1058	900	890	855	16,13	28,63	35,17	52,4	61,29
R 352	300	650	323	0,34	NF10	0,6	60	20	1067	925	900	850	14,45	24,88	28,25	42,09	49,52
R 328	300	650	428	0,45	NF10	0,025	90	20	1277	1133	1073	1070	20,40	24,00	49,40	73,61	68,79
R 330	300	650	437	0,46	NF10	0,025	90	20	1275	1133	1080	1050	14,50	23,60	38,30	57,07	54,35
R 353	300	650	428	0,45	NF10	0,025	90	20	1433	1300	1250	1175	35,37	68,50	70,69	105,33	89,64
R 354	300	650	409	0,43	NF10	0,025	90	20	1175	950	940	925	19,05	23,00	29,63	44,15	47,73
R 323	300	650	418	0,44	NF10	0,1	90	20	1140	986	975	967	12,40	30,90	43,08	64,19	66,38
R 320	300	650	418	0,44	NF10	0,1	90	20	1130	1000	940	906	17,60	28,00	30,10	44,85	49,50

Continuare ANEXA 4.6

R 327	300	650	418	0,44	NF10	0,1	90	20	1186	1069	1016	1010	18,70	24,30	30,00	33,64	33,11
R 368	300	650	380	0,4	NF10	0,1	90	20	1133	1037	-	958	12,33	-	25,80	38,99	41,00
R 369	300	650	380	0,4	NF10	0,1	90	20	1160	1000	976	975	10,11	22,00	20,40	40,80	41,91
R 370	300	650	380	0,4	NF10	0,1	90	20	1133	1022	-	943	11,00	-	20,90	41,60	44,10
R 371	300	650	371	0,39	NF10	0,1	90	20	1022	933	-	860	6,10	-	21,40	33,10	38,50
R 372	300	650	371	0,39	NF10	0,1	90	20	1222	1130	-	1125	13,10	-	31,30	48,44	49,00
R 373	300	650	380	0,4	NF10	0,1	90	20	1240	1100	1050	1050	22,40	32,60	49,38	67,14	69,91
R 374	300	650	342	0,36	NF10	0,1	90	20	1160	1000	1000	992	21,60	34,60	38,58	59,71	60,19
R 375	300	650	309	0,325	NF10	0,1	90	20	1100	1020	980	911	8,80	31,94	30,94	37,17	62,71
R 378	300	650	391	0,412	NF10	0,1	90	20	1300	1120	1062	1025	16,04	31,40	43,70	67,60	69,98
R 379	300	650	428	0,45	NF10	0,1	90	20	1530	1366	1312	1300	30,20	34,10	72,10	111,60	80,80
R 382	300	650	342	0,36	NF10	0,1	90	20	1140	975	962	950	14,60	23,90	30,40	47,08	49,50
R 321	300	650	418	0,44	NF10	0,2	90	20	1087	958	910	914	16,60	24,00	28,90	43,00	47,11
R 332	300	650	418	0,44	NF10	0,2	90	20	1109	1020	980	947	15,60	31,60	33,70	50,21	53,02
R 357	300	650	371	0,39	NF10	0,2	90	20	1056	850	825	825	17,10	21,50	21,20	39,11	41,40
R 322	300	650	418	0,44	NF10	0,3	90	20	1131	975	964	935	17,70	21,60	31,10	40,34	49,50
R 325	300	650	418	0,44	NF10	0,3	90	20	1125	1000	917	905	14,10	21,70	31,10	47,80	51,80
R 356	300	650	352	0,37	NF10	0,3	90	20	992	875	800	775	17,10	20,40	21,00	32,0	41,0
R 326	300	650	418	0,44	NF10	0,4	90	20	1175	977	925	921	15,60	27,30	33,50	49,91	54,20
R 355	300	650	342	0,36	NF10	0,4	90	20	933	800	775	776	17,00	-	19,00	28,30	30,90
R 329	300	650	418	0,44	NF10	0,5	90	20	1133	1013	946	940	10,20	14,40	24,50	30,50	38,84
R 333	300	650	418	0,44	NF10	0,5	90	20	1141	980	971	942	14,10	16,30	30,20	41,00	47,70
R 359	300	650	428	0,45	NF10	0,025	180	20	1383	1100	1075	1012	22,20	31,40	47,10	71,94	72,00
R 360	300	650	428	0,45	NF10	0,025	180	20	1383	1225	-	1100	20,00	-	46,70	71,4	68,54
R 317	300	650	380	0,40	NF10	0,05	180	20	1092	900	958	870	17,40	21,80	28,60	42,00	48,98
R 361	300	650	409	0,43	NF10	0,05	180	20	1300	1050	1000	962	15,90	25,50	33,00	54,10	50,30

Continuare ANEXA 4.6

R 311	300	650	380	0,40	NF10	0,1	180	20	1026	949	926	880	6,36	18,30	25,50	38,00	43,18
R 316	300	650	380	0,40	NF10	0,1	180	20	1054	880	853	830	13,70	17,80	22,70	33,82	40,75
R 367	300	650	390	0,41	NF10	0,1	180	20	1083	913	-	850	11,56	-	26,06	40,33	47,45
R 395	300	650	309	0,325	NF10	0,1	180	20	1020	-	880	860	-	24,20	33,20	51,38	59,74
R 396	300	650	342	0,36	NF10	0,1	180	20	1100	-	1000	990	-	33,20	41,50	64,23	64,87
R 397	300	650	380	0,40	NF10	0,1	180	20	1290	-	1070	1060	-	39,80	44,95	69,56	65,63
R 312	300	650	380	0,40	NF10	0,2	180	20	973	906	877	828	5,95	15,90	24,00	35,76	43,19
R 362	300	650	380	0,40	NF10	0,2	180	20	1025	875	-	812	12,50	-	19,56	30,27	37,28
R 313	300	650	380	0,40	NF10	0,3	180	20	1048	-	850	843	-	20,00	22,20	33,08	39,24
R 314	300	650	380	0,40	NF10	0,3	180	20	1029	-	808	781	-	12,10	13,80	20,56	26,33
R 363	300	650	342	0,36	NF10	0,4	180	20	983	850	825	775	9,48	12,77	14,88	23,03	29,71
R 364	300	650	342	0,36	NF10	0,4	180	20	917	-	-	783	-	-	19,04	29,47	37,63
R 365	300	650	390	0,41	NF10	0,5	180	20	1017	875	-	800	7,28	-	14,63	22,64	28,30
R 366	300	650	390	0,41	NF10	0,5	180	20	1042	-	-	875	-	-	27,42	42,44	48,50

CARACTERISTICILE BETOANELOR OBTINUTE FARA ADITIVI  
FOLOSIND CENUSA DE TERMOCENTRALA CT MINTIA ANEXA 4.7

Reteta	Dozaje (kg/m <sup>3</sup> )			Raport	Spumant	Timp (s)		Densitate (kg/m <sup>3</sup> )				R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )		R <sub>c</sub> <sup>cor</sup>	R <sub>c</sub> <sup>cor</sup>		
	Ciment (C)	Cenusă (CT)	Apă (A)	A/C+CT	Tip	%	Ames- tecure	Vib- rare	In stare proaspătă	7 zile	14 zile	28 zile	7 zile	14 zile	28 zile	f <sub>b28</sub>	
R118	300	650	280	0,29	-	-	90	30	1695	1624	1570	1560	-	136	165	158	101,28
R144	300	650	280	0,30	-	-	90	30	1738	1616	1563	1553		98	148	151	97,23
R185	300	650	280	0,29	-	-	90	30	1666	1640	1595	1587	-	90	134	166	104,59

CARACTERISTICILE BETOANELOR OBTINUTE FARA ADITIVI  
FOLOSIND CENUSA DE TERMOCENTRALA CT ORADEA ANEXA 4.8

Reteta	Dozaje (kg/m <sup>3</sup> )			Raport	Spumant	Timp (s)		Densitate (kg/m <sup>3</sup> )				R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )		R <sub>c</sub> <sup>cor</sup>	R <sub>c</sub> <sup>cor</sup>		
	Ciment (C)	Cenusă (CT)	Apă (A)	A/C+CT	Tip	%	Ames- tecure	Vib- rare	In stare proaspătă	7 zile	14 zile	28 zile	7 zile	14 zile	28 zile	f <sub>b28</sub>	
R315	300	650	452	0,476	-	-	180	20	1507	1335	1221	1174	26,18	46,40	74,10	112	95,4
R118	300	650	476	0,500	-	-	180	20	1569	1391	1311	1287	38,40	65,87	86,00	130	101,0
R338	300	650	493	0,520	-	-	60	20	1575	1375	1325	1250	32,35	49,63	88,25	125	100,0
R339	300	650	461	0,490	-	-	60	20	1525	1325	1250	1200	31,00	55,50	89,00	134	111,7

**CONDUCTIVITATE TERMICĂ PENTRU BETON USOR SPUMAT  
POLOSIND CERUSA DE TERMOCENTRALA NINTIA ANEXA 4.9**

Reteta:	Densitate:	Conductivitate termică			Observatii:	Reteta:	Densitate:	Conductivitate termică			Observatii:
	$\rho_b$	$\lambda_o$	$\lambda_o$	$\lambda_c$			$\rho_b$	$\lambda_o$	$\lambda_o$	$\lambda_c$	
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kcal/mh°C)	(W/mk)	(W/mk)			(kg/m <sup>3</sup> )	(kcal/mh°C)	(W/mk)	(W/mk)	
R108/1:	1066	0,200	0,233	0,303		R208	1100	0,306	0,356	0,445	
R108/2:	1066	0,202	0,234	0,305		R209	1216	0,268	0,312	0,390	
R108/3:	1066	0,217	0,253	0,329		R111	1033	0,271	0,315	0,394	
R195/1:	795	0,152	0,177	0,239		R112	1027	0,245	0,308	0,385	
R195/2:	795	0,157	0,183	0,247		R113	900	0,261	0,304	0,388	
R202/2:	1128	0,204	0,237	0,309		R140	1110	0,248	0,289	0,376	
R201/1:	968	0,228	0,263	0,344		R114	1175	0,276	0,328	0,432	
R201/2:	968	0,244	0,284	0,369		R115	1066	0,262	0,305	0,381	
R202/1:	1005	0,214	0,249	0,324		R116	1034	0,241	0,281	0,365	
R202/2:	1005	0,206	0,240	0,312		R117	1075	0,261	0,303	0,379	
R203	967	0,127	0,252	0,328		R145	1056	0,222	0,254	0,333	
R204	1262	0,327	0,388	0,475		R146	1168	0,252	0,292	0,380	
R205	1129	0,277	0,322	0,403							

CONDUCTIVITATE TERMICĂ A BETONULUI USOR SPUMAT  
FOLOSIND CENUSA DE TERMOCENTRALA CT ORADEA ANEXA 4.10

Reteta	Densitate	Conductivitate termică			Observatii	Reteta	Densitate	Conductivitate termică			Observatii
	$\rho_b$	$\lambda_o$	$\lambda_o$	$\lambda_c$			$\rho_b$	$\lambda_o$	$\lambda_o$	$\lambda_c$	
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kcal/mh°C)	(W/mk)	(W/mk)			(kg/m <sup>3</sup> )	(kcal/mh°C)	(W/mk)	(W/mk)	
R324	970	0,1786	0,2078	0,2805		R352	850	0,1582	0,1839	0,2483	
R325/1	905	0,1681	0,1955	0,2639		R362/1	812	0,1861	0,2165	0,2923	
R325/2	905	0,1718	0,1998	0,2697		R362/2	812	0,1875	0,2180	0,2943	
R330	1050	0,1869	0,2174	0,2935		R364/1	783	0,1375	0,1599	0,2558	
R331	950	0,1942	0,2258	0,3048		R364/2	783	0,1440	0,1675	0,2261	
R332	947	0,1865	0,2169	0,2928		R366/1	875	0,1816	0,2112	0,2851	
R344	925	0,2187	0,2544	0,3307		R366/2	875	0,1748	0,2033	0,2745	
R351	855	0,1496	0,1739	0,2348							



COMPOZITIA SI CARACTERISTICILE BETONULUI USOR DE GRANULIT (BG) CU CENUSA SI SPUMANT

Cenușă de MINTIA

ANEZA 4.11

Reteta:	DOZAJE (kg/m <sup>3</sup> )						RAPORT A/(C+CT)	SPUMANT		TIMP (s)	DENSITATE (kg/m <sup>3</sup> )				R <sub>c</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )		R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup> (daN/cm <sup>2</sup> )	R <sub>c</sub> <sup>cor.</sup> f <sub>b28</sub>		
	ciment (C)	cenusa (CT)	nisip	granulit		ap <sub>f</sub> (A)		Tip	%		Ames- tecere:	Vib- rare:	In stare proaspata:	7 zile:	14 zile:	28 zile:			14 zile:	28 zile:
				0-10	10-20															
R1	300	450	-	-	500	308	0,410	DETERS:	0,34:	600	20	1627	1561	1482	1443	32	51	73,4	50,8	
R2	300	300	-	-	600	373	0,445	-	-	600	20	1850	1784	1716	1655	78	130	187,2	113,0	
R3	300	300	-	-	600	260	0,430	-	-	240	30	1963	1855	1832	1744	114	169	243,3	139,5	
R4	300	300	-	-	600	273	0,455	DETERS:	0,27:	600	20	1549	1510	1435	1377	27	41	59,0	42,0	
R5	300	300	-	-	600	260	0,430	---	0,34:	240	20	1575	1493	1440	1407	24	37	53,2	37,8	
R6	300	150	-	-	750	260	0,580	---	0,34:	300	20	1461	1415	1360	1315	15	22	31,6	24,0	
R7	300	150	-	250	500	240	0,480	---	0,34:	300	20	1438	1372	1337	1287	11	16	23,0	17,9	
R8	350	150	-	-	750	240	0,480	---	0,29:	300	20	1537	1461	1436	1388	27	43	61,9	44,6	
R9	350	150	-	-	750	250	0,500	---	0,34:	300	20	1542	1459	1414	1414	27	40	57,6	40,7	
R10	350	150	-	300	450	250	0,500	---	0,34:	300	20	1459	1413	1361	1344	23	31	43,9	32,6	
R11	370	200	-	400	400	250	0,440	---	0,34:	300	20	1592	1516	1475	1457	45	64	92,1	62,4	
R12	250	200	-	350	400	260	0,580	---	0,51:	300	20	1614	1475	1411	1379	23	29	41,7	30,2	
R13	250	200	-	350	400	200	0,440	---	0,34:	300	20	1668	1616	1571	1550	62	103	98,8	63,7	
R14	310	100	100	224	540	233	0,570	---	0,34:	300	20	1478	1450	1422	1370	29	45	43,2	31,5	
R15	350	150	100	250	400	230	0,460	---	0,34:	300	20	1567	1489	1467	1440	34	53	50,8	35,3	
R17	350	150	-	300	450	225	0,450	---	0,34:	300	60	1783	1719	1686	1638	66	124	119,0	72,6	
R18	350	150	-	300	450	205	0,410	---	0,34:	300	60	1818	1761	1693	1690	99	139	133,0	78,9	
R19	350	150	100	250	400	202	0,400	---	0,34:	300	60	1788	1723	1680	1673	103	133	127,7	76,3	
R20	250	150	100	300	400	179	0,450	---	0,34:	300	60	1788	1705	1680	1666	97	135	129,1	77,5	
R21	350	150	-	300	450	250	0,500	DETERS:	0,34:	300	60	1763	-	1663	1653	95	134	128,6	77,8	
								CaCl <sub>2</sub> :	0,20:											
R22	350	150	-	300	450	250	0,500	DETERS:	0,34:	300	60	1687	-	1603	1594	65	115	110,4	69,2	
R23	350	300	-	300	-	200	0,310	NF 16:	0,43:	90	30	1401	1309	1293	1264	39	56	53,7	42,5	

Continuare ANEXA 4.11

R24	350	150	-	450	-	200	0,400	---	0,43	90	30	1532	1480	1467	1436	66	92	88,3	61,5
R25	350	150	-	-	750	240	0,400	---	0,43	90	30	1644	1511	1483	1480	54	66	63,5	42,9
R26	350	150	-	300	450	225	0,450	---	0,43	90	30	1566	1475	1450	1430	43	58	55,7	39,0
R27	350	150	-	-	750	219	0,440	MF 10	0,43	90	30	1660	1566	1544	1540	75	94	90,0	58,4
R28	350	150	-	-	750	220	0,440	---	0,59	90	30	1486	1414	1385	1375	34	53	50,5	36,8
R29	300	400	-	250	-	250	0,360	---	0,21	180	30	1519	1448	1400	1391	60	98	94,1	67,7
R30	300	200	-	450	-	200	0,400	---	0,21	180	30	1640	1581	1549	1532	74	122	117,2	76,5
R31	300	200	-	250	200	160	0,320	---	0,21	180	30	1462	1409	1383	1367	33	51	48,9	35,8
R32	300	200	-	450	-	160	0,32	---	0,21	180	30	1629	1474	1450	1450	51	74	70,7	48,7
R34	300	300	-	-	630	254	0,420	MF 16	0,11	180	30	1843	1754	1712	1700	-	173	176,5	103,8
R35	300	300	-	310	460	241	0,400	---	0,11	180	30	1944	1856	1884	1819	-	217	221,3	121,6
R36	300	400	250	-	-	270	0,390	MF 10	0,11	180	30	1554	-	1406	1395	-	121	123,4	88,4
R37	300	200	450	-	-	147	0,290	---	0,11	180	30	1664	-	1584	1556	-	155	158,1	101,6
R38	300	400	250	-	-	270	0,380	---	0,11	300	30	1803	-	1720	1687	-	270	256,5	152,0
R39	300	200	450	-	-	160	0,320	---	0,11	300	30	1687	-	1573	1560	-	148	140,6	90,1
R40	300	400	250	-	-	201	0,290	---	0,21	300	30	1281	-	1166	1153	-	48	45,6	39,5
R41	300	400	250	-	-	196	0,280	---	0,11	300	30	1433	-	1366	1360	-	108	102,6	75,4
R42	300	200	450	-	-	160	0,320	---	0,21	180	30	1483	-	1366	1370	-	57	54,1	39,5
R201	250	250	-	300	450	225	0,450	---	0,20	180	30	1699	-	-	1616	-	125	151,2	93,5
R202	250	250	-	300	450	225	0,450	---	0,20	300	30	1599	-	-	1562	-	34	41,1	127,3
R203	350	150	-	300	450	225	0,450	---	0,20	180	30	1856	-	-	1800	-	184	222,2	123,5
R204	350	150	-	300	450	225	0,450	---	0,22	300	30	1790	-	-	1709	-	156	188,0	110,0
R205	350	150	-	300	450	225	0,450	---	0,20	180	30	1684	-	1587	1575	-	95	114,7	72,8
R206	350	150	-	300	450	225	0,450	---	0,20	300	30	1444	-	1367	1330	-	21	25,7	19,3
R207	250	250	-	450	300	225	0,450	---	0,20	180	30	1817	-	1781	1687	-	160	193,6	114,7
R208	350	300	-	-	700	206	0,320	---	0,11	180	30	1591	-	1527	1483	-	60	74,4	50,1
R209	350	300	-	-	700	206	0,320	---	0,11	180	30	1712	-	1600	1549	-	88	100,0	70,2