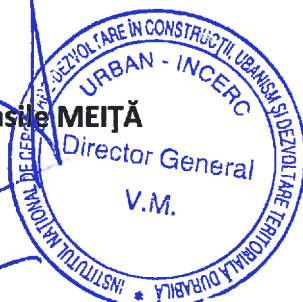


Contractor: INCD URBAN-INCERC

Cod fiscal: RO 26752660 (anexa la procesul verbal de avizare interna nr. 12/28.09.2018)

De acord,  
DIRECTOR GENERAL  
CSI/conf.univ.dr.arh.habil.urb. Vasile MEIȚĂ

Avizat,  
DIRECTOR DE PROGRAM  
CSI dr. ing. Emil Sever GEORGESCU



### RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

**Contractul nr.: 46N/2018**

**Proiectul:** Cercetări privind valorificarea adaosurilor minerale cu caracter inert, hidraulic latent sau puzzolanice în compozițiile cementoase inovative, în contextul implementării conceptului de «economie circulară», contribuind la crearea de structuri reziliente în România

**Faza:** 3/2018 - Studii experimentale, comparative privind impactul caracteristicilor compozițiilor asupra proiectării și durabilității construcțiilor

**Termen:** 01.10.2018

### 1. Obiectivul proiectului

Obiectivul proiectului se referă la "Soluții inovatoare pentru recuperarea și reciclarea materialelor ca resurse de materii prime în construcții și prezervarea mediului înconjurător; materiale avansate și ecologice, produse și tehnologii de execuție. Indici de cost specifici sectorului de construcții în plan național" - Obiectiv 4 [SIR].

### 2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului

Potențialul real al adaosurilor minerale pentru direcțiile de aplicabilitate considerate, este stabilit prin integrare efectivă în compoziții cementoase prototip, pretabile optimizării continue, prin variația rapoartelor specifice și evaluarea caracteristicilor relevante de performanță a acestora, în conformitate cu specificul propriu al categoriei de compozit.

Compozițiile preliminare sunt proiectate și evaluate prin raportarea la o compoziție de referință (martor); aceasta este modificată prin introducerea controlată a adaosurilor, ca substitut din sistemul liant, din sistemul grosier (agregat) sau combinat, în funcție de evaluări progresive de comportament: etape de malaxare, aspect în stare proaspătă, tendințe de segregare, coezivitate, densități, aspecte legate de decofrare, rezistențe inițiale, etc. incluzând adaosurile minerale relevante, atât subproduse (cenuși de termocentrală, FA), cât și deșeuri ale industriilor locale (șlam de calcar (SL), zgură de termocentrală (BS)) permit evaluarea practică a potențialului de valorificare a acestor adaosuri. Complexitatea abordării direcțiilor de proiectare compozițională este dovedită prin tipurile de compozite dezvoltate.

### 3. Obiectivul fazei

Obiectivele principale ale acestei faze sunt focusate pe evaluarea comparativă a performanțelor de lungă durată și implicit de durabilitate ale compozițiilor preliminare dezvoltate cu adaosuri minerale (deșeuri sau subproduse), identificate în etapele anterioare ca fiind fezabile, oportune și optimizabile, în raportare cu tematica și dinamica programului de cercetare prezent.

Direcțiile generale de investigare pentru etapa actuală, definite în conformitate cu obiectivele conceptuale inițiale, specifice compozitelor cementoase și comportamentului la vârste târzii, ating generic următoarele elemente de caracterizare:

- Analiza comparativă a performanțelor inițiale, de natură fizică, mecanică, de durabilitate, prin instrumente de imagistică (evaluarea capacității de AutoVindecare SH (Self-Healing), precădere AutoSigilare SC (Self-Closing), ca și mecanism de stimulare a prevenției anticorozive specifice elementelor și structurilor de beton armat) a compozițiilor cementoase inovative sintetizate;
- Analiza compatibilității armăturii (cu rezistență sporită la coroziune: ex. oțel zincat) cu compozițiile cementoase inovative: studiul aderenței oțel – beton;
- Identificarea direcțiilor de aplicabilitate (generală și/sau particulară) a compozițiilor inovative, considerând proiectarea compozițională, performanțe fizico-mecanice (capacități portante, "pattern" de comportare sub sarcini, sensibilitatea la rata de încărcare, rezistențe la teste de durabilitate, etc.).

#### 4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei

Pe baza rezultatelor obținute în cadrul cercetării experimentale din cadrul INCD URBAN-INCERC, Sucursala Cluj-Napoca pentru compozițiile cementoase inovative, pe bază de cenușă de termocentrală, zgură de cazan și șlam de calcar (materiale de origine locală, din România) se dorește a se demonstra nu numai posibilitatea producerii unor noi tipuri de betoane, ci și deschiderea unor oportunități de continuare a cercetărilor prin optimizarea compozițiilor, studierea tuturor parametrilor care afectează proprietățile mecanice ale materialului, precum și caracteristici de durabilitate, prin evaluarea comparativă a performanțelor amestecurilor obținute și analizarea tuturor posibilităților de transfer tehnologic pentru a putea produce produse economice și competitive în industrie.

#### 5. Rezumatul fazei

Prezentul program de cercetare are ca și obiectiv central elaborarea unei axe metodologice de valorificare sintetică a produselor secundare din industriei de profil (energetică, metalurgică, de prelucrare a rocilor calcaroase, granitice etc.; exploatarea minierei sau de carieră, etc.) prin tehnici / posibilități de integrare / re-utilizare ale acestora, în acord cu principiile Economiei Circulare (EC), în materiale și produse de construcții; destinația și utilitatea acestora derivă din performanțele estimate, proiectate și confirmate prin procedee specifice: cercetări teoretice și determinări fizico-mecanice experimentale și apoi raportare la etaloane stabilite prin argumente științifice (literatura de specialitate, standarde și normative, legislație, etc.).

Etapile premergătoare de cercetare au condus la identificarea unor tipuri de adaosuri minerale (subproduse sau deșeuri), cu incidență semnificativă pe teritoriul României și de asemenea pretabile pentru integrare în compozite cementoase de diferite tipuri. Cercetările experimentale, de identificare evaluare subprodus/deșeu, precum și de compatibilitate compozițională prin utilizare efectivă în compozițiile teoretice s-au desfășurat considerând trei categorii de adaosuri (Faza 2 din PN 18 35 04 03):

- Cenușa zburătoare (de termocentrală) (FA – Fly ash): adaos mineral de tip subprodus cu risc ridicat de generare deșeu prin grad modest de valorificare specifică. Au fost considerate cenuși de diferite tipuri diferite, provenite din două surse distincte: Govora și Mintia.
- Zgura de cazan (BS - Boiler Slag): adaos mineral de tip deșeu generat de Govora CET.
- Șlam de calcar (SL - Slurry lime stone): adaos mineral de tip deșeu generat din industria locală (Regiunea Cluj-Napoca) de prelucrare a rocilor calcaroase și depozitat sub formă haldată în apropierea incintei de producție, Resido SRL.

Compozițiile preliminare sunt proiectate și evaluate prin raportarea la o compoziție de referință (martor); aceasta este modificată prin introducerea controlată a adaosurilor, ca substitut din sistemul liant, din sistemul grosier (agregat) sau combinat, în funcție de evaluări progresive de comportament: etape de malaxare, aspect în stare proaspătă, tendințe de segregare, coezivitate, densități, aspecte legate de decofrare, rezistențe inițiale, etc. incluzând adaosurile minerale relevante, atât subproduse (cenuși de termocentrală, FA), cât și deșeuri ale industriilor locale (șlam de calcar (SL), zgură de termocentrală) permit evaluarea practică a potențialului de valorificare a acestor adaosuri.

Complexitatea abordării direcțiilor de proiectare compozițională este dovedită prin tipurile de compozite dezvoltate:

- FAGPM (Fly Ash GeoPolymer Material): materiale geopolimerice (paste (FAGPP) și

betoane (FAGPC)), dezvoltate considerând metode derivate din cercetări consacrate și utilizând materiale locale: cenușă de termocentrală (FA), provenită, din două surse distincte: Govora CET și Mintia CET, lichid alcalin generat din materie primă disponibilă local, agregate locale (în cazul betoanelor).

- HVFA (High Volume Fly Ash): compoziții cementoase de tipul betoanelor cu volum ridicat de cenușă de termocentrală, (FA) de diferite tipuri, provenită din două surse distincte: Govora și Mintia, Zgură de cazan (BS) provenită de la Govora CET și Șlam de calcar (SL).
- ECC (Engineered Cementitious Composites): compoziții cementoase de tipul ECC, dezvoltate cu cenușă de termocentrală (FA) de diferite tipuri, provenită din două surse distincte: Govora CET și Mintia CET și Șlam de calcar (SL).

#### FAGPM (FLY ASH GEOPOLYMER MATERIAL): MATERIALE GEOPOLIMERICE (PASTE (FAGPP) ȘI BETOANE (FAGPC))

Utilizând în totalitate informațiile despre realizarea betoanelor geopolimere activate alcalin pe bază de cenușă de termocentrală și pe baza rezultatelor obținute pentru pasta geopolimeră activată alcalin, s-a demarat prezenta parte experimentală de tipul "trial and error", prin care s-a dorit obținerea de beton geopolimer activat alcalin pe bază de cenușă de termocentrală, studierea parametrilor esențiali care pot influența acest tip de material, precum și posibilitatea și căile de transfer a tehnologiei geopolimere din laborator către industrie. Datorită diferiților parametri care afectează materialele geopolimere activate alcalin, pentru a se putea trasa direcții de transfer tehnologic, trebuie înțelese atât mecanismele care produc acest tip de compozit, proprietățile materialelor componente și felul în care inconstanța acestora poate fi eliminată, dar și efectele pe care acestea îl au asupra produsului final prin realizarea a numeroase teste și de încercare de stabilire a unor compoziții optimizate.

Pe baza rezultatelor obținute pentru betonul geopolimer activat alcalin pe bază de cenușă de termocentrală, provenită de la termocentrale de pe teritoriul României concluziile sunt următoarele:

- Instabilitatea compoziției chimice a cenușii de termocentrală și gradul de finețe al acesteia au o influență foarte mare asupra procesului de geopolimerizare;
- Compoziția chimică a cenușii de termocentrală are influența asupra valorilor finale ale rezistențelor mecanice ale betonului geopolimer activat alcalin pe bază de cenușă de termocentrală (rezistența la compresiune);
- Creșterea concentrației soluției de hidroxid de sodiu rezultă într-o creștere a rezistențelor mecanice a betonului geopolimer activat alcalin pe bază de cenușă de termocentrală;
- În funcție de raportul dintre soluția de silicat de sodiu și soluția de hidroxid de sodiu, se obțin diferite valori ale rezistențelor mecanice ale materialului studiat;
- Compozițiile de beton geopolimer activat alcalin, pe bază de cenușă de termocentrală care prezintă rezultate mai slabe ale rezistențelor prezintă o reacție de geopolimerizare mai scăzută;
- Cu un conținut suficient de lichid alcalin și cu o cantitate suficientă de atomi de siliciu în compoziție în timpul reacției de geopolimerizare, valorile rezistențelor mecanice sunt foarte bune;
- Pe măsură ce raportul dintre soluția de silicat de sodiu și soluția de hidroxid de sodiu a crescut, lucrabilitatea amestecurilor a fost din ce în ce mai scăzută (excepție făcând compozițiile la care a apărut fenomenul de "flash-setting");
- Înțelegerea în detaliu a fenomenului de "flash-setting" trebuie aprofundată, prin repetarea

realizării compozițiilor la care a apărut acest fenomen și încercarea stabilirii unor direcții de evitare a acestuia;

- Optimizarea compozițiilor de beton geopolimer activat alcalin pe bază de termocentrală este mai mult decât necesară pentru obținerea unor performanțe mecanice superioare ale materialului;

- Demararea cercetărilor referitoare la aspectele de durabilitate care pot afecta acest tip de material, prin raportarea acestora la literatura de specialitate și prin analizarea comparativă cu materialele cementoase.

Acceptarea la scară mare a materialelor geopolimere va putea reduce necesarul de ciment Portland pentru producerea de betoane și, prin urmare, poate suplimenta cererea din industria betonului pentru ca betonul să rămână prima opțiune în ceea ce privește materialele de construcții preferate pentru dezvoltarea clădirilor. Acest tip de material poate prezenta o oportunitate majoră pentru reducerea emisiilor de dioxid de carbon.

#### HVFA (HIGH VOLUME FLY ASH): COMPOZIȚII CEMENTOASE DE TIPUL BETOANELOR CU VOLUM RIDICAT DE CENUȘĂ DE TERMOCENTRALĂ ȘI/SAU ADAOSURI SUPLIMENTARE

Programul experimental pentru evaluare de lungă durată și durabilitate (LD&D) cuprinde patru grupuri distincte de determinări:

I. Încercări în stare proaspătă și întărită: Densitatea și masa volumică specifică (evoluția densităților caracteristice: în stare proaspătă, masa la decofrare, densitatea la vârsta de 28 zile (în stare uscată și în stare saturată)).

II. Încercări de lungă durată: Evoluția comparativă a rezistențelor la vârsta de 28 zile, de referință (aferentă încadrării în clasă, conform normelor în vigoare), la vârsta de 56 zile și de asemenea la vârsta de 90 zile.

III. Încercări de durabilitate:

1. Adâncimea de pătrundere a apei (paralel și perpendicular pe direcția de turnare);
2. Rezistența la îngheț –dezgheț după expunerea la 50 cicluri de gelivitate;
3. Rezistența la compresiune după expunere la sarcină termică (72 h)

IV. Încercări de compatibilitate: Aderența armăturii la compoziția cementoasă evaluată prin testarea comparativă a compozițiilor considerate, cu incluziune de armătură clasică și armătură zincată (specifică protecțiilor anticorozive).

Centralizatorul compozițiilor preliminar de tip HFVA, se prezintă mai jos:

Indicativ	Codificare compozițională	Dezvoltare compozițională: tip de adaosuri și procente de substituire ciment și/sau agregat
T4	Martor	Compoziție dezvoltată cu Adaos principal FA, sursa Mintia CET, ca 40% înlocuitor al cimentului (raportat la Martor T4)
T7	40_FA_Mintia	Compoziție dezvoltată cu Adaos principal FA, sursa Mintia CET, ca 40% înlocuitor al cimentului (raportat la Martor T4)
T8	25_FA-Cem_G	Compoziție dezvoltată cu Adaos principal FA tip Ciment (C), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului (raportat la Martor T4)
T9	25_FA-B_G	Compoziție dezvoltată cu Adaos principal FA tip Beton (B), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului (raportat la Martor T4)
T10	25_SL	Compoziție dezvoltată cu Adaos secundar SL ca 25% înlocuitor al cimentului (raportat la Martor T4), pentru evaluarea caracterului SL

T11	25_FA-Cem/25_SL	Compoziție dezvoltată cu Adaos principal FA tip Cement (Cem), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului și cu Adaos secundar SL, sursa Resido SRL, ca 25% înlocuitor nisip (raportat la Martor T4)
T12	25_FA-B/25_SL	-Adaos principal FA tip Beton (B), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului; -Adaos secundar SL, sursa Resido SRL, ca 25% înlocuitor nisip; (raportat la Martor T4)
T13	25_FA-EIF_G	-Adaos principal FA tip Electrofiltru (EIF), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului; (raportat la Martor T4)
T14	25_FA-Eco par_G	-Adaos principal FA tip Eco par (Eco par), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului; (raportat la Martor T4)
T15	25_FA-EIF/25_SL	- Adaos principal FA tip Electrofiltru (EIF), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului; -Adaos secundar SL, sursa Resido SRL, ca 25% înlocuitor nisip; (raportat la Martor T4)
T16	25_FA-Eco par/25_SL	-Adaos principal FA tip Eco par (Eco par), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului; - Adaos secundar SL, sursa Resido SRL, ca 25% înlocuitor nisip; (raportat la Martor T4)
T17	25_FA-Cem/25_BS+25_SL	- Adaos principal FA tip Cement (Cem), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului; - Adaos secundar BS, (clasa granulară 0/2), sursa Govora, ca 25% înlocuitor nisip; - Adaos secundar SL, suplimentar, sursa Resido (raportat la Martor T4)
T18	25_FA-Cem/25_BS/25_SL	-Adaos principal FA tip Cement (Cem), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului; -Adaos secundar BS, (clasa granulară 0/2), sursa Govora, ca 25% înlocuitor nisip; -Adaos secundar SL, sursa Resido, ca 25% înlocuitor nisip (raportat la Martor T4).
T19	25_FA-Cem/25_BS/2x25_SL	-Adaos principal FA tip Cement (Cem), sursa Govora CET, ca 25% înlocuitor al cimentului; -Adaos secundar BS, (clasa granulară 0/2), sursa Govora, ca 25% înlocuitor nisip; -Adaos secundar SL, sursa Resido, ca 2x 25% înlocuitor nisip (raportat la Martor T4)

Evaluarea comparativă a performanțelor compozițiilor HFVA, dezvoltate cu adaosuri minerale se realizează considerând: ajustări compoziționale aferente tranziției la turnări de volum mai mare (<50 l), evaluări compoziționale în stare proaspătă, densități specifice,



performanțe fizico mecanice la vârste târzii (28 și 56 zile), încercări de durabilitate și compatibilitate (aderență beton-armătură).

Compozițiile principale, dezvoltate cu 25% FA: T8-1, T9-1 și T13-1, ca substitut al cimentului în cadrul sistemului liant, prezintă la modul general un aspect mai vârtos în stare proaspătă, cu un deficit de lucrabilitate și necesar de lichid pentru realizarea malaxării de volum mai ridicat (<50 l); ele impun adaosul de lichid care va fi considerat unitar pentru restul compozițiilor.

Se remarcă efectul extrem de favorabil al adaosului secundar SL, adăugat în compozițiile complementare fără prelucrare suplimentară (cu excepția operației de delaiere, necesară în cazul unei umidități naturale  $WSL < 25\%$ : cu un aport minim de apă, echilibrat prin corecțiile specifice și precizate, compozițiile complementare: T11-1, T12-1 și T15-1 devin mult mai coezive și fluide, cu lucrabilitate optimizată și fără tendințe de segregare. Optimizare similară este înregistrată și pentru compozițiile dezvoltate cu dublu adaos secundar, BS și SL: T18 (și T19). Compoziția de control T10-1, dezvoltată pentru evaluarea caracterului adaosului șlamului de calcar (SL), prezintă o fluiditate sporită, dar fără tendințe de segregare, aspect previzibil din stadiul de proiectare compozițională ajustată și considerând de asemenea turnările experimentale preliminare. Se confirmă caracterul inert al pastei de șlam (SL) în sistemul liant al compozițiilor dezvoltate doar cu ciment (SL substituind 25% din cantitatea de ciment a compoziției martor). și implicit lipsa de fezabilitate a unei substituiri de ciment doar cu șlam. Compatibilitate excelentă între cele două adaosuri simultan prezente este confirmat în compozițiile complementare: adaosul principal, FA\_G și adaosul secundar SL. Utilizate independent, ele performează limitat: compoziția T10 sub aspectul rezistențelor; sau T8, T9 și T13 sub aspectul lucrabilității în stare proaspătă, impunând ajustări compoziționale nedorite, respectiv adaos de lichid. Împreună însă potențează caracterul puzzolan latent al adaosurilor FA și BS, conferind performanțe excelente generale, atât în stare proaspătă cât și întărită: performanțe fizico-mecanice, de durabilitate și compatibilitate cu armătura (clasică și zincată).

#### ECC (ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITES): COMPOZIȚII CEMENTOASE DE TIPUL ECC, DEZVOLTATE CU CENUȘĂ DE TERMOCENTRALĂ (FA)

Compozițiile de tip ECC sunt în curs de testare și derivare compozițională în scopul evaluării posibilității de integrare a șlamului de calcar ca și înlocuitor al filerului de calcar (L), utilizat anterior (Faza 7 din PN 16 – 10.04.03). Integrarea șlamului de calcar (Pastă cu 19,71% umiditate) se realizează fără prelucrare prealabilă, cantitatea de pastă de șlam fiind stabilită prin echivalarea dozajului inițial de filer de calcar (L) (pulbere, material uscat) cu un aport similar de parte uscată din pasta de șlam, fiind efectuată simultan și corecția de apă (considerând umiditatea de 19,71% a adaosului SL). Cenușa utilizată este de proveniență CET Mintia, iar cimentul utilizat este Portland, 42.5 R (Holcim, Aleșd).

Primele rezultate de integrare compozițională a șlamului de calcar ca substitut al filerului de calcar (produs consacrat de suplimentare a părții fine din compoziții) reprezintă un succes sub aspectul compozitelor în stare proaspătă.

Se remarcă atenuarea cu succes a tendințelor anterioare de segregare, ce debutează preponderent după adăugarea fibrelor și omogenizarea lor în amestec. Consistența amestecului este cremoasă, omogenă, cu fluiditate optimă și aspect autocompactant (SC) superior. Omogenizarea fibrelor de PVA în compoziție se realizează în condiții optime. Amplasarea amestecului în tipare specifice se realizează facil și fără segregări ulterioare.

În prezenta fază este prezentată evaluarea intermediară a compoziției FSS-SL-PVA-

FA/C(1.2), testată la vârsta de 7 zile și aflată în curs de condiționare SH. Rezultatele evaluării intermediare, focusate asupra capacității SH (SS) a compoziției, sunt prezentate mai jos:

Compoziția FSS-SL-PVA-FA/C (1.2)							
PROBA R		n	$W_{max}$ (Rupere) ( $\mu\text{m}$ )	$W_{max}$ ( $\mu\text{m}$ )	$W_{med}$ ( $\mu\text{m}$ )	$W_{min}$ ( $\mu\text{m}$ )	
	I	18	186	117	52	18	
	Autosigilare SS						
	II	18	134	69	19	3	
	Autosigilare SS						
	Fisuri închise parțial			18			
	Fisuri închise total			0			
PROBA SH		n	$W_{max}$ ( $\mu\text{m}$ )	$W_{med}$ ( $\mu\text{m}$ )	$W_{min}$ ( $\mu\text{m}$ )		
	I	10	58	31	13		
	Autosigilare SS						
		n*	$W_{max}$ ( $\mu\text{m}$ )	$W_{med}$ ( $\mu\text{m}$ )	$W_{min}$ ( $\mu\text{m}$ )		
	II	10	50	13	0		
	Autosigilare SS						
	Fisuri închise parțial			7			
Fisuri închise total			3				

#### 6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului

Principalele obiective urmărite sunt concentrate sintetic pe evaluarea comparativă a performanțelor de lungă durată și implicit de durabilitate, ale compozițiilor dezvoltate cu adaosuri minerale, deșeuri sau subproduse, cu caracter inert, hidraulic latent sau puzzolan, identificate în etapele anterioare ca fiind fezabile, oportune și optimizabile, în raportare cu tematica și dinamica programului de cercetare prezent. Direcțiile generale de investigare pentru etapa actuală, definite în conformitate cu obiectivele conceptuale inițiale, specifice compozitelor cementoase și comportamentului la vârste târzii, ating generic următoarele elemente de caracterizare:

- Analiza comparativă a performanțelor inițiale, de natură fizică, mecanică, de durabilitate, prin instrumente de imagistică (evaluarea capacității de AutoVindecare SH (Self-Healing), precădere AutoSigilare SC (Self-Closing), ca și mecanism de stimulare a prevenției anticorozive specifice elementelor și structurilor de beton armat) a compozițiilor cementoase inovative sintetizate;
- Analiza compatibilității armăturii (cu rezistență sporită la coroziune: ex. oțel zincat) cu compozițiile cementoase inovative: studiul aderenței oțel – beton;
- Identificarea direcțiilor de aplicabilitate (generală și/sau particulară) a compozițiilor inovative, considerând proiectarea compozițională, performanțe fizico-mecanice (capacități portante, "pattern" de comportare sub sarcini, sensibilitatea la rata de încărcare, capacități de absorbție a energiei, rezistențe la teste de durabilitate, etc.).



Compozițiile preliminare, proiectate, realizate și evaluate sumar și incipient în fazele anterioare ale prezentului program de cercetare, au suferit procese suplimentare atât de optimizare cât și de evaluare suplimentară, cu alt nivel de complexitate, în funcție de analizele comparative anterioare, relevante asupra potențialului individual de performanță, valorificare efectivă a adaosurilor utilizate și încadrarea spre direcții de aplicabilitate directă. Programele de cercetare (optimizare, proiectare și evaluare complexă) sunt trasate în funcție de specificul compozițional și comportamental al celor trei categorii majore de interes:

➤ FAGPM: materiale geopolimerice, dezvoltate considerând metode derivate din cercetări consacrate și utilizând materiale locale: cenușă de termocentrală (FA), lichid alcalin generat din materie primă disponibilă local, agregate locale (în cazul betoanelor);

➤ HVFA (High Volume Fly Ash), dezvoltate cu adaosuri minerale: cenușă de termocentrală (FA) de diferite tipuri, provenită din două surse distincte: Govora CET și Mintia CET, Zgură de cazan (BS) provenită de la Govora CET și Șlam de calcar (SL), provenit de la un întreprinzător local (Regiunea Cluj) de prelucrare a rocilor, Resido SRL.

➤ ECC (Engineered Cementitious Composites), dezvoltate cu cenușă de termocentrală (FA) Sursa Mintia CET și Șlam de calcar (SL).

Compozițiile geopolimerice FAGPM au fost investigate sub aspectul tranziției de la pastă, (FAGPP) la betoane (FAGPC), prin înglobarea în matricea de liant geopolimeric a agregatului necesar. Optimizări specifice de malaxare și dezvoltare produs sunt evaluate și stabilite, considerând atât elementele de noutate survenite inerent în cursul cercetărilor experimentale cât și prin consultarea documentației de specialitate, actuale.

Compozițiile de tip HFVA sunt supuse unui triaj pe baza performanțelor inițiale; compozițiile cu potențial promițător, respectiv cele dezvoltate prin utilizarea simultană a adaosurilor FA+SL sau chiar FA+SL+BG sunt supuse unui program complex de evaluare de lungă durată și durabilitate (LD&D) și de compatibilitate cu armătura (clasică sau zincată); Rezultatele confirmă un nivel ridicat de compatibilitate compozițională a celor trei tipuri de adaosuri minerale, valorificate în tipologii compoziționale cu real potențial de aplicabilitate în infrastructura actuală.

Compozițiile de tip ECC sunt supuse unor procese de optimizare compozițională prin înlocuirea filerului uscat de calcar (L) cu adaos SL (pastă de șlam), integrat direct în matricea cementoasă prin operarea simplă a aportului de apă. Rezultatele sunt promițătoare, prin optimizarea aspectului în stare proaspătă: coezivitate superioară și reducerea dozajului de aditiv; suplimentar este proiectat și implementat un complex program de evaluare a performanțelor mecanice și de durabilitate, ce cuprinde încercări și condiționări complexe, de îngheț-dezghet, cicluri SH, aferente direcțiilor de analiză SH. Programul experimental este în curs de desfășurare, fiind destinat vârstelor târzii, relevante pentru caracterul puzzolanic latent al adaosurilor FA. Evaluări microscopice specifice, cu caracter intermediar, confirmă deja potențialul superior al compoziției FSS-SL-PVA-FA/C (1.2).

Rezultatele obținute pe compozițiile cementoase inovative indică potențiale aplicabilități ale acestora atât în cazul betonului destinat structurilor turnate in-situ, precum și a structurilor prefabricate, elementelor structurale prefabricate pentru clădiri și construcții inginerești.

Continuarea studiilor în cadrul următoarelor proiecte de cercetare presupun realizarea cercetărilor care implică: folosirea agenților de dezghetare, a aditivilor antrenori de aer, agenților corozivi, determinarea gradului de carbonatare, rezistența la uzură etc. ajutând la stabilirea performanțelor amestecurilor inovative raportate la diferitele clase de expunere în funcție de mecanismele de degradare ale betonului (XC - corозиunea datorată carbonatării,

XD - coroziunea datorată clorurilor având altă origine decât cea marină; XS – coroziunea datorată clorurilor din apa de mare; XF - atac din îngheț-dezghet cu sau fără agenți de dezghetare; XA - atac chimic; XM - solicitarea mecanică a betonului prin uzură).

Optimizarea compozițiilor inovative de beton poate conduce la realizarea betoanelor speciale de genul celor autocompactante, cu capacități de autocurățare etc.

Cercetările viitoare trebuie să țină cont de asemenea de necesitatea efectuării analizelor de măsurare a radioactivității tuturor tipurilor de compoziții cementoase studiate, având în vedere Hotărârea nr. 526/2018 pentru aprobarea Planului Național de Acțiune la Radon, în vigoare de la data de 25 iulie 2018.

Stadiul realizării proiectului corespunde obiectivelor propuse pentru această fază. Liniile directe de continuare ale cercetărilor experimentale și teoretice din cadrul prezentului proiect „Cercetări privind valorificarea adaosurilor minerale cu caracter inert, hidraulic latent sau puzzolanic în compozițiile cementoase inovative, în contextul implementării conceptului de «economie circulară», contribuind la crearea de structuri reziliante în România” se vor axa pe realizarea unui îndrumător privind principiile de alcătuire a elementelor structurale, reziliante, utilizând materiale cementoase inovative și armătură cu rezistență sporită la coroziune.

Diseminarea rezultatelor obținute în cadrul actualei faze ale proiectului s-a realizat prin manifestări științifice naționale și internaționale de tip conferințe.

#### Articole/studii publicate în volumele unor manifestări științifice internaționale

- Szilagyi, H., Baeră, C., Hegyi, A., Lăzărescu, A. (2018), *ROMANIAN RESOURCES OF WASTE AND INDUSTRIAL BY-PRODUCTS AS ADDITIONS FOR CEMENTITIOUS MIXTURES*, în: Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO – SGEM 2018, Section Green Buildings Technologies And Materials, Albena, Bulgaria, 18:325-332.
- Hegyi, A., Lăzărescu, A., Dico, C., Szilagyi, H. (2018), *THE EFFECT OF TiO<sub>2</sub> ON THE PROPERTIES OF CEMENTITIOUS COMPOSITE MATERIALS – THE CURRENT STATE-OF-THE ART*, în: Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO – SGEM 2018, Section Green Buildings Technologies And Materials, Albena, Bulgaria, 18: 391-398.
- Grebenișan, E., Dico, C., Hegyi, A., Călătan, G. (2018), *A REVIEW CONCERNING COMPOSITE MATERIALS USED IN CONSTRUCTION FIELD*, în: Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO – SGEM 2018, Section Green Buildings Technologies And Materials, Albena, Bulgaria, 18: 3-10.
- Lăzărescu, A., Szilagyi, H., Ioani, A., Baeră, C. (2018), *Parameters Affecting the Mechanical Properties of Fly Ash-Based Geopolymer Binders – Experimental Results*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 374.
- Lăzărescu, A., Szilagyi, H., Ioani, A., Baeră, C. (2018), *Effect of sodium hydroxide concentration and alkaline activator ratio on the mechanical properties of fly ash-based geopolymer binders*, Proceedings of The 12th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, Czech Republic, 29-31 August, Editori: Alena Kohoutkova, Jan L. Vitek, Michaela Frantova, Petr Bily, pp. 101-108.
- Lăzărescu, A., Szilagyi, H., Baeră, C., Ioani, A., Mircea, A.C. (2018) *CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND POSIBILITATEA DEZVOLTĂRII COMPOZITELOR DE TIP GEOPOLIMER UTILIZÂND MATERIALE LOCALE DIN ROMÂNIA*, Lucrările conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, urbanism și amenajarea teritoriului, 14: 45-52.

➤ Szilagyi, H., Baeră, C., Lăzărescu, A., Mircea, A.C. (2018), *DIRECȚII DE VALORIFICARE A ADAOSURILOR MINERALE LOCALE (SUBPRODUSE SAU DEȘEURI) ÎN MATERIALE CEMENTOASE CU CARACTER INOVATIV*, Lucrările conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, urbanism și amenajarea teritoriului, 14: 61-68.

➤ Grebenișan, E., Hegyi, A., Szilagyi, H. (2018), *STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL MATERIALELOR CEMENTOASE SELF-CLEANING*, Lucrările conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, urbanism și amenajarea teritoriului, 14: 77-84.

Articole/studii publicate în reviste de specialitate de circulație internațională indexate în baze de date specifice domeniului, care fac un proces de selecție a revistelor pe baza unor criterii de performanță (BDI) (categoria B+ CNC SIS / B CNC S)

➤ Szilagyi, H., Baeră, C., Lăzărescu, A., Mircea A.C. (2018), *Preliminary evaluation of local mineral additions (by-products or wastes) valorisation in innovative cementitious composites*, Construcții (în curs de recenzare).

➤ Mircea, A.M., Szilagyi, H., Mircea, C., Baeră, C., Lăzărescu, A. (2018), *Engineered cementitious composites (ECCs): Evaluation of direct field of application in Romanian present infrastructure (road and civil)*, Construcții (în curs de recenzare).

➤ Lăzărescu, A., Szilagyi, H., Baeră, C., Ioani, A., Mircea, A.M. (2018), *Experimental research on the development of geopolimer composites using Romanian local materials*, Construcții (în curs de recenzare).

#### Rezumate publicate

➤ Szilagyi, H., Baeră, C., Lăzărescu, A., Mircea A.C. (2018), *Preliminary evaluation of local mineral additions (by-products or wastes) valorisation in innovative cementitious composites*, A XIV-a ediție a conferinței INCD URBAN-INCERC – Cercetarea românească asupra mediului construit – bilanț la un centenar al modernității, Conferința de cercetare în construcții, economia construcțiilor, urbanism și amenajarea teritoriului, Rezumate ale lucrărilor, Editura INCD-URBAN-INCERC, București, pp. 55-56.

➤ Mircea, A.M., Szilagyi, H., Mircea, C., Baeră, C., Lăzărescu, A. (2018), *Engineered cementitious composites (ECCs): Evaluation of direct field of application in Romanian present infrastructure (road and civil)*, A XIV-a ediție a conferinței INCD URBAN-INCERC – Cercetarea românească asupra mediului construit – bilanț la un centenar al modernității, Conferința de cercetare în construcții, economia construcțiilor, urbanism și amenajarea teritoriului, Rezumate ale lucrărilor, Editura INCD-URBAN-INCERC, București, pp. 59-60.

➤ Lăzărescu, A., Szilagyi, H., Baeră, C., Ioani, A., Mircea, A.M. (2018), *Experimental research on the possibility of developing geopolimer composites using Romanian local materials*, A XIV-a ediție a conferinței INCD URBAN-INCERC – Cercetarea românească asupra mediului construit – bilanț la un centenar al modernității, Conferința de cercetare în construcții, economia construcțiilor, urbanism și amenajarea teritoriului, Rezumate ale lucrărilor, Editura INCD-URBAN-INCERC, București, pp. 57-58.

#### Postere prezentate în conferințe

➤ Adrian LĂZĂRESCU, Henriette SZILAGYI, Adrian IOANI, Cornelia BAERĂ, (2018), *Effect of sodium hydroxide concentration and alkaline activator ratio on the mechanical properties of fly ash-based geopolimer binders*, 12th fib International PhD-Symposium in Civil Engineering, August 29-31, 2018, Prague, Czech Republic.

Responsabil contract  
dr. ing. SZILAGYI Henriette