

**UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI”  
CLUJ-NAPOCA  
FACULTATEA DE CHIMIE ȘI INGINERIE CHIMICĂ  
ȘCOALA DOCTORALĂ DE INGINERIE CHIMICĂ**

***Noi resurse minerale indigene în  
cimenturi speciale***

**- Rezumatul tezei de doctorat -**

**Conducător de doctorat:  
PROF. EM. DR. ING. FAZAKAS JÓZSEF**

**Student-doctorand:  
ING. HALMÁGYI ILDIKÓ TÍMEA**

**2018**

**CUPRINS**

Mulțumiri.....	4
Lista abrevierilor.....	5
Lista figurilor.....	6
Lista tabelelor.....	9
<b>INTRODUCERE.....</b>	<b>11</b>
<b>1. STUDIU DE LITERATURĂ.....</b>	<b>14</b>
1.1. Generalități.....	14
1.2. Lianți micști cu consum redus de energie pe bază de ciment portland.....	16
1.3. Lianții unitari cu consum redus de energie .....	19
1.3.1. Cimenturi portland mineralizate.....	19
1.3.2. Cimenturi feroaluminatice.....	21
1.3.3. Cimenturi feroportland.....	21
1.3.4. Cimenturi belitice.....	22
1.4. Lianți unitari sulfoaluminat belitici cu consum redus de energie.....	24
1.4.1. Compoziție mineralogică a maselor liante SAB.....	25
1.4.2. Proprietățile maselor liante SAB.....	29
<b>2. MATERII PRIME.....</b>	<b>34</b>
2.1. Argila.....	34
2.2. Calcarul.....	37
2.3. Bazaltul.....	38
2.4. Tufurile vulcanice.....	40
2.5. Diatomitul și Tripoli.....	42
2.6. Nămolul roșu.....	43

<b>3. METODE DE CERCETARE.....</b>	<b>44</b>
3.1. Analize chimice oxidice.....	44
3.2. Analize mineralogice.....	44
3.2.1. Analize petrografice.....	44
3.2.2. Analize difractometrice.....	45
3.3. Analize termice.....	45
3.4. Încercări fizico-mecanice.....	46
3.4.1. Distribuție granulometrică.....	46
3.4.2. Densitate specifică.....	46
3.4.3. Suprafața specifică Blaine.....	47
3.4.4. Căldura de hidratare.....	47
3.4.5. Constanța de volum (Stabilitatea).....	47
3.4.6. Timp de priză.....	47
3.4.7. Rezistența la compresiune.....	47
<b>4. CARACTERIZAREA MATERIILOR PRIME ȘI A AMESTECURILOR BRUTE.....</b>	<b>49</b>
4.1. Analiza chimică oxidică a materiilor prime.....	49
4.2. Analiza petrografică a materiilor prime.....	50
4.2.1. Calcar de la Vârghiș.....	50
4.2.2. Argilă de la Bodoc.....	52
4.2.3. Scorie bazaltică de la Racoșul de Jos.....	53
4.2.4. Tuf vulcanic de la Racoșul de Sus.....	54
4.2.5. Diatomită de la Filia.....	55
4.3. Caracterizarea amestecurilor brute.....	55
4.3.1. Prepararea amestecurilor de materii prime.....	57
4.3.2. Compoziții de amestec.....	58

4.3.3. Prelucrare amestecuri brute.....	62
<b>5. CARACTERIZAREA CLINCHERELOR.....</b>	<b>71</b>
5.1. Microscopie petrografică.....	71
5.2. Analiza difractometrică.....	88
<b>6. CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE ALE CIMENTURILOR.....</b>	<b>97</b>
6.1. Densitatea.....	97
6.2. Finețea maselor liante.....	99
6.2.1. Suprafața specifică Blaine.....	99
6.2.2. Distribuție granulometrică a cimenturilor.....	101
6.3. Căldura de hidratare.....	103
6.4. Apa de consistență normală.....	104
6.5. Constanța de volum (Stabilitatea).....	106
6.6. Timp de priză.....	107
6.7. Rezistența la compresiune.....	110
<b>CONCLUZII.....</b>	<b>117</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>122</b>
<b>LISTA DE PUBLICAȚII.....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXE.....</b>	<b>134</b>
Anexa 1. Difractograme EDAX materii prime.....	134
Anexa 2. Calculele pentru realizarea amestecurilor brute.....	138
Anexa 3. Microfoto suplimentare ale probelor.....	143

**Notă:** La redactarea rezumatului s-au păstrat aceleași notații pentru figuri, tabele utilizate în cadrul tezei de doctorat.

## Lista abrevierilor

A =  $\text{Al}_2\text{O}_3$

ATD (DTA) = analiză termică diferențială (differential thermal analysis)

$\text{C}_4\text{AF} = 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{brownmillerit}$

$\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}} = 4\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$

$\text{C}\bar{\text{S}} = \text{CaO} \cdot \text{SO}_3$

$\text{C}_2\text{S} = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{belit}$

$\text{C}_3\text{S} = 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{alit}$

ciment SAB = ciment sulfoaluminat belitic

DTG = termogravimetrie diferențială (Differential thermogravimetry)

H =  $\text{H}_2\text{O}$

M =  $\text{MgO}$

$M_{\text{Al}}$  = modul de alumină

$M_{\text{Si}}$  = modul de silice

N (K) =  $\text{Na}_2\text{O}$  ( $\text{K}_2\text{O}$ )

OPC = cimenturi portland obisnuite (ordinary portland cement)

$\hat{\text{S}} = \text{SO}_3$

$S_k$  = gradul de saturare în calce

TG = analiză termogravimetrică

## INTRODUCERE

Lucrarea își propune unele obiective esențiale, legate de etapa actuală de dezvoltare durabilă, eficiență maximă, privind consumurile de material, consumurile energetice și a resurselor umane, în condițiile păstrării protecției mediului ambiant.

În acest context, valorificarea unor resurse minerale indigene, ușor exploatabile și transportabile și pe prim plan, valorificarea unui deșeu industrial, nămolul roșu, reprezintă unul din principalele obiective.

*Nămolul roșu sau nămolul nefelinic, deșeu* care provine de la prelucrarea rocilor apatito-nefelinice din industria aluminei sau a îngrășămintelor fosfatice, existent în stocuri extrem de mari pe teritoriul țării, este unul dintre poluanții importanți, în special datorită alcalinității sale ridicate. Pe lângă faptul că, acesta blochează mari suprafețe de teren, care se pot folosi cu alte destinații utile (domeniul forestier, agricultură etc.) nămolul produce infestarea solului pe mari suprafețe, inclusiv în adâncime.

Alegerea unor materii prime convenabile economic și energetic are în vedere valorificarea unor resurse minerale, locale, rezerve inepuizabile, în obținerea de noi lanți din categoria lanțurilor ecologice, cu consum redus de energie.

Si la alegerea tehnologiei de obținere a unor asemenea lanți se are în vedere păstrarea echilibrului ecologic, neafectare faunei și florei zonale. Tehnologia presupune reducerea emansiilor nocive, care contribuie la producerea "efectului de seră".

**SCOPUL LUCRĂRII** constă în folosirea unor resurse minerale indigene și a unui deșeu industrial în producerea unor cimenturi speciale, de tip sulfoaluminat belitic, cu implicații economice și ecologice.

Dintre resursele minerale indigene s-a luat în considerație: argila de la Bodoc, calcarul de la Vârghiș, diatomita de la Filia, tuful vulcanic de la Racoșul de Sus, scoria bazaltică de la Racoșul de Jos, ghipsul de la Nușoara.

Ca deșeu industrial s-a folosit nămolul roșu –nămol nefelinic de la Oradea.

Folosirea unor materiale disponibile, cu un consum de energie mai redus la transportul și prelucrarea amestecului de materii prime, pe de-o parte și la arderea acestuia pentru transformare în clincher, pe de altă parte, constituie o economie însemnată de energie.

Totodată, la obținerea maselor liante sulfataluminatice belitice sunt vizate și unele aspecte ecologice, cum sunt folosirea unui deșeu industrial la preparare, cu toate implicațiile cunoscute și reducerea importantă a emanațiilor de dioxid de carbon la ardere, datorită temperaturilor mai reduse cu 200-300<sup>0</sup>C, comparativ cu clincherul portland normal.

Creșterea interesului pentru obținerea unor mase liante de tip sulfataluminat belitic poate fi explicată dacă se iau în considerație următoarele avantaje potențiale:

1. Se solicită cantități mai mici de oxid de calciu (deci, implicit, de calcar) în amestecul de materii prime, pentru formarea principalilor constituenți mineralogici; cu 15-20% mai mici față de amestecul brut pentru clincherul portland obișnuit. Gradul de saturare în calce este mai mic, de numai, 0,75 – 0,85, în timp ce la cimentul portland normal acesta depășește cu mult aceste valori, fiind în jur de 0,9 – 1,00.

2. Pentru sinteza componentelor mineralogici constituenți ai cimenturilor cu consum redus de energie de acest tip, cum sunt: belitul  $-2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ; brownmilleritul  $-4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  și ylmenitul  $-3(\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) \cdot \text{CaSO}_4$  sunt necesare temperaturi mai coborâte de numai, 1200-1250<sup>0</sup>C în loc de 1450 -1500<sup>0</sup>C, corespunzătoare cimentului portland uzual.

3. Datorită temperaturilor de clincherizare mai coborâte se reduc emisiile nocive, de NOx cu implicații pozitive asupra efectului de seră.

4. De asemenea, implicații pozitive asupra efectului de seră îl au și emisiile sensibile mai coborâte de CO<sub>2</sub>, datorită utilizării unei cantități mai reduse de calcar în amestecul brut. Oxidul de calciu total necesar cimentului SAB este de aproximativ 50 % (gravimetric) față de 65 % (gravimetric). Oxidul de calciu total necesar cimentului SAB este de aproximativ 50 % (gravimetric) față de 65 % (gravimetric).

5. Aptitudinea la măcinare a acestor mase pentru a se transforma în ciment este îmbunătățită, fiind cu 40% mai mică ca pentru cimentul portland; totodată rezultă mase mai friabile, temperatura de ardere fiind sensibil mai mică, cu 200 – 300<sup>0</sup>C, și prin urmare, proporția de fază vitroasă în matricea lăintă mai redusă.

6. Cimenturile SAB<sup>1)</sup> sunt lipsite de contracție la întărire sau chiar prezintă expansiune și au o bună stabilitate la medii agresive, în special, la coroziune sulfatică.

7. Un avantaj deosebit al acestor cimenturi sulfataluminat belitice este faptul că prezintă proprietăți bune și foarte bune de rezistență mecanică la compresiune, încă din primele zile de întărire (după două zile peste 10 – 15 MPa).

8. Rezistențele mecanice la termeni mai mari pot să ajungă la valori mult peste cele corespunzătoare cimentului portland, peste 40-59 MPa după 28 de zile de întărire.

---

SAB<sup>1)</sup> –ciment sulfoaluminat belitic

## STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Lucrarea este organizată în șapte mari părți ce prezintă o secțiune introductivă, date din literatura de specialitate, cercetările efectuate și rezultatele acestora și în final o secțiune de concluzii generale.

Partea introductivă prezintă importanța lucrării, obiectivele prevăzute, motivația precum și **scopul** tezei, care constă în folosirea unor resurse minerale indigene și a unui deșeu industrial în producerea unor cimenturi speciale, de tip sulfoaluminat belitic, cu implicații economice și ecologice.

Tot în partea introductivă sunt enumerate avantajele potențiale ale utilizării cimentului SAB.

### 1. STUDIU DE LITERATURA

Primul capitol cuprinde un amplu studiu de literatură a domeniului, se evidențiază aspectele pozitive ale cimentului SAB comparativ cu cimentul portland. Sunt prezentate tipurile de ciment standardizate și uzuale în România, adaosurile cele mai utilizate, clasificarea cimenturilor portland după compoziția lor mineralogică, fazele minerale principale ale cimenturilor sulfataluminat belitice (SAB), precum și proprietățile maselor liante SAB.

Se poate afirma că obținerea unor mase de ciment sulfoaluminat belitic prezintă o serie de avantaje comparativ cu cimentul portland .

1. Se solicită cantități mai mici de oxid de calciu (deci, de calcar) în amestecul de materii prime, pentru formarea principalilor constituenți mineralogici; cu 15-20%



deci, cantități mai mici față de amestecul brut pentru clincherul portland . Gradul de saturare în calce este mai mic, sub 0,85.

2. Pentru sinteza componentelor mineralogici de tip; belit  $-2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ; brownmillerit  $-4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  și ylmelit  $-3(\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3)\cdot\text{CaSO}_4$  sunt necesare temperaturi mai coborâte cu aproximativ,  $250\text{-}300^\circ\text{C}$  , adică temperaturi de sinteză de  $1200\text{-}1250^\circ\text{C}$  în loc de  $1450\text{-}1500^\circ\text{C}$ , corespunzătoare cimentului portland uzual.
3. Datorită temperaturilor de clincherizare mai coborâte se reduc emisiile de  $\text{NO}_x$  cu implicații pozitive asupra efectului de seră.
4. De asemenea, implicații pozitive asupra efectului de seră îl au și emisiile sensibile mai coborâte de  $\text{CO}_2$  datorită utilizării unei cantități mai reduse de calcar în amestecul brut
5. Aptitudinea la măcinare a acestor mase, pentru a se transforma în ciment este îmbunătățită, fiind cu 40% mai mică ca pentru cimentul portland (rezultă mase mai friabile, la o temperatură de ardere mai mică, în absența fazei vitroase sau în prezența unei proporții mai mici de fază vitroasă).
6. Cimenturile SAB<sup>1)</sup> sunt lipsite de contracție la întărire sau chiar prezintă expansiune și au o bună stabilitate la medii agresive, în special la coroziune sulfatică.

## 2. MATERII PRIME

Datorită constituției geologice relativ complexe a teritoriului județului Covasna, marile unități structurale adăpostesc o gamă largă de rezerve de substanțe minerale utile, necesare industriei și, în special, celei a construcțiilor.

Acest capitol prezintă pe larg materiile prime care stau la baza obținerii cimenturilor SAB: argila, calcarul, bazalatul, tufurile vulcanice, diatomitul și deșeul nămol roșu.

**Argila** – aluminosilicatul cel mai important al fabricării cimentului – se găsește în mai multe variante și de bună calitate în zona Curburii Carpaților și rezervele sunt imense.

**Calcarul** - o rocă sedimentară - este una dintre cele mai răspândite roci din scoarța terestră fiind prezent în variate formațiuni geologice atât sub formă de rocă monominerală, cât și în asociație cu alte minerale.

Sub aspect economic, calcarele prezintă o importanță deosebită. Potrivit datelor Agenției Naționale pentru Resurse Minerale, zăcămintele de calcar se află în topul celor mai râvnite resurse minerale.

**Bazaltul** este o rocă vulcanică, magmatică efuzivă este constituit din plagioclazi bazici (de obicei, labrador), augit, amfiboli, olivină, piroxen, silicați de fier și de magneziu și din sticlă vulcanică. La Racoș se mai găsesc zăcăminte de **scorii bazaltice**. Acestea au luat naștere din lavele expulzate în aer și răcite brusc, în prezența vaporilor de apă, astfel că roca a rămas cu numeroase vacuole asemănătoare zgurilor.

**Tufurile** sunt roci poroase, formate din acumulările de produse solide ale erupțiilor vulcanice, ulterior compactizate și cimentate. Tuful are compoziție chimică variată și corespunde compoziției lavei erupte.

**Diatomitul și tripoli** sunt roci cu un conținut bogat în silice hidratată. Diatomitul se prezintă ca o rocă cu o structură foarte fină formată din schelete silicioase cu dimensiuni cuprinse între 1-10  $\mu\text{m}$ . Conținutul în  $\text{SiO}_2$  este cuprins între 60-98 % .

**Nămolul roșu** sau așa numitul nămol nefelinic, care provine de la prelucrarea rocilor apatito-nefelinice din industria aluminei sau a îngrășămintelor fosfatice, adeseori este numit și șlam belitic, se folosește, cu foarte bune rezultate, în industria cimentului, în amestecul de materii prime, dar și la fabricarea unor lianți micști.

### 3. METODE DE CERCETARE

Pentru determinările caracteristicilor materiilor prime, ale amestecurilor și proprietățile produselor finite s-au folosit analize și metode de determinare curente în producția de lianți: analize chimice oxidice, analizele mineralogice, analize petrografice, analize difractometrice, analize termice, încercări fizico-mecanice ( Distribuție granulometrică, Densitatea specifică, Suprafața specifică Blaine, Căldura de hidratare, Constanța de volum, Timp de priză, Rezistența la compresiune).

#### 4.CARACTERIZAREA MATERIIILOR PRIME SI A AMESTECURILOR BRUTE

Materiile prime prezentate în capitolul 2. s-au caracterizat prin: analiza chimică oxidică, analiza petrografică (microscopie petrografică), ex. (fig. 4.1.)

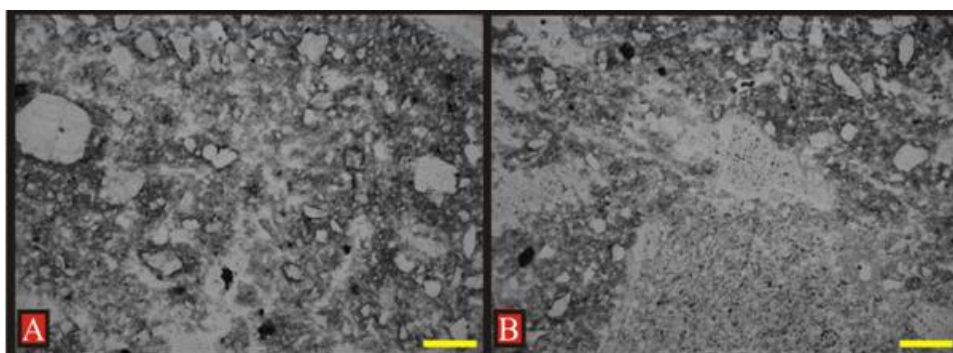
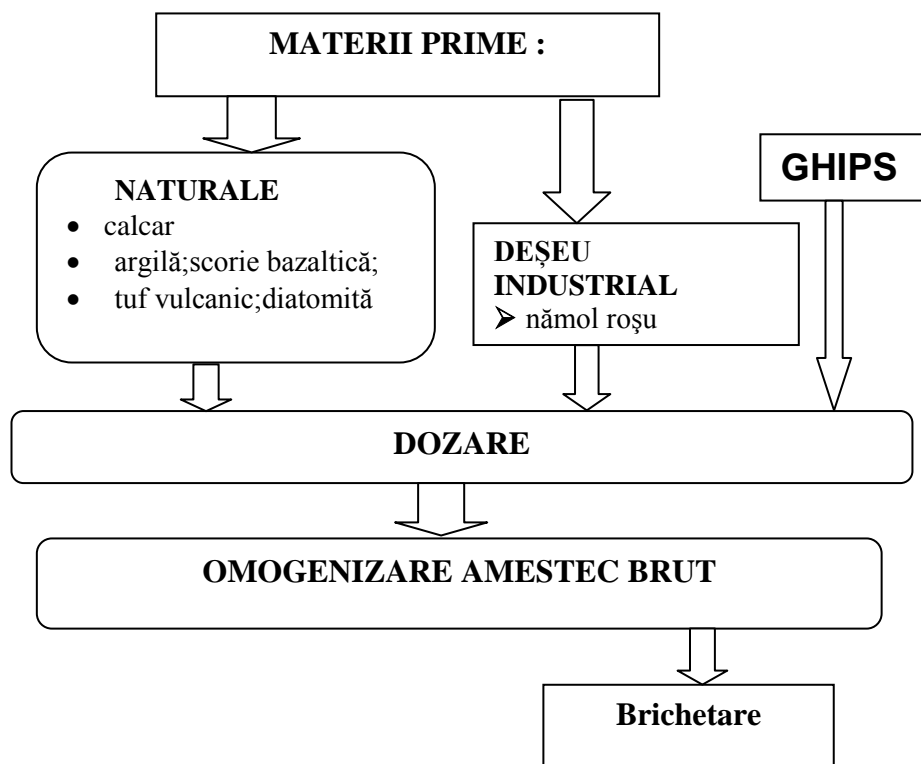


Fig. 4.1. Analiza microscopică a argilei de Bodoc

Prepararea amestecurilor de materii prime s-a efectuat conform fluxului tehnologic din fig. 4.2.



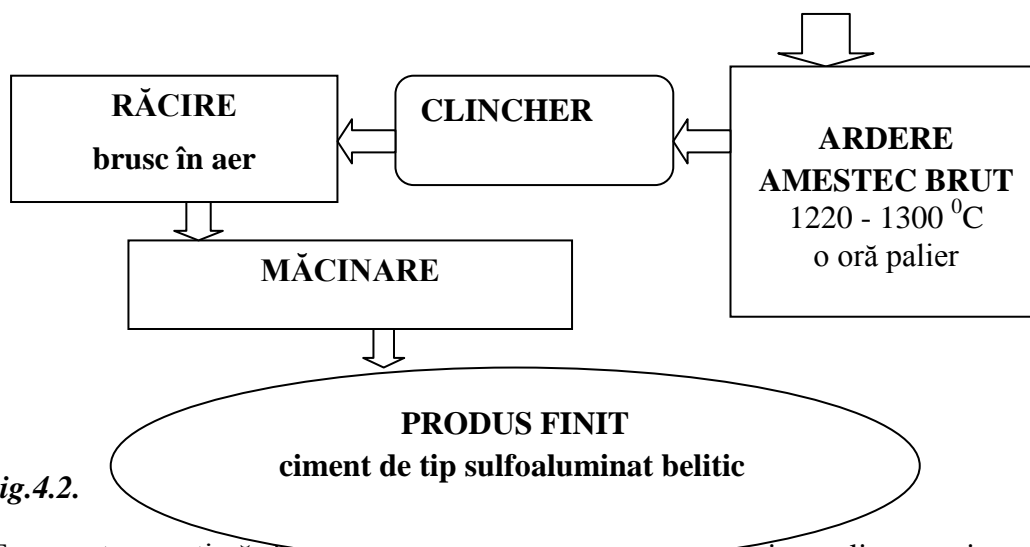


Fig.4.2.

Temperatura optimă de ardere a amestecului brut a stabilit prin analize termice, ex. Fig.

4.3.

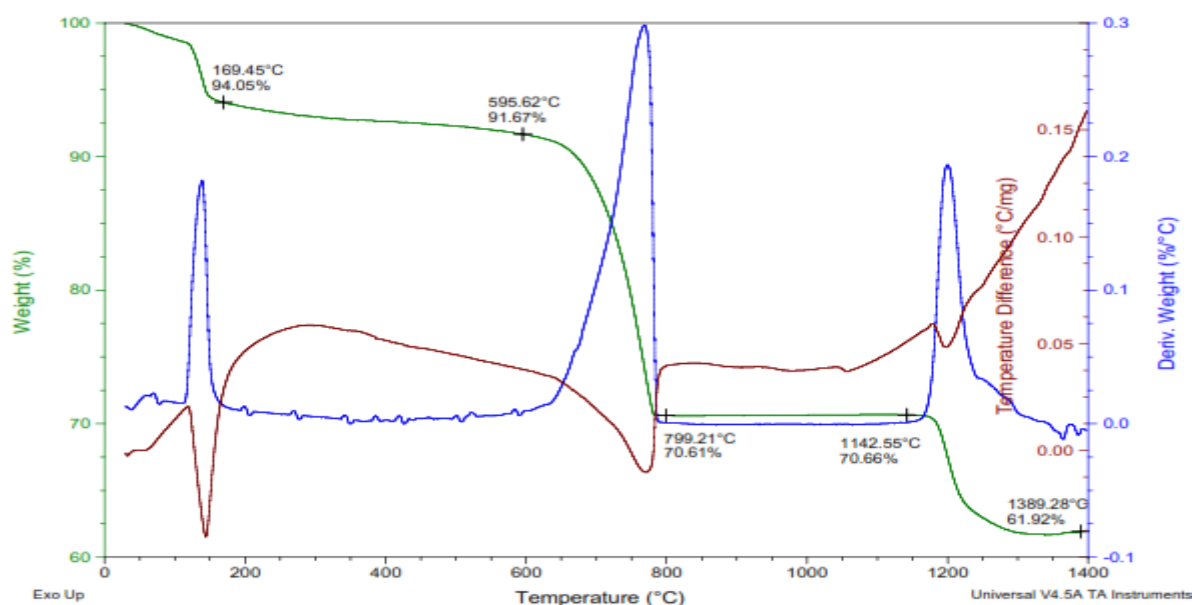


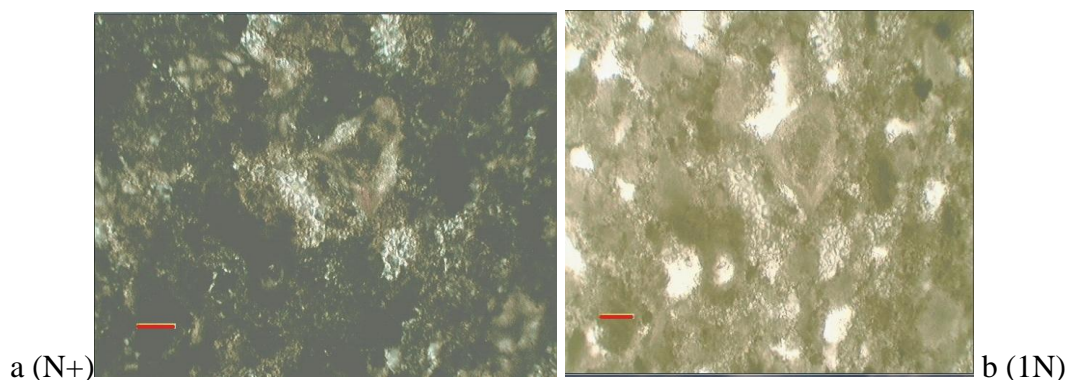
Figura 4.3. A.T.D. Proba C3 (calcar 54,35% +23,37 % tuf vulcanic +22,28 % ghips)

Pe baza analizei atente a derivatogramelor efectuate pe amestecuri brute s-a stabilit domeniul optim de sinteză al maselor liante cercetate. Se observă că, temperatura de ardere maximă nu trebuie să depășească 1300°C, pentru a se evita descompunerea compusului valoros, sulfoaluminat de calciu (yelenit).

## 5. CARACTERIZAREA CLINCHERELOR

Caracterizarea mineralogică a clincherelor s-a făcut extrem de amănunțit cu ajutorul **microscopiei optice** și a **anizei difractomtrice de raze X**. Astfel rezultatele obținute s-au putut compara și completa reciproc.

Rezultatele examinării petrografice a maselor arse, din amestecurile brute preparate anterior (cap.4) sunt prezentate cronologic. Ex. **fig.5.1**.



**Figura.5.1.** Proba1, (52,88% calcar;7,09% argilă; 40,03% ghips, 1220<sup>0</sup>C) , 50 μm



**Figura.5.1.** Proba1, (52, 88% calcar;7,09% argilă; 40,03% ghips, 1220<sup>0</sup>C) , 50 μm

Se observă particule corodate de belit III {a (N+) și b (1N); cuiburi de belit alb-gălbui și un cuib de belit II,

Cuiburile de belit III au dimensiuni în jur de 50 μm și culori pleocroice de la galben brun la galben. Porii sunt circulari, intens alungiți tapetați cu sulfați alcalini, cu birefringența gri-albicioasă (vezi fig.5.1. c).

Matricea clincherului este de culoare mai închisă, în cantități foarte reduse în jurul cristalelor de belit și este reprezentată de cristale galben-brune de brownmilit asociate cu o cantitate mai redusă de celit (alumiinați izotropi) și foarte puțină fază vitroasă.

Examinări similare s-au efectuat la toate probele de clincher.

În concluzie, pe baza analizei petrografice, se poate afirma, că în toate masele sintetizate s-a identificat  $C_4A_3\bar{S}$ , care cristalizează în sistemul cubic, cu indice de refracție ridicat

Spre deosebire de datele din literatură, în aceste mase se caracterizează printr-un pleocroism galben.

$C_4A_3\bar{S}$  poate forma ușor soluții solide cu  $Fe^{3+}$  (înlocuiește  $Al^{3+}$ ) sau cu ioni de  $Mn^{2+}$  (poate substitui  $Ca^{2+}$ ), motiv pentru care apare ușor colorat în matricea verde-brună a acestor mase.

Belitul sub diferite forme polimorfe (BI, Bii și BIII), alături de fazele feritice ( $C_2F - C_4AF$ ) sunt prezenți în marea majoritate a maselor sintetizate.

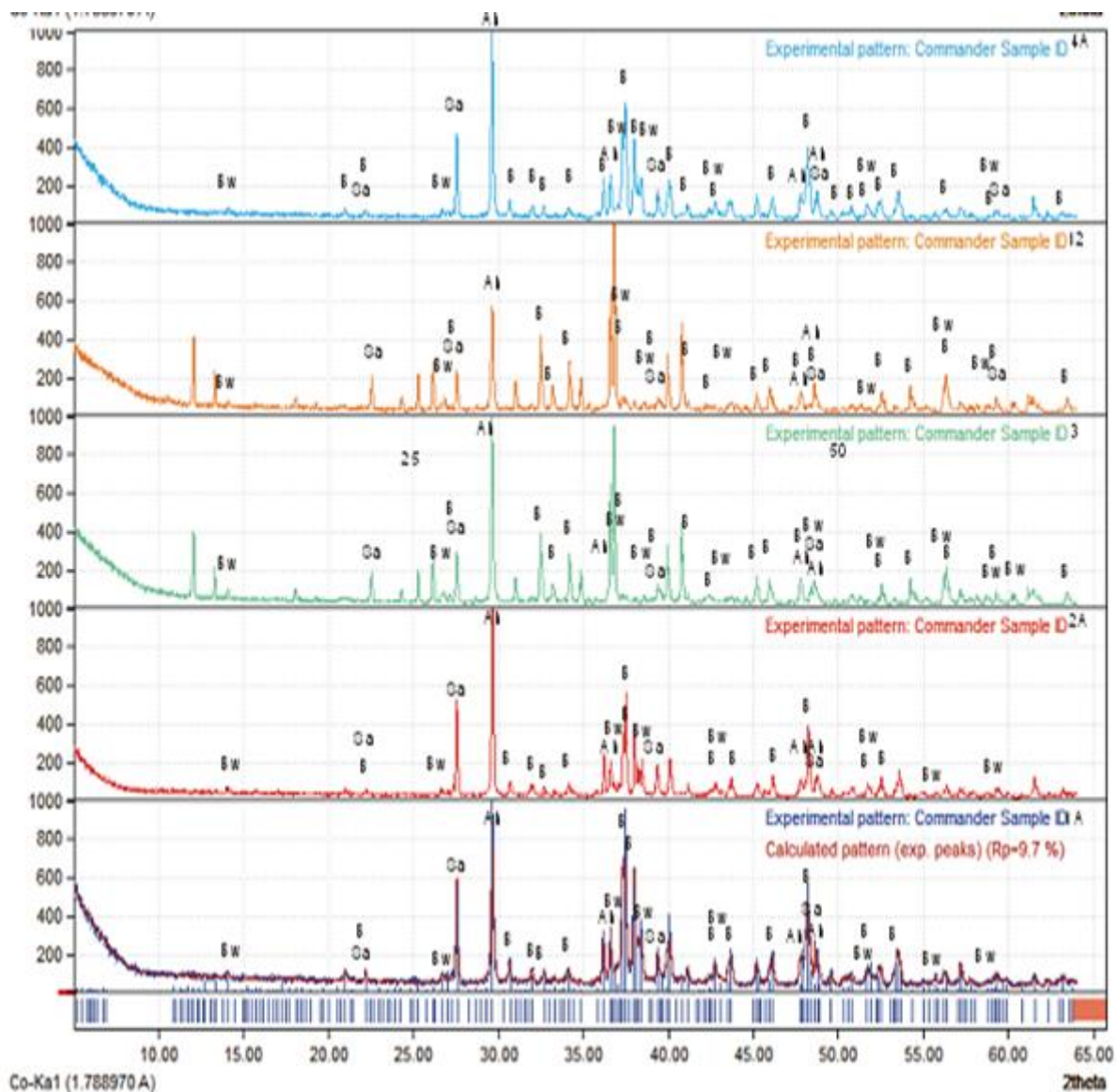
Faza vitroasă apare în cantități extreme de reduse chiar și în masele arse la temperaturi mai înalte ( $1300^{\circ}C$ ). Masele liante sunt foarte poroase și friabile.

Analizele difractometrice au permis identificarea fazelor cristaline, care petrografic, uneori se confundă. Ca de exemplu,  $C_4A_3\bar{S}$  se poate confunda cu alitul sau anhidritul.

În Tabelul 5.1 sunt prezentate calitativ principalele faze mineralogice identificate în probele arse la temperatura de  $12400C$  (ultimile două probe arse la temperaturile specificate în tabel).

În concordanță cu analiza microscopică, în toate masele s-au identificat:

$\beta -C_2S$ ,  $CaSO_4$ ,  $C_4A_3\bar{S}$ , și  $C_4AF$ . În câteva probe au fost găsite și urme de aluminați și silicoaluminați, ne semnificative ca proprietăți liante.



**Figura 5.2.** Difractogramele probelor cu conținut variabil de argilă:  
 1-7,09 %; 2- 10,88 % ; 3 -0,05 % argilă,, 12 -2,74 % și 4-2,60 %;.

Notații: Sa= sulfoaluminat, B= belit, Bw= brownmillerit, Ah= anhidrit

Fazele minerale ale clincherelor determinate prin difractometrie sunt prezentate în **tabelul 5.1.**

**Tabel 5.1.** Centralizarea determinarilor cantitative ale fazelor minerale din clinchere

Proba	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> S	C <sub>4</sub> A <sub>3</sub> $\bar{S}$	C <sub>4</sub> AF	C $\bar{S}$	Alitul etalon	Belitul etalon
1240 <sup>0</sup> C	38.9	23.4	8.9	11.6	17.1	73-0599	70-0388 monoclinic

1	35	28.7	8	20.4	15.4	73-0599	70-0388 monoclinic
2	44.5	14.2	9.8	12.7	18.8	84-0594	77-0382 ortorombic
3	39.9	23.1	8.8	11.4	16.9	73-0599	83-0465 monoclinic
4	39.9	23.1	8.8	11.4	16.9	73-0599	83-0465
5	39.9	23.1	8.8	11.4	16.9	73-0599	83-0465
6	39.9	23.1	8.8	11.4	16.9	73-0599	83-0465
7	35.7	31.1	7.9	10.2	15.1	73-0599	83-0465 monoclinic
8	34.8	31.8	8	10.4	15.3	70-1846	70-0388 monoclinic
11	35.7	31.1	7.9	10.2	15.1	70-1846	83-0465 monoclinic
11 - 1260°C	36.4	30.8	7.8	10.1	15	70-1846	77-0388 monoclinic

**Obs.** Ultimile două coloane conțin codurile etalon ale mineralelor utilizate la identificare.

**In concluzie**, pe baza analizelor petrografice și cele de raze X, se poate afirma că, masele sintetizate sunt sulfoaluminat belitice. Acestea conțin compusul  $C_4A_3\bar{S}$ , alături de anhidrit și în cantități importante belit și brownmillerit.

Belitul apare sub toate cele trei forme B-I, B-II și B-III întâlnite frecvent și în clinchere normale. BI – cristale alungite, cu strițiuni în două sensuri, caracteristic temperaturilor mai înalte; B-II – cristale rotunjite cu strițiuni într-un sens, caracteristic temperaturilor mai joase și B-III sub forma unor pete brune, care înconjoară particulele de B-I.

Intre analizele de microscopie optică (petrografice) și cele difractometrice se observă o bună concordanță, rezultatele completându-se, de cele mai multe ori.

## 6. CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE ALE CIMENTURILOR



Pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice, specifice maselor de tip sulfoaluminat belitic sintetizate s-au selectat, ca bază, masele liante C1- C5 arse la 1300<sup>0</sup>C, iar pentru comparație s-au ales mase cu compoziție oxidică asemănătoare arse la temperatura de 1240<sup>0</sup>C. Diferența de temperatură la ardere, așa cum s-a vazut din analiza petrografică și cea roengenografică, nu creează mari deosebiri în compoziția mineralogică a acestora. Cantitatea de fază vitroasă este însă influențată pozitiv, odata cu creșterea temperaturii.

Densitatea maselor liante depinde esențial de natura materiilor prime din amestec, respectiv de natura și proporția oxizilor metalici constituenți. In funcție de compoziția amestecului în sistemul liant se vor forma minerale cu densități specifice.

**Tabel 6.1.** Densitatea specifică a unor cimenturi

Proba Nr.	Amestec, %						Densitate [g/cm <sup>3</sup> ]
	Calcar	Ghips	Diatomit	Tuf	Nămol	Scorie	
5	59,42	23,53	8,97	-	8,08	-	3,08
7	46,40	48,91	-	-	-	4,69	2,95
8	42,05	51,37	-	-	6,20	0,38	3,04
11.	46,55	42,88	-	10,57	-	-	2,91
C1	48,90	14,43	-	-	-	36,67	2,95
C2	54,08	32,22	13,70	-	-	-	2,84
C3	54,35	22,28	-	23,37	-	-	3,03
C4	54,66	12,83	-	-	0,98	31,53	3,05
C5	47,45	30,70	-	-	1,19	20,66	2,92

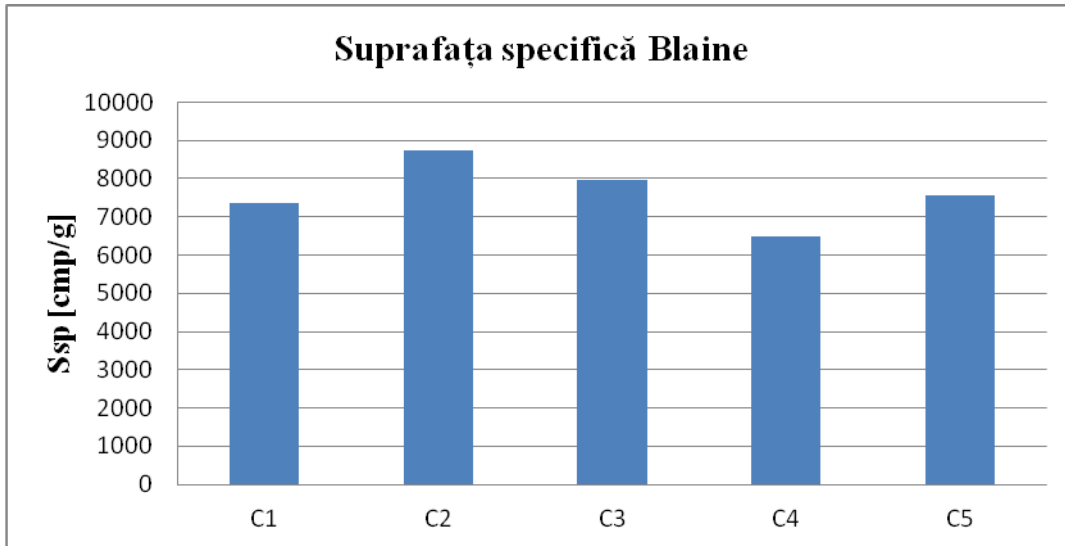
**Finețea de măcinare** a cimenturilor este importantă pentru interacția cu apa, la întărirea pastelor de ciment. Procesele de hidratare-hidroliză și transformarea compușilor anhidrii în hidrocompuși pot fi accelerate la o finețe avansată ( Bouzidi, Mohamed Amin, 2014; Teoreanu Ion ș.a., 1987)

Finețea de măcinare a maselor liante s-a apreciat prin suprafața specifică Blaine și distribuție granulometrică.

**Tabel 6.2.** *Suprafețe specifice Blaine ale cimenturilor*

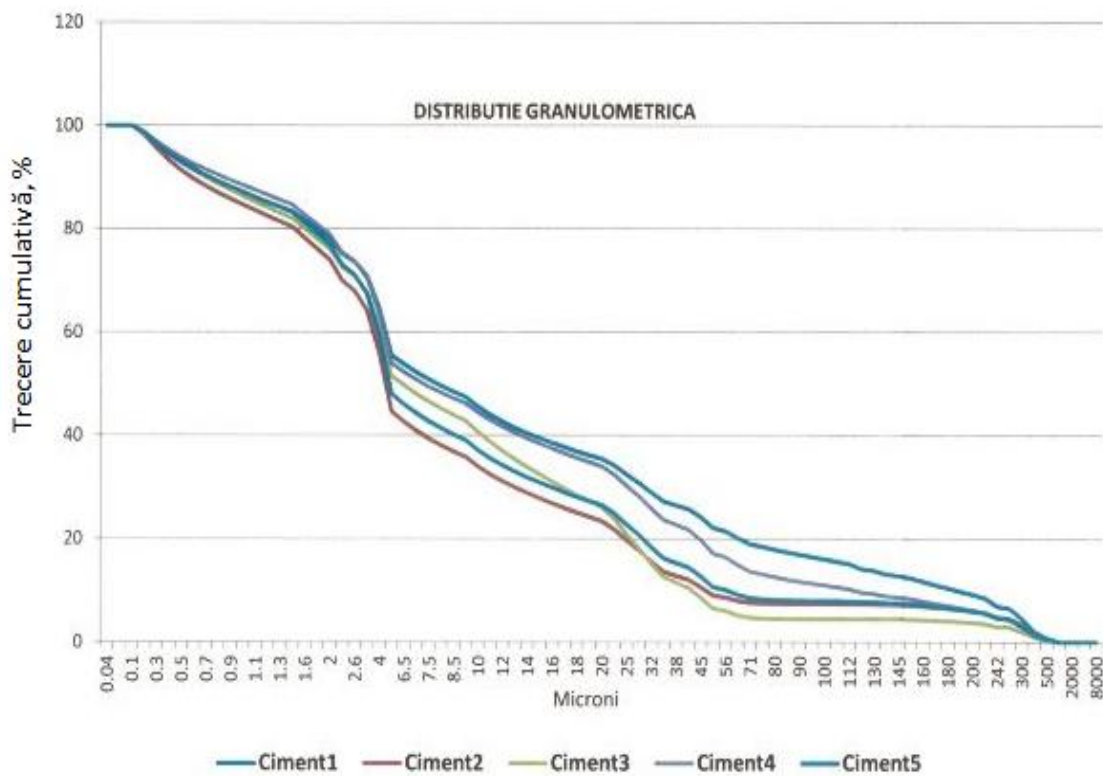
Nr. crt.	Ciment/ temperatură, [°C]	Suprafața specifică , [cm <sup>2</sup> /g]
1.	5 -1240 <sup>0</sup> C	9580
2.	7 -1240 <sup>0</sup> C	9845
3.	8 -1240 <sup>0</sup> C	9610
4	11 - 1240 <sup>0</sup> C	9980
5	C1- 1300 <sup>0</sup> C	7367
6	C2- 1300 <sup>0</sup> C	8745
7	C3- 1300 <sup>0</sup> C	7963
8	C4- 1300 <sup>0</sup> C	6501
9	C5- 1300 <sup>0</sup> C	7553

**Suprafața specifică**, la măcinarea în condiții identice, evidențiază influența temperaturii de ardere asupra aptitudinii la măcinare (compozițional, masele liante fiind destul de apropiate). Masele 5,7,8 și 11 sunt mult mai friabile comparativ cu masele arse cu 60<sup>0</sup>C mai sus, C1-C5. In aceste mase (5,7,8 și 11), așa cum s-a observat și din analiza petrografică, proporția de fază vitroasă este extrem de redusă în comparație cu masele C1-C5 arse la 1300<sup>0</sup>C.



**Figura 6.1.** Suprafața specifică Blaine a probelor de ciment C1-C5

**Distribuția granulometrică** s-a urmărit doar pe masele C1, C2, C3, C4 și C5 arse la 1300°C, care au prezentat diferențe mai mari ale valorilor suprafeței specifice Fig.6.2.



**Figura 6.2.** Distribuția granulometrică a cimenturilor C1-C5

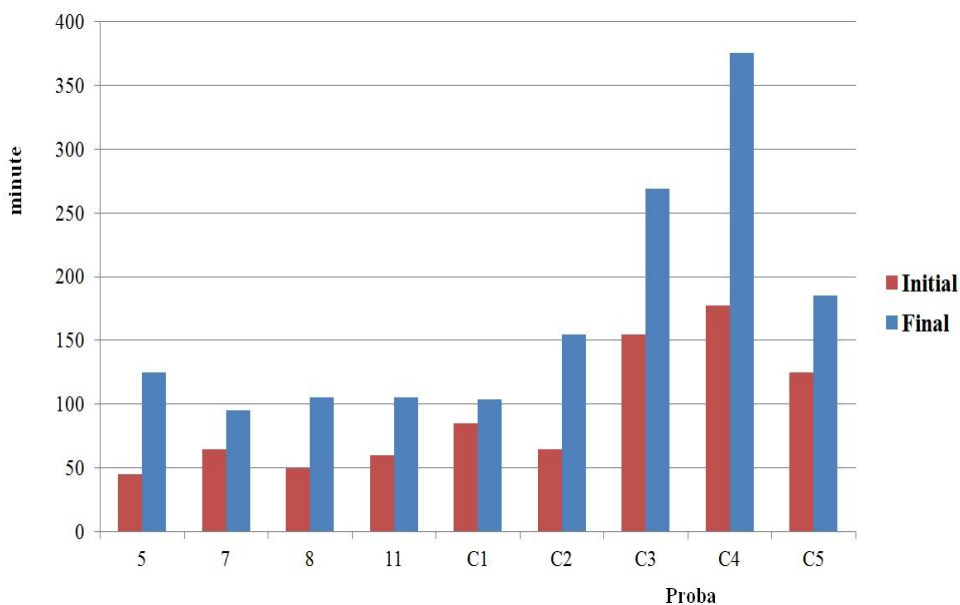
Aliura curbelor de distribuție este asemănătoare., deși valorile trecerilor cumulative sunt destul de diferite, așa cum se poate observa. De altfel, și ponderea particulelor mai mici ca 32 μm este destul de diferită, dar în bună corelație cu suprafețele specifice ale cimenturilor.

**Căldura de hidratare** este influențată de finețea de măcinare, compoziția mineralogică, compoziția oxidică, caracteristicile modulare, raportul apă / ciment.

**Apa de de consistență normală** este cea care asigură plasticitatea optimă a pastelor de ciment (xxx SR EN 196-3 ). Această mărime depinde de proporția de compuși activi hidraulici ai cimentului, dar și de suprafața specifică. Apa de consistență normală depinde esențial și de proporția și natura compușilor mineralogici. Valorile obținute pot fi explicate dacă se ia în considerație compoziția mineralogică

**Constanța de volum (Stabilitatea)** Stabilitatea maselor realizate este bună și chiar foarte bună, așa cum era de așteptat.

**Timpul de priză** timpul de priză este afectat de aceiași factori ca și apa de consistență normală : compoziția mineralogică a cimentului, în particular proporția de sulfataluminat de calciu, suprafața specifică și starea dispersională a cimentului.



**Figura 6.3.** Timpul de priză [minute] pentru diferite cimenturi

### Rezistența la compresiune

Cimenturile experimentale investigate au dezvoltat rezistențe mecanice diferite, în funcție de compoziția lor mineralogică, temperatura de ardere și finețea de măcinare – suprafața specifică,

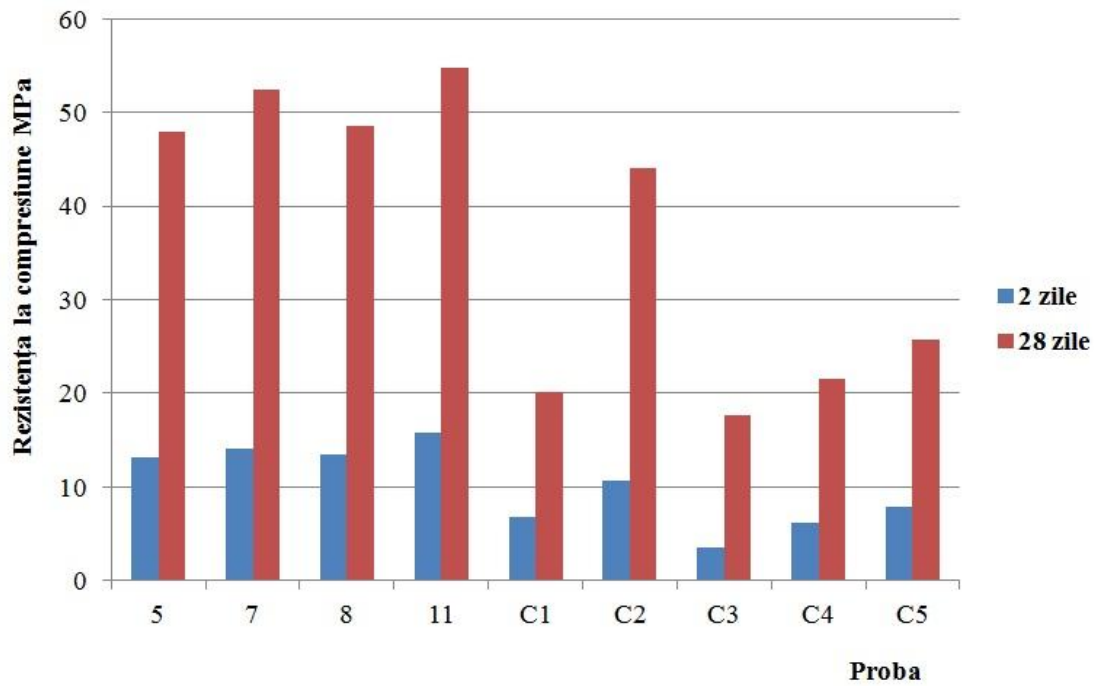


Fig. 6.4. Rezistența cimenturilor la compresiune, Mpa

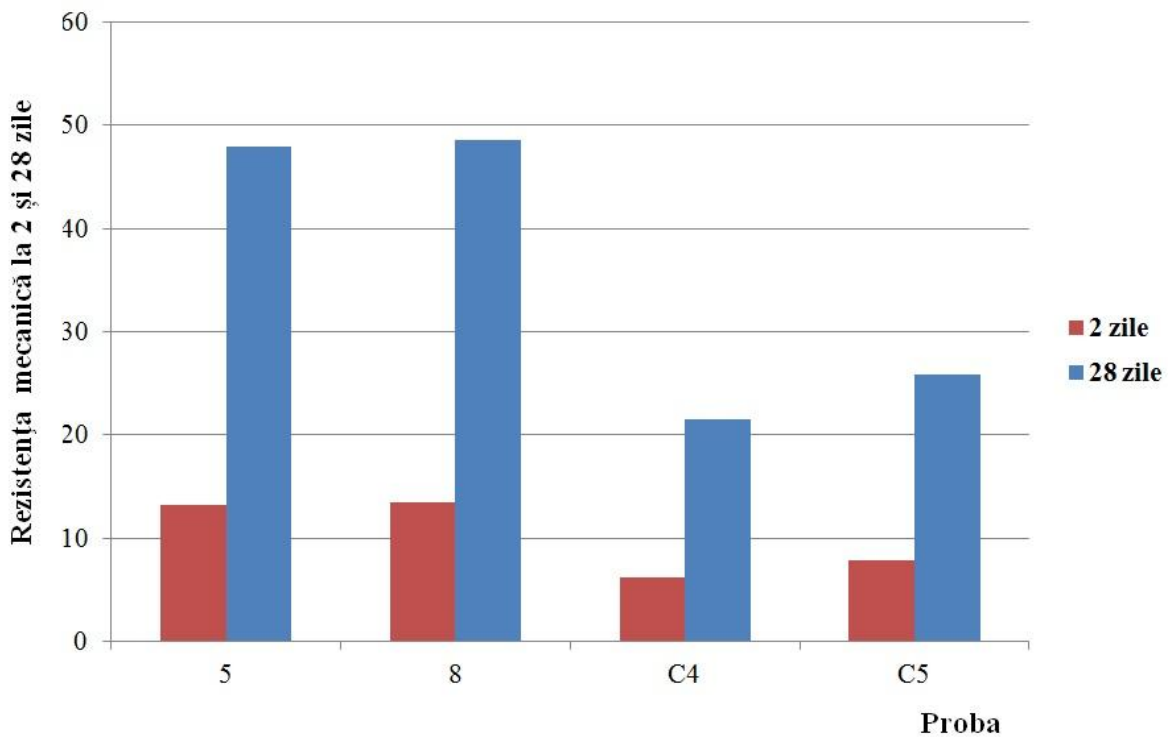


Figura 6.5. Rezistența mecanică la 2 zile și 28 zile

## CONCLUZII

În urma analizei rezultatelor obținute s-au putut trage următoarele concluzii. mai importante, în conformitate cu capitolele dezvoltate pe parcursul realizării lucrării:

➤ Importanța obținerii de cimenturi cu consum redus de energie, în contextul actual al dezvoltării producției de ciment, respectând un nivel redus al emansiilor gazelor de seră, în particular al dioxidului de carbon, a condus la ideea dezvoltării de noi cimenturi economice și ecologice.

➤ S-a făcut o clasificare sistematică a cimenturilor cu consum redus de energie, pe baza datelor de literatură, în cimenturi mixte și unitare.

➤ O atenție deosebită s-a acordat cimenturilor unitare sulfataluminat belitice, care prezintă o serie de avantaje comparativ cu cimentul portland: sunt necesare temperaturi de ardere mai mici ( $1200-1250^{\circ}\text{C}$  în loc de  $1450-1500^{\circ}\text{C}$ ), conține cu 15-20% mai puțin calcar în amestecul brut' se reduc emisiile de  $\text{NO}_x$  și de  $\text{CO}_2$  cu implicații pozitive asupra efectului de seră, iar aptitudinea la măcinare este cu 40% mai mică ca pentru cimentul portland, datorită conținutului redus de fază vitroasă -cap.1.

➤ Materiile prime testate pentru a se folosi la realizarea cimenturilor SAB sunt resurse minerale indigene ca: argila de la Bodoc, calcar de Vârghiș, diatomită de la Filia, scorie bazaltică - Racoșul de Jos, tuf vulcanic - Racoșul de Sus și ghips - Nucșoara. Ca deșeu industrial s-a folosit nămolul roșu de la Oradea-cap.2.

➤ Metodele de cercetare utilizate sunt cele uzuale în industria cimentului și sunt prezentate succint în cap.3

➤ Caracterizarea materiilor prime s-a făcut atât din punct de vedere chimic (analize chimice, EDAX), cât și petrografic (microscopie optică).

➤ Calculul compozițional al amestecului s-a făcut folosindu-se formula Bogue modificată (Anexa 2). S-au realizat 17 amestecuri prin combinarea materiilor prime naturale și a nămolului roșu (șase amestecuri).

➤ Compozițiile oxidice ale amestecurilor brute s-au realizat astfel încât, să se păstreze aceeași compoziție oxidică pornind de la materii prime diferite, pentru a observa și influența naturii materiilor prime; ca de exemplu: amestecul 5 (59,42% calcar; 8,08% nămol; 8,97% diatomit și 23,53% ghips), cu compoziție oxidică identică cu amestecul 11 (46,55% calcar; 10,57% tuf și 42,88%ghips) și cu amestecul C4 (54,66% calcar; 0,98% nămol; 31,53% scorie și 12,83% ghips).

➤ Stabilirea condițiilor de sinteză ale maselor de amestec brut s-a făcut pe baza analizelor termodiferențiale, luând în considerație transformările fizico-chimice din amestecurile selectate. S-au urmărit, transformările care au avut loc la temperatura de 1220<sup>0</sup>C, 1240<sup>0</sup>C, 1260<sup>0</sup>C 1300<sup>0</sup>C, palier o oră la temperatura maximă.

➤ Derivatogramele amestecurilor brute au evidențiat faptul că, este suficientă o temperatură de ardere de 1200<sup>0</sup>C pentru a se forma în sistem compusul valoros, yelmenit,  $C_4A_3\bar{S}$ . Temperaturi mai ridicate pot determina plecare din amestec a SO<sub>3</sub> cauzată de disocierea CaSO<sub>4</sub>. În majoritatea probelor se observă un început al apariției fazei vitroase (topire) la temperaturi de peste 1200<sup>0</sup>C.

➤ Între analizele de microscopie optică (petrografice) și cele difractometrice se observă o bună concordanță, rezultatele completându-se de cele

mai multe ori. Pe baza acestora se poate afirma că, masele sintetizate sunt sulfoaluminat belitice. Acestea conțin compusul  $C_4A_3\bar{S}$ , alături de anhidrit și în cantități importante belit și brownmillerit.

➤  $C_4A_3\bar{S}$  poate forma ușor soluții solide cu  $Fe^{3+}$  (înlocuiește  $Al^{3+}$ ) sau cu ioni de  $Mn^{2+}$  (poate substitui  $Ca^{2+}$ ), motiv pentru care apare petrografic, ușor colorat în matricea verde-brună a acestor mase.

➤ În toate clincherele cercetate petrografic și mineralogic (raze X) s-au identificat cristale de belit. Acesta apare sub toate cele trei forme B-I, B-II și B-III întâlnite frecvent și în clinchere normale. B-I – cristale alungite, cu striiațiuni în două sensuri, caracteristic temperaturilor mai înalte; B-II – cristale rotunjite cu striiațiuni într-un sens, caracteristic temperaturilor mai joase și B-III sub forma unor pete brune, care înconjoară particulele alungite de B-I. Dimensiunile cristalelor de belit pot varia în limite largi, de la 20-50  $\mu m$  până la formațiuni de 100-150  $\mu m$ .

➤ Feriții și feritaluminații de calciu (în particular brownmilleritul) sunt și ei prezenți alături de belit, ymenit și anhidrit în masele sintetizate. Compoziția acestora se modifică în funcție de proporția de oxid de fier din amestec în domeniul soluțiilor splide cunoscute:  $C_2F - C_4AF$ .

➤ În majoritatea probelor apar și cristale de alit sub forma unor mici grupuri la suprafața cristalelor de belit (aureole) sau grupate în porii matricei, având dimensiuni în jur de 25  $\mu m$ . Prezența nămolului în amestecul brut de materii prime, ca și a diatomitului și/sau tufului vulcanic a facilitat formarea unor cristale de alit – vezi și Anexa 3.



➤ Faza vitroasă apare în cantități extreme de reduse chiar și în masele arse la temperaturi mai înalte ( $1300^{\circ}\text{C}$ ). Prin urmare, masele liante sunt foarte poroase și friabile, având o bună aptitudine la măcinare.

➤ Principalele caracteristici fizico-mecanice ale cimenturilor ca, densitatea, suprafață specifică Blaine, căldura de hidratare, constanța de volum, timpul de priză și rezistența mecanică la compresiune depind esențial de o serie de parametri, cum sunt:

- compoziția oxidică și respectiv, natura componentelor amestecului brut, conținutul în oxizi fondanți ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , oxizi alcalini) etc.,

- temperatura de sinteză, proporția de fază vitroasă; prezența compușilor activi hidraulici la termeni inițiali de hidratare: alit, ylmenit,  $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ , ca și a celor determinanți ai rezistențelor finale, la termene mari: belit, brownmilit.

- finețea de măcinare și ponderea particulelor sub  $30\mu\text{m}$ , care asigură o interacție rapidă cu apa și influențează, apa de consistență normală, căldura de hidratare, stabilitatea, timpul de priză și caracteristicile mecanice ale pastelor de ciment.

➤ Deosebit de însemnată este comportarea maselor care conțin proporții variabile de nămol roșu, nămol nefelinic sau belitic. Influența pozitivă a deșeurilor de nămol se observă mai bine la masele 5 - $1240^{\circ}\text{C}$ , cu rezistența mecanică  $13,20\text{ MPa}$  la /2zile și  $47,90$  după 28 de zile și masa 8 - $1240^{\circ}\text{C}$  cu rezistențe asemănătoare  $13,50\text{ MPa}$  la /2zile și  $48,60$  după 28 de zile.

- Nămolul favorizează apariția alitului în sistem. El conține belit preformat și poate iniția ușor apariția cristalelor de alit, conform reacției în fază solidă  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 + \text{CaO} \rightarrow 3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ .
- Alitul, chiar în cantități mici, favorizează atât rezistențele inițiale, la numai două zile de întărire, cât și rezistențele finale de la 28 de zile de întărire.
- Luând în considerație principalele proprietăți fizico-mecanice ale cimenturilor realizate, de tip SAB, se poate afirma că temperatura optimă de sinteză este sub  $1300^\circ\text{C}$ . Din punct de vedere al aptitudinii la măcinare, analizând și proprietățile fizico-mecanice ale cimenturilor se preferă sinteza la  $1240^\circ\text{C}$ , când nu apare o cantitate vizibilă de fază vitroasă.
- Masele 5 - $1240^\circ\text{C}$  și 8 - $1240^\circ\text{C}$  care au în compoziție 8,08% și respectiv 6,20% de nămol roșu (deșeu nefelinic) s-au comportat foarte bine.

Ca o concluzie generală, se poate afirma că, **scopul lucrării**, acel al folosirii unor resurse minerale indigene și a unui deșeu industrial în producerea de cimenturi speciale, de tip sulfoaluminat belitic, cu implicații economice și ecologice a fost îndeplinit.

Masele liante obținute au manifestat proprietăți mecanice bune și foarte bune, o stabilitate ridicată, prezentând o compensare a contracției pastelor la întărire.

#### **BIBLIOGRAFIE selectivă**

Aitcin Pierre-Claude (2000). „Cements of yesterday and today: Concrete of tomorrow”. *Cement and Concrete Research* **30** (9), 1349–1359.

Dan Elena, Bedo Maria, Muntean Marcela and Sharp H John (1997). “Effect of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{SO}_3$  content on sulfoaluminate-belite clinkers. Hydration and hardening behaviour of some belite cements. *Inst.Mater.Cement and Concrete Science*. Leeds, 8-9th Sept.

Dan Elena, Muntean Marcela (2002), “Investigații asupra rezistenței la coroziune a cimenturilor sulfoaluminat belitice”/Investigation on the corrosion behaviour of some sulfoaluminate belite cements”. *Revista Romana de Materiale*. București 32 (4),263-273.

Dan Elena (2004), “Durabilitatea cimenturilor de joasa energie din materii prime ce includ deseuri industriale”, Teza de doctorat, cond st. prof. Marcela Muntean, Universitatea Politehnica București, Facultatea de Chimie Industrială.

Eustafievici Marius, Muntean Marcela (2003), “Tendințe noi în dezvoltarea lianțurilor ecologice”. *Revista Romana de Materiale*. București 33 (2), 112-120.

**Halmagyi Timea**, Mosonyi Emilia, Fazakas Joseph, Spătaru Mariana, Goga F, (2016) ”Characterisation of cements from dominantly volcanic raw materials of the Carpathian bend zone”, *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*, Vol. 44 (2), 135-139.

Janotka Ivan, L. Krajčí, S. C. Mojumdar (2007), „Performance of sulphoaluminate-belite cement with high  $C_4A_3\bar{S}$  content”, *Ceramics – Silikáty*, 51 (2), p. 74-81.

Kühl Hans (1933), „Der Kalkstandard der Portlandzemente”. *Tonindustrie- Zeitung* 57, Heft 40, S. 460- 464.

Lawrence C. David, Sharp H. John, Muntean Marcela (1995), Low-energy consumption cements, The 2<sup>nd</sup> International Seminary in Construction Industry, Building Materials and Urban Development, 5-7 Aug., Hanoi, vol.2, 1-25

Mosonyi Emilia, Spataru Mariana, **Halmagyi Timea (2016)**, “Chemical-Mineralogical Characterisation of Belites from experimental SAB clinkers”. *Studia UBB Chemia*, LXI/ 4: 163–176.

Muntean Marcela, Dragnea Ion, Teoreanu Ion (1977). "L'azione del  $FeSO_4$  nella cottura di miscele di ossidi nel sistema  $CaO (CaCO_3) - SiO_2$ ". (Action on oxidic mixtures burning in the system  $CaO(CaCO_3)-SiO_2$ ). *Il Cemento*. Italia, 74(2), 53-58

Muntean Marcela, Sudrigean Traian, Dan Elena, Dinulescu Mihai, Bedo Maria (1990), ”Cercetări privind valorificarea adaosurilor hidraulice active în industria lianțurilor” ., *Materiale de Construcții*., București 20(4), 219 – 233.

Muntean Marcela (1998), “Hydraulic activity of  $4CaO.3Al_2O_3.SO_3$  sintered at different temperatures”. *Materiale de Construcții*. București 28 (4), 277 -280.

Muntean Marcela, Paul Florica, Novac Carmen (1999), “Sintering condition and hydraulic activity of  $4CaO.Al_2O_3.SO_3$ ”. *Advanced Science and Technology of Sintering*, 283-287, Kluwer Academic / Plenum Publishers.

Muntean Marcela (2009), “*Știința materialelor oxidice*”. Editura Printech, București.

Sharp H. John, Muntean Marcela, Frantisek Hanic. Contract ERB, CIPA CT94-0105 “*Novel Low Energy Cements Based on Belite*”, 1994-1998.

Solacolu Serban (1968), ”*Chimia fizică a silicaților tehnici*”, Ed. Tehnică, București.

Solacolu Serban, Florica Paul, Melania Guțul, Marcela Muntean (1996). "Procese de întărire în sistemul CA - C<sub>2</sub>S - C<sub>4</sub>AF". (Hardening processes in the CA - C<sub>2</sub>S - C<sub>4</sub>AF system). *Materiale de Construcții*. București 26(2), 1051-1058.

Teoreanu Ion, Moldovan Vasile, Georgescu Maria, Muntean Marcela și Puri **Anne Marie** (1972), "Bazele fizico-chimice ale întăririi lianților anorganici, Ed. Did.Pedg, București.

Teoreanu Ion, Muntean Marcela (1985). "Cimenturi expansive cu utilizarea cenușilor de termocentrală și a fosfogipsului". *Materiale de Construcții*, 15(3), 135-149.

Teoreanu Ion, (1993), "*Bazele tehnologiei lianților anorganici*", Editura Didactică și Pedagogică, R.A.-București.

Teoreanu Ion, Muntean Marcela (1983), "Expansive Sulphate Aluminate Cements", *Cement and Concret Researches*.13, 711–200

## LISTA DE PUBLICAȚII ȘI PROIECTE REALIZATE

### Articole publicate în reviste cotate ISI

1. Emilia Mosonyi, Jozsef Fazakas, Maria Spataru, **Timea Halmagyi**  
*Chemical – mineralogical characterisation of belites from experimental SAB Clinkers*, STUDIA CHEMIA – Issue no. 4 /2016, (pg. 163-176)  
Impact Factor: 0.224
2. **Timea Halmagyi**, Emilia Mosonyi, Jozsef Fazakas,  
*New Experimental Sulfoaluminate Clinkers drom Natoral Raw Material Mixtures*,  
Studia Universitatis Babes-Bolyai, Seria Chemia (2018)

### Articole publicate în reviste cotate BDI+

1. **Timea Halmagyi**, Emilia Mosonyi, Jozsef Fazakas, Maria Spataru, Firuta Goga  
*Characterisation of Cements from Dominantly Volcanic Raw Materials of the Carpathian Bend Zone*, Hungarian Journal of Industry and Chemistry, **Vol 44, No 2 (2016)** pg. 135-139

### Proiecte conduse și realizate ca manager de proiect

1. Centru Materno-Infantil la Spitalul Tg.Secuiesc..... 2000 – 2006
2. Modernizare drum inclusiv lucrari tehnico-edilitare str. Jozsef Attile, Sf.Gheorghe..... 2001-2007
3. Modernizare internat baieti, liceul de arta Sf.Gheroghe.....2005-2007
4. Canalizarea localitatii Ghidfalau si Zoltan- investitie noua, judetul Covasna.....2004-2006

5. Reamenajare parter+etaj la sediul, Consiliului Judetean Covasna.....2005
6. Reabilitare si extindere școala Tókéş J. Malnaş sat.....2007-2008
7. Reconstrucție școala cu cl.I.-IV.+GPN Valea Zălanului.....2006-2007
8. Reabilitare ateliere școlare 138 GS Economic Administrativ „Berde Aron” – Sf.Gheorghe..2006-2008
9. Reconstrucție școala cl. I-IV si gradinita, sat Bobolii de Sus, comuna Borosneu Mare, jud Covasna..  
.....2006-2007
10. Reabilitare DC 28 km 1+000-2+100, DN 12 Zoltan.....2006-2009
11. Canalizare menajera in Comuna Varsag, Judetul Harghita.....2007-2011
12. Executie covor asfaltic DN 13E km 30+332-37+619,59+000-61+000.....2007-2008
13. Modernizare internat fete, liceul de arta Sf.Gheorghe.....2007 – 2009
14. Spatii de invatamant la extensia universitara Sf Gheorghe..... 2007-2013
15. Modernizare drumuri forestiere, Ilieni, jud. Covasna.....2008-2009
16. Lucrari asfaltarea străzii Bisericii din oraşul Intorsura Buzăului.....2008
17. Reparatii parte carosabila pe suprafete intinse cu mixtura asfaltica pe raza SDN Sf.Gheorghe..... 2008
18. **REABILITARE DRUMURI SI ALEI IN ZONA DE BLOCURI DELIMITATA DE STRAZILE LIBERTATII-BRAZILOR-PETOFI SANDOR..... 2008**
19. Canalizare si statie de epurare in Comuna Haghig.....2009-2016
20. Canalizare menajera si statia de epurare,comuna Ghelinta,jud.Covasna.....2009-in curs de executie
21. Strada Europa – Modernizare strazi in comuna Chichis.....2008-2009
22. Modernizare drum judeţean DJ 121 B,Sfântu Georghe-Arcuş, km 0+600-2+900..... 2009-2010
23. Lucrări de reabilitare drumuri și parări în strada Unirii, oraş Covasna.....2009
24. Covor asfaltic pa DN 11B km 10+945-20+220.....2009
25. Reabilitare drumuri si parcari in zona Voinesti, oras Covasna.....2009
26. Lucrari de reparare drumuri in municipiul Sfântu Gheorghe prin reinnoirea capacelor caminelor de vizitare.....2009-2011
27. Lucrari de reabilitare si amenajare parcari din municipiul Sfântu Gheorghe.....2009-2011

28. Reabilitare DC 14 între intersecția cu DJ 121–Spitalul Cardiologic–str. Stefan cel Mare–str. Mihai Eminescu si str. Subsiclau.....2009-2010
29. Lucrări de reabilitare străzi și trotuare din mun. Sf. Gheorghe.....2009-2011
30. Acord Cadru „Lucrări și servicii de întreținere multianuală iarnă și vară 2008-2011 pe drumurile naționale de pe raza SDN Sf.Gheorghe.....2008-2010
31. Modernizare stradă Zold Peter inclusiv rețele tehnico-edilitare..... 2010-2011
32. Reabilitarea totală prin asfaltare și amplasarea bordurilor în stradă Gării și reabilitarea spațiilor publice din incinta cartierului blocurilor, Comuna Ozun, județul Covasna.....2010
33. Covoare bituminoase pe drumurile județene Covasna, în anul 2010..... 2010
34. Plombări pe drumurile județene din județul Covasna..... 2010
35. Înlăturarea efectelor inundațiilor din anul 2010, la drumul județean DJ 121 A, km 42+000-42+300, județul Covasna..... 2010-2011
36. Proiectare și execuție „Reabilitare străzi și drumuri comunale în comuna Haghigh, construire imobil cu destinația after school în localitatea Iarasi, județul Covasna.....2010-2013
37. Modernizare stației de epurare și extindere rețelei de canalizare în orașul Covasna.....2010-2013
38. Lucrări de reabilitare străzi, trotuare și parcuri din Mun. Sf. Gheorghe.....2011-2013
39. Consolidare DN 11B km 13+000-15+000.....2011-2012
40. Sfantu Gheorghe Municipality Loan Project - Performance Based Management and Maintenance approach for rehabilitation and maintenance of streets and public lighting (7 years) in Sfantu Gheorghe.....2011-pana în prezent
41. Îmbunătățirea rețelei de drumuri de interes local prin asfaltarea străzilor din interiorul comunei Bodoc, jud. Covasna..... 2011-2012
42. Extinderea sistemului de alimentare cu apă în comuna Reci, sat Bită, precum și Extinderea sistemului de canalizare în comuna Reci, sat Bită, județul Covasna.....2012-2013
43. Modernizare străzi principale în comuna Reci, județul Covasna.....2012-2013
44. Reabilitare drum județean DJ 121 Covasna – Zabala – Imeni – Catalina – Tg.Secuiesc, km 32+000-49+100, jud. Covasna.....2011-2012
45. Modernizarea drumuri de interes local pe teritoriul comunei Cartisoara jud. Sibiu.....2013-pana în prezent

46. Amenajare sit industrial in municipiul Targu Secuiesc prin reabilitarea unei foste statii de epurare puate si abandonate - Faza A.....2014-2015
47. Modernizare strada Stefan cel Mare - tronson 1 in Orasul Covasna.....2014-2015
48. Achizitie publica pentru realizarea lucrarilor de executie, procurare si montaj echipamente tehnologice respectiv procurarea dotarilor necesare pentru parcul industrial” Municipiul Sfântu Gheorghe, Judetul Covasna.....2014-2016
49. Modernizare drumuri forestiere in comuna Mereni, judetul Covasna.....2014-2015
50. Modernizare drumuri forestiere in comuna Varghis, judetul Covasna.....2014-2015
51. Lucrari de stabilizare terasamente cu liant hidraulic in procent de 4% in grosime de 25 cm in Comuna Zabala, DE03.....2014
52. Lucrari de stabilizare terasamente cu liant hidraulic DOROSOL C50 in procent de 4% in grosime de 15 cm in Comuna Chichis, DC34A.....2014
53. Reabilitare infrastructurii in statiunea balneoclimatica Covasna.....2015-2016
54. Lucrari prioritare de extindere a retelei de alimentare cu apa in orasul Covasna, judetul Covasna.. .....2015-pana in prezent
55. „Reabilitare si modernizare strazi de interes local in Orasul Intorsura Buzaului , judetul Covasna”.. .....08.06.2015-pana in prezent
56. Modernizare str. Lacramioarei inclusiv canalizare pluviala in Mun. Sf. Gheorghe.....2016-2017
57. Modernizare drumuri de interes local in comuna Arcus, judetul Covasna.....2016-pana in prezent
58. Modernizare DJ 121A km 22+550 – 28+460, DN 13E-DN11.....2017-pana in prezent
59. Modernizare drum comunal Zalan, DC 48 km 2+500-3+260 in comuna Bodoc, judetul Covasna.....2017
60. Modernizare strada Infratirii din Sfantu Gheorghe.....2016-pana in prezent
61. Modernizare strada Gradinarilor din Sfantu Gheorghe.....2017-pana in prezent
62. Modernizare strada Vulturilor din Sfantu Gheorghe.....2017-pana in prezent
63. Modernizare strada Randunicii din Sfantu Gheorghe.....2017-pana in prezent
64. Modernizare strada Tineretului din Sfantu Gheorghe.....2017-pana in prezent
65. Modernizare strada Varadi Jozsef din Sfantu Gheorghe.....2017-pana in prezent
66. Modernizare strada 1 Decembrie 1918 din Sfantu Gheorghe.....2017

67. Extindere de apa potabila, construire retea de canalizare si statie de epurare în Comuna Eremitu, judetul Mures.....2017-pana in prezent
68. Reabilitare DC27A, DN11 - Bacel, judetul Covasna.....2017-pana in prezent
69. Reabilitare drum de legatura Cernat-Icafalau km 0+000 – 1+080 si drum comunal DC4 km 8+080 – 8+240 in comuna Cernat.....2017-pana in prezent