

Anexa 10 la Contract nr. 41N/18.01.2023
(anexa la procesul verbal de avizare internă nr. 25/27.06.2024)

Contractor: INCD URBAN - INCERC
Cod fiscal: RO 26752660

De acord,
DIRECTOR GENERAL
Dr. Ing. Claudiu-Sorin Dragomir

Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM
Drd. Ec. Alexandra Marina Barbu

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 41N/18.01.2023

Proiectul: Cercetări fundamental-aplicative pentru dezvoltarea sustenabilă a produselor de construcții (materiale, elemente și structuri, metode și tehnologii) prin valorificarea resurselor naționale actuale pentru potențarea eco-inovativă și durabilă a infrastructurii civile și de transport românești

Faza: - Evaluarea și selectarea prototipurilor în condiții de laborator: Compoziții Eco-Clay și Materiale Eco-CCM

Termen de încheiere a fazei: 28.06.2024

1. Obiectivul proiectului:

Proiectul este structurat pe două direcții distincte, dar aflate în complementaritate perpetuă, atât în zona conceptuală cât și în cea a exercițiului experimental de validare, implementare și optimizare a soluțiilor rezultate:

- I. Dezvoltarea unor soluții inovatoare ingineresti pentru produse eco-inteligente de construcții, cu funcționalitate avansată (materiale, elemente și structuri, modele și tehnologii, algoritmi și direcții de eco-proiectare circulară etc.), considerând valorificarea eficientă și customizată a subproduselor și deșeurilor generate de industrii locale.
- II. Valorificarea patrimoniului urbanistic vernacular al spațiului românesc prin identificarea unui ansamblu inovativ de soluții și direcții de fructificare conceptuală și aplicativă a tehnologiei tradiționale de realizare a spațiului locuit din pământ, prin utilizarea de metode, tehnici și instrumente moderne, cu aplicabilitate multiplă, atât asupra infrastructurii civile existente, cât și pentru entități locative noi.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

Rezultatele estimate sunt asociate livrabilelor de proiect (ținte și indicatori), respectiv celor 14 Obiective specifice și sunt specificate individual pentru fiecare din cele 16 faze sub formă de:

- ✓ Rapoarte științifice (RS):
 - Actualizarea bazei de date prin cartografiere preliminară a resurselor de interes, la nivel regional/național, respectiv a polilor de depozitare/generare deșeuri și subproduse industriale disponibile, cu potențial ridicat de valorificare în proiectarea circulară pentru produse eco-inteligente de construcții;
 - Rapoarte științifice de cercetare teoretică și aplicativă: dezvoltare/proiectare produs, analiză experimentală, colectare și analiză de date primare, analiză comparativă pentru triaj și identificarea direcțiilor de urmat (pentru ameliorare specifică a performanțelor obținute, adecvare la domeniul de utilizare scontat/reevaluat, în acord cu parametrii de performanță specifică etc., reconsiderare conceptuală etc.).
 - Rapoarte științifice de identificare/validare prototip la nivel de laborator (TRL4) etc.
- ✓ Rapoarte de consultare a grupului țintă (T), (RC-T), direct interesat (*antreprenori și organizații, proiectanți, arhitecți, mediul academic etc.*), *autorităților locale sau centrale, decidente sau operaționale (ADR-uri, primării și consilii locale), pentru identificarea cerinței din piață și adecvarea, în timp real a direcțiilor de investigare, în acord cu aceasta;*
- ✓ Transfer Tehnologic (TT): rapoarte specifice TT, (R-TT) către mediul antreprenorial interesat din categoria Eco-CCM, Eco-CCP și/sau Eco-Clay cu verificarea eficienței implementării acestora pe fluxurile de producție adecvate;
- ✓ Certificare de produs (Cert): Certificarea produselor eco-inovative, din categoria Eco-CCM, Eco-CCP și/sau Eco-Clay, identificate și validate prototip, cu potențial de transfer către piață și consumator (Declarații de performanță, Marcaj CE, Agreement tehnic cu Aviz tehnic etc.);
- ✓ Contract de cercetare aplicativă cu mediul privat cointerestat, în parteneriat cu minimum 1 partener/beneficiar privat din grupul țintă (CCA);
- ✓ Îndrumătoare (Î) și Ghiduri (G): Îndrumător de bune practici privind utilizarea soluțiilor inovative Eco-Clay în construcții; Elaborare Ghid de Eco-Proiectare Circulară; Realizarea unui ghid metodologic de recomandări privind ajustarea legislativă);
- ✓ Dezvoltarea sistemului de cercetare, dezvoltare și inovare (demarare/finalizare studii doctorale, internship-uri, angajare resursă umană cu calificare specifică, în aria CDI);
- ✓ Diseminare specifică: (Întâlniri de lucru pe proiect, în regim fizic sau on-line, lucrări științifice, workshop-uri, participări la conferințe și saloane de invenție, naționale și internaționale etc.);

3. Obiectivul fazei:

Obiectivul acestei faze îl constituie analiza experimentală a compozițiilor Eco-Clay și Eco-CCM pentru dezvoltarea produse eco-inteligente de construcții. Astfel, se urmărește:

- Cercetări experimentale pentru realizarea compozițiilor Eco-Clay și Eco-CCM;
- Analiză de date și ameliorare și evaluare primară a compozițiilor Eco-Clay și Eco-CCM;
- Analiză comparativă și selecție prototipuri compoziționale pentru Eco-Clay și Eco-CCM;

- Activități specifice de diseminare (D-St).

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- Raport științific de analiză date și evaluare primară a compozițiilor Eco-Clay și Eco-CCM; (RS)
- Raport științific privind analiza comparativă și selecție prototipuri Eco-Clay și Eco-CCM; (RS)
- Raport științific de analiză a oportunității de utilizare a tehnicilor avansate de tip NDT (RS);
- Raport privind demarare transfer tehnologic către mediul privat (R-TT)
- Diseminare științifică specifică

5. Rezumatul fazei:

Capitolul 1:

În acest capitol s-a realizat o analiză a oportunității de utilizare a tehnicilor avansate de tip NDT (non destructive testing). Pentru a evalua performanța construcțiilor din pământ, este esențială o înțelegere mai bună a comportamentului seismic, a caracteristicilor arhitecturale, a conservării patrimoniului și a durabilității mediului. Metodele de testare nedistructive (NDT) sunt esențiale pentru caracterizarea materialelor și evaluarea structurală fără a compromite integritatea clădirilor istorice (Bridge & Demico, 2008).

Evaluarea utilizării NDT la construcții din pământ cuprinde mai multe aspecte, astfel:

Îmbunătățirea performanțelor construcțiilor din pământ

1. Conservare și protecție: Ajută la identificarea zonelor de deteriorare pentru a proteja patrimoniul cultural.
2. Integritate structurală: Determinarea stabilității și siguranței structurale.
3. Impactul asupra mediului: Evaluarea eficienței energetice și a amprentei ecologice.
4. Gestionarea riscurilor: Identificarea riscurilor potențiale precum prăbușiri în caz de cutremur.
5. Luarea deciziilor și dezvoltarea politicii: Furnizează date pentru dezvoltarea reglementărilor și politicilor de conservare.

Compoziții folosite în construcțiile din pământ

Diverse amestecuri și aditivi sunt studiați pentru a îmbunătăți performanța și durabilitatea materialelor din pământ, inclusiv aditivi din deșeuri industriale și agricole. Exemple de adaosuri sunt trestia de zahăr, coajă de nucă de cocos și fibre vegetale, care îmbunătățesc caracteristicile materialelor de pământ.

Evaluarea parametrilor

1. Densitate și porozitate: Parametrii esențiali pentru determinarea integrității structurale. Metodele utilizate includ tomografia cu rezistență electrică (ERT) și tomografia computerizată cu raze X (CT).
2. Rezistența la compresiune: Evaluată prin metode precum ultrasunetele (UPV), corelând măsurătorile UPV cu rezistența la compresiune. Alte metode includ testele de duritate superficială (RH).

3. Conținutul de umiditate: Influențează durabilitatea și performanța construcțiilor. Metodele utilizate includ ERT și termografia cu infraroșu (IRT).
4. Detectarea golurilor, fisurilor și delaminărilor: Realizată prin ultrasunete și termografie în infraroșu, care detectează defectele interne și externe.
5. Integritatea structurală: Evaluată printr-o combinație de metode NDT, inclusiv UPV, GPR și inspecții vizuale.

Provocări și limitări

1. Complexitatea materialului: Variabilitatea compoziției și densității.
2. Interpretarea rezultatelor: Necesitatea standardizării criteriilor de interpretare.
3. Accesul limitat: Dificultăți în accesarea anumitor zone ale structurilor.
4. Costuri și disponibilitate: Echipamente specializate și personal calificat pot fi greu accesibile.

Direcții viitoare și recomandări

1. Progrese în tehnici nedistructive: Dezvoltarea de noi tehnologii pentru detectarea și caracterizarea defectelor.
2. Ghiduri și standardizări: Stabilirea de protocoale și linii directe standardizate.
3. Integrarea tehnicilor multiple: Combinarea diferitelor tehnici NDT pentru o evaluare cuprinzătoare.
4. Detecție și monitorizare la distanță: Utilizarea tehnologiilor aeriene și prin satelit pentru monitorizarea structurilor.
5. Analizarea și interpretarea datelor: Utilizarea inteligenței artificiale pentru îmbunătățirea procesului de analiză.
6. Colaborarea și partajarea cunoștințelor: Colaborarea între cercetători și practicieni pentru dezvoltarea de metodologii standardizate.
7. Studii de validare și verificare: Realizarea de studii pentru monitorizarea acurateței și fiabilității metodelor NDT.

Concluzii ale programului experimental în domeniul NDT desfășurat concomitent cu determinările rezistențelor la compresiune prezentate în cap.3:

➤ Există variații semnificative în corelația dintre vitezele ultrasunetelor și rezistența la compresiune pentru diferite compoziții de probă. Aceasta este indicată de coeficienții de determinare R^2 , care variază de la valori foarte mici (aproape de 0) la valori relativ mari (până la aproximativ 0.8637).

➤ Compozițiile cu un R^2 (coeficient de determinare) mai mare indică o corelație mai bună între vitezele ultrasunetelor și rezistența la compresiune. De exemplu, compoziția R11 (cu $R^2 = 0.8637$) arată o relație clară și consistentă, sugerând că măsurătorile ultrasonice pot fi utilizate cu încredere pentru a estima rezistența la compresiune pentru această compoziție.

➤ Compozițiile cu un R^2 mic, cum ar fi R14 (cu $R^2=0.0483$), arată o corelație slabă, indicând că vitezele ultrasunetelor nu sunt un indicator fiabil pentru estimarea rezistenței la compresiune în aceste cazuri. Acest lucru sugerează că alți factori sau variabile pot influența rezistența la compresiune și că metoda ultrasunetelor poate necesita ajustări sau calibrări suplimentare pentru aceste compoziții.

➤ Semnele și mărimile coeficienților polinomului sugerează natura relației dintre viteza ultrasonică și rezistența la compresiune. De exemplu, compoziția R11 prezintă o curbă de regresie pozitivă, indicând o creștere a rezistenței la compresiune odată cu viteza ultrasonică. În schimb, compoziții precum R14, cu coeficienți negativi sau variații neregulate, sugerează o relație complexă sau inversă.

Metoda ultrasunetelor se dovedește promițătoare pentru anumite compoziții. Totuși, pentru compozițiile cu corelație slabă, este necesară o calibrare și validare suplimentară pentru a asigura precizia și fiabilitatea măsurătorilor.

Se recomandă continuarea cercetărilor pentru compozițiile cu corelație puternică, pentru a confirma și extinde aplicabilitatea metodei. În același timp, compozițiile cu corelație slabă necesită investigații suplimentare pentru a identifica factorii care influențează rezistența la compresiune și pentru a optimiza metoda de măsurare

Capitolul 2:

În acest capitol este prezentat programul experimental extins pe două direcții privind valorificarea materialelor ADD-S în produse pentru construcții:

1. **Compoziții cementoase (mortare) cu conținut de deșeu Garnet (SG) ca substitut parțial de agregat (nisip) – analiză comparativă și identificare prototip compozițional**

În continuarea etapelor anterioare (PN 23 35 04 01, Faza 2 și 4) s-a urmărit tema valorificării deșeurilor abrazive de tip Garnet în industria construcțiilor, ca înlocuitor parțial sau complet al agregatului (parte fină – nisip). Se menționează utilizarea a patru Surse de deșeuri SG, respectiv materiale AdT 1, după cum urmează (vezi Raport Faza 4 PN 23 35 04 01):

- SG 1 – Deșeu SG, prelevare 2022, sursa 1, (SG 1 = SG I);
- SG 2 – Deșeu SG, prelevare 2022, sursa 2, (SG 2 = SG II);
- SG 3 – Deșeu SG, prelevare 2023, sursa 1,
- SG 4 – Deșeu SG, prelevare 2023, sursa 2;
- SG 5 – Deșeu SG, prelevare 2023, sursa 3;
- SG 6 – Deșeu SG, prelevare 2023, sursa 4;

Evaluarea performanțelor în stare proaspătă a Mortarelor SG (cu adaos SG ca substitut parțial de agregat) dezvoltate în cadrul programului experimental curent **indică un trend general de ameliorare compozițională prin adaos SG, cu tendință de creștere a coezivității amestecului odată cu creșterea procentului de material înlocuit**. Acest fapt este confirmat de:

- Aspectul amestecurilor proaspete sub aspect vizual;
- Determinarea densității în stare proaspătă;
- Determinarea consistenței cu masa de împrăștiere.

Toate cele trei aspecte confirmă aportul benefic indus în compoziția cementoasă prin adaos SG, respectiv prin creșterea procentului de adaos ca substituție a agregatului natural. Astfel, se remarcă:

- Coezivitarea amestecului prezintă îmbunătățire prin creșterea procentului de adaos SG, indiferent de natura acestuia;
- Densitatea în stare proaspătă confirmă îmbunătățirea împachetării matricei cementoase în acord cu creșterea procentului de substituție;
- Consistența cu masa de împrăștiere oferă valori crescătoare odată cu creșterea procentului de material substituit;

Determinările în stare proaspătă și evaluarea comparativă a performanțelor conduc la identificarea compozițiilor SG 30% și SG 50% ca prototip Mortar SG. Compozițiile de tip SG 10% nu oferă modificări dramatice, iar procentul de substituție, 10%, este prea mic pentru a putea genera potențial de transfer tehnologic în zona compozițională a mortarelor și microbetoanelor uzuale. Compozițiile de tip SG 10% au rol

de confirmare a trendului identificat și de identificare a unor eventuale anomalii compoziționale ce pot surveni în proiectarea amestecurilor.

Evaluarea performanțelor în stare întărită a Mortarelor SG (cu adaos SG ca substitut parțial de agregat) dezvoltate în cadrul programului experimental curent **indică un trend general de ameliorare compozițională prin adaos SG, cu tendință de îmbunătățire a performanțelor de material în stare întărită odată cu creșterea procentului de material înlocuit.** Acest fapt este confirmat de:

- Determinarea densității aparente în stare uscată;
- Determinarea performanțelor fizico-mecanice la vârste tinere (7 zile);
- Determinarea performanțelor fizico-mecanice la vârste de referință (28 zile);
- Determinarea performanțelor fizico-mecanice la vârste înaintate (112 zile);

Toate cele trei aspecte confirmă aportul benefic indus în compoziția cementoasă prin adaos SG, respectiv prin creșterea procentului de adaos ca substituție a agregatului natural. Astfel, se remarcă:

- Densitatea aparentă în stare întărită confirmă îmbunătățirea împachetării matricei cementoase în acord cu creșterea procentului de substituție;

Performanțele fizico-mecanice la vârstele de 7, 28, respectiv 112 zile reprezentate prin rezistența la întindere prin încovoiere (3PB) și respectiv rezistența la compresiune, reprezintă parametri esențiali în evaluarea comparativă și identificarea compozițiilor prototip Mortar SG.

Analiza comparativă presupune:

- Analiza dinamicii de performanță compozițională de la vârstă tânără (7 zile), la vârstă de referință (28 zile) și vârstă târzie (112 zile);
- Analiza performanței compoziției SG în funcție de procentul de substituție și prin raportare la referințe R1 și R2;
- Analiza performanțelor individuale SG1 ... SG6, cu diferite procente de substituție, pentru evaluarea influenței sursei de material SG în stabilitatea compozițională a mortarelor SG.

Determinările în stare întărită și evaluarea comparativă a performanțelor conduc la identificarea compozițiilor SG 30% și SG 50% ca prototip Mortar SG. Compozițiile de tip SG 10% nu oferă modificări dramatice, iar procentul de substituție, 10%, este prea mic pentru a putea genera potențial de transfer tehnologic în zona compozițională a mortarelor și microbetoanelor uzuale. Compozițiile de tip SG 10% au rol de confirmare a trendului identificat și de identificare a unor eventuale anomalii compoziționale ce pot surveni în proiectarea amestecurilor.

Concluzii:

Deșeurile SG pot fi integrate pozitiv în materialele pe bază de ciment, deoarece se dovedesc compatibile cu sistemul liant, cementos și, de asemenea, cu nisipul obișnuit. Testarea fizică și chimică inițială a SG ca potențial substitut al nisipului local obișnuit 0/4, împreună cu performanța fizică și mecanică a eco-mortarelor inițiale propuse obținute în această investigație experimentală preliminară confirmă, parțial, concluziile studiilor recente în subiectul și, de asemenea, potențialul deșeurilor abrazive de Garnet (SG) pentru integrarea în materialele de construcție pe bază de ciment.

Testarea preliminară și evaluarea comparativă pentru parametri semnificativi (performanțe în stare proaspătă și întărită, variația procentului de adaos SG, de la 10%

la 30%, precum și dinamica performanțelor mecanice în timp conduc la concluzia identificării compozițiilor SG 30% și SG 50% ca MORTARE SG PROTOTIP.

În același timp, caracteristici relevante de performanță mecanică și durabilitate ale MORTARE SG PROTOTIP, împreună cu testele specifice privind evaluarea contaminării cu materiale cu potențial nociv pentru sănătatea populației, ale adaosurilor SG derivate din mai multe surse, reprezintă considerente critice în evoluția demersului științific ulterior, în corelare directă cu liniile directoare de aplicabilitate pentru valorificarea deșeurilor de Garnet (SG) de valorificare în proiectarea circulară pentru produse eco-inteligente de construcții.

2. Compoziții cementoase preliminare (mortare) cu conținut de Zgură de oțelărie (ZG) ca substitut parțial de agregat (nisip)

Evaluarea comparativă a performanțelor compozițiilor RS, dezvoltate cu adaosuri minerale inerte de tip agregat concasat zgură de oțelărie (RS) ca substitut parțial de agregat (nisip uzual) a fost realizată considerând aspectele specificate în etapa anterioară:

- Evaluarea preliminară a performanțelor RS în cadrul procesului de triaj specific pentru selectarea adaosurilor țintă (AdT), cu identificarea potențialului privind valorificarea în proiectarea circulară pentru produse eco-inteligente de construcții;
- Identificarea compatibilității primare a adaosurilor RS cu materia primă uzuală (lianți hidraulici/activator alcalin, agregate naturale, adaosuri, aditivi etc.)
- Dezvoltarea direcțiilor ulterioare de investigare științifică, în acord cu concluziile inițiale ale procesului teoretic și experimental preliminar.

Evaluarea vizuală a compozițiilor dezvoltate cu adaos RS indică a alterare a lucrabilității mortarului odată cu utilizarea agregatului RS și respectiv în acord cu creșterea procentului de substituție, de la 25% la 50%, fapt remarcat inclusiv în etapa anterioară. Repetarea determinărilor în stare proaspătă confirmă concluziile inițiale și conduc la direcțiile de investigare științifică identificate anterior.

Astfel, aspectul extrem de vârtos al compoziției RS-25%-1, realizat cu raport $A/C = 0.56$, similar compoziției referință R2, determină dezvoltarea compoziției RS-25%-2, cu adaos suplimentar de apă, respectiv raport $A/C = 0.61$, și implicit raportare directă cu mortarul R1, cu raport A/C similar. Referința R1 prezintă însă o consistență extrem de fluidă, prin adaosul ridicat de apă, prezentând urme de început de segregare compozițională. Compoziția cu adaos ridicat de agregat concasat de zgură de oțelărie, 50%, respectiv RS- 50%, a fost realizată cu un raport similar, $A/C = 0.61$, prezentând lucrabilitate extrem de scăzută și manipulare anevoioasă la amplasarea în tiparele prismatice. Rezultatele culese din zona consistenței cu masa de împrăștiere oferă confirmarea reducerii lucrabilității mortarului RS și necesitatea ameliorării acestui aspect. Determinările în stare proaspătă întăresc concluzia identificată în etapa anterioară referitoare alterarea lucrabilității prin substituirea nisipului uzual de tip SG, respectiv prin creșterea procentului de substituție. Densitatea în stare proaspătă confirmă împachetarea deficitară a matricei, fapt ce conduce la scăderea densităților. De asemenea, consistența determinată prin metoda masei de împrăștiere confirmă acest efect.

Performanțele mecanice la 28 zile (flexiune și compresiune) confirmă potențialul de integrare al agregatului RS în materiale cu liant mineral, specificat în etapa anterioară pentru vârste tinere (7 zile).

Etape ulterioare ale demersului științific se vor concentra pe ameliorarea lucrabilității prin utilizarea aditivilor, în vederea echilibrării aportului de apă în compoziție și implicit prevenția alterării performanțelor mecanice.

Testarea preliminară și rezultatele corespunzătoare oferă concluzii încurajatoare cu privire la viabilitatea conceptului. Deșeurile RS pot fi integrate pozitiv în materialele pe bază de ciment, deoarece se dovedesc compatibile cu sistemul liant, cementos și, de asemenea, cu nisipul obișnuit. Testarea fizică și chimică inițială a RS ca potențial substitut al nisipului local obișnuit 0/4, împreună cu performanța fizică și mecanică a eco-mortarelor inițiale propuse obținute în această investigație experimentală preliminară confirmă, parțial, concluziile studiilor recente în subiectul și, de asemenea, potențialul agregatelor concasate de oțelărie (RS) pentru integrarea în materialele de construcție pe bază de ciment.

Comportamentul compozițional dezvoltat cu o probă RS susține compatibilitatea adaosului cu componentele uzuale ale compozitelor cementoase, confirmând identificare a adaosului ADD-S 3, ca adaos țintă AdT 2, în etapa anterioară (vezi Raport Faza 4, PN 23 35 04 01) cu potențial ridicat de utilizare în cadrul produselor de construcții.

Capitolul 3

Acest capitol s-a concentrat pe un program experimental privind utilizarea materiilor prime locale pentru tehnica construcției din pământ turnat, care folosește pământ stabilizat/nestabilizat în formă fluidă, ce este apoi turnat în matrițe/tipare/cofraje pentru a crea pereți de pământ, autoportanți, durabili. Materialul de pământ a fost extras din județul Timiș, România, o zonă cu o tradiție bogată în construcții din pământ. Pe lângă cele două cariere de pământ avute în vedere în Faza3/2023 s-a adăugat în studiu un pământ argilos din locația „J”, în această fază fiind analizat pământ extras de la trei adâncimi. Cele trei tipuri diferite de soluri, nisip/pietriș și dispersant au fost amestecate și testate pentru a evalua lucrabilitatea/consistența la turnare, apariția crăpăturilor, contracția, uscarea și rezistența, pentru a dezvolta în continuare un amestec pentru pereții de pământ.

Pentru a putea fi turnat, compozițiile trebuie să îndeplinească în etapele finale ale cercetării trei cerințe principale:

- o Trebuie să aibă o fluiditate ridicată pentru a fi turnat/pompat și, ideal, auto-compactant.

- o La momentul turnării în matrițe, ar trebui să prezinte un comportament de tranziție lichid-solid, permițând peretelui să-și susțină greutatea după o perioadă scurtă de uscare. În plus, rezistența mecanică minimă obținută în stare umedă ar trebui să fie de aproximativ 0.07 MPa (Pinel A., et al., 2017), obținută în mai puțin de 24 de ore;

- o Ar trebui să fie formulat cu o formulă generală compatibilă cu variabilitatea largă a materiilor prime pe bază de pământ. Pentru a realiza acest lucru, pe lângă analiza clasică a corecției granulare, trebuie luate în considerare și efectele asupra proprietăților higrotermale și de reciclare, folosind aditivi non-toxici.

Programul experimental în etapa preliminară a propus un amestec de referință (R), urmat de adăugarea procentuală/masă a disperantului/defloculant (D). În urma stabilirii procentului optim de disperant rezultat în urma turnărilor, cu acel procent s-a trecut la faza 2 a programului experimental care are ca obiectiv introducerea procentuală a nisipului 0/4 (N) în compoziție realizând apoi analize comparative.

Compozițiile preliminare au fost proiectate utilizând următoarele materiale constituențe:

- Pământ argilos, provenit din sursele locale: PA C1, PA C2 și PA C3;
- Agregat natural cu clasa granulometrică 0/4 (nisip, N);
- Apă (potabilă, de la robinet) (A);
- Defloculant (D - Tripolyphosphate de sodium E451).

Din analiza diagramelor de distribuție granulometrice ale pământurilor analizate rezultă conținutul de argilă, sintetizat în următorul tabel.

Pământ	Argilă Cl	Praf Si	Nisip Sa	Pietriș Gr	Denumire pământ cf. Sr EN ISO 17892-4, SR EN ISO 14688-1,2, NP074-2022
C1	40,00	56,34	3,66	0,00	Cl/siCl – argilă/argilă prăfosă
C2	23,50	49,91	26,37	0,22	sasiCl – argilă prăfosă nisiopoasă
C3a (J)	13,00	77,68	9,32	0	clSi – praf argilos
C3b (J+N1)	10,00	78,38	11,62	0	clSi/Si – praf argilos/Praf
C3c (J+N2)	1,00	32,55	66,45	0	sifSa – nisip prăfos

Pe baza rezultatelor experimentale se poate spune că, din punct de vedere a naturii pământului argilos, acesta se încadrează în categorii diferite, respectiv, argilă/argilă prăfosă/argilă prăfosă nisiopoasă/praf argilos/praf/nisip prăfos. Având în vedere scopul și destinația de utilizare preconizate, pentru programul experimental au fost selectate trei tipuri de pământ argilos (PA): C1, C2 și C3a (denumit în continuare C3) datorită conținutului mare de argilă: C1 - 40%, C2 - 23,50% și C3 - 13,00%. Pământurile C3b și C3c au fost excluse din cauza conținutului mic de argilă.

În vederea realizării turnărilor preconizate în programul experimental a fost concepută o procedură de lucru evidențiată în raportul extins.

Aspectul în stare proaspătă al compozițiilor dezvoltate cu pământ argilos PA confirmă aportul pozitiv adus de adaosul de defloculant și agregat sub aspectul lucrabilității și coezivității generale compoziționale.

Elemente relevante privind evaluarea aspectului compozițional în stare proaspătă este prezentat în Fig. 1. Se poate observa îmbunătățirea lucrabilității și a coezivității generale pornind de la compozițiile de referință (doar PA), PA + 2,5%D și PA 2,5%D+40%N.



Fig.1. Aspectul compozițiilor la finalul timpului de malaxare:

PA C1, PA C1 +2,5%D, PA C1 +2,5D+40%N;

PA C2, PA C2 +2,5%D, PA C2 +2,5D+40%N;

PA C3, PA C3 +2,5%D, PA C3 +2,5D+40%N

Pe baza diagramelor de uscare, prezentate pe larg în raportul extins, se poate concluziona că, prin uscare are loc o reducere pentru C1 cu 16% -19% a masei, pentru C2 cu 14% -19% a masei, pentru C3 cu 18% -21% a masei, aceasta reprezentând cantitatea

de apă evaporată. În general, din aspectul curbelor, se observă că majoritatea procesului de uscare are loc în intervalul 0-48h, după care se înregistrează o reducere a pantei în intervalul 2 zile – 5 zile și aproape o liniarizare a diagramei după 5 zile. Aceasta ar putea fi interpretat ca un semn că procesul de uscare este intens în primele 48h, respectiv, tendința de atingere a umidității de echilibru după aceste 5 zile este evidentă, ceea ce conduce la posibilitatea stabilirii indicatorului tehnologic „durata de uscare” ca fiind de 5 zile la 23°C, cu ventilație forțată în primele 24/48 ore.

Din punct de vedere al contracțiilor la uscare, în funcție de PA utilizat, s-au înregistrat contracții longitudinale cuprinse în limitele 6,3% - 12,2%, și contracții transversale cuprinse în intervalul 6,4% - 10,8%, pentru pământul argilos C1; contracții longitudinale cuprinse în limitele 4,0% - 6,3%, și contracții transversale cuprinse în intervalul 3,9% - 6,5%, pentru pământul argilos C2, și, respectiv, contracții longitudinale cuprinse în limitele 0,5% - 8,9%, și contracții transversale cuprinse în intervalul 0,5% - 3,2%, pentru pământul argilos C3, fără a se putea identifica o corelare clară de evoluție între contracțiile longitudinale și cele transversale. Pentru compozițiile considerate cele mai viabile, respectiv cele cu 40% substituție nisip și 2,5% defloculant utilizând pământul argilos C2, respectiv, C3, au fost înregistrate contracții liniare de 6.2% pentru C2, și 1.3% pentru C3, ceea ce indică o bună compatibilitate cu domeniul de utilizare preconizat.

Compozițiile turnate și testate sunt evidențiate în funcție de tipul de pământ argilos, dozajul de defloculant (D) și procentajul de substitut (N) utilizat raportat la masa de (PA). Ca observație generală, pentru toate compozițiile de pământ turnate, lucrabilitatea în termeni de consistență este îmbunătățită odată cu adăugarea de defloculant (D). Acest comportament este atribuit mecanismului de acțiune al disperantului, care modifică interacțiunile argilei prin rearanjarea particulelor de argilă datorită defloculării reprezentând factorul principal al creșterii lucrabilității. Se poate considera că la nivel microstructural există o tranziție de la o structură de tip „Honey comb” sau o interacțiune de tip suprafață (-)/capăt (+) la o structură lamelară cu o interacțiune de tip suprafață (-)/suprafață (-). Structura de tip lamelă ajută în mod evident lucrabilitatea, respectiv, după uscare poate crește rezistența datorită unei suprafețe de contact mai mari între particulele de argilă, în timp ce dimensiunea lamelilor de argilă scade.

Analizând în detaliu comportamentul fiecărui mortar de argilă, creșterea de rezistență la compresiune cu 15% este evidentă în cazul PA -C2 odată cu creșterea procentajului de defloculant de la 0.3% la 2.5% din masa (PA)., respectiv o scădere a contracțiilor cu 55%. În cazul pământului argilos PA-C3 o creștere a rezistenței la compresiune medie de 10% respectiv o scădere a contracțiilor medii de 200%.

La compozițiile cu defloculant și substitut (N) în cazul pământului argilos PA-C2 rezistențele la compresiune au o tendință de scădere cu diminuare de contracții, compoziția R29 având $R_c=2.9$ MPa, respectiv la PA-C3 se observă o scădere a rezistențelor la compresiune sub nivelul de 2.5 MPa cu o reducere drastică a contracțiilor sub 2.5 mm.

Pe baza rezultatelor experimentale s-au identificat compozițiile care prezintă cele mai bune rezultate din punct de vedere al rezistențelor mecanice, astfel

- Pentru compoziții cu PA C2:
 - R26 și R29 din punct de vedere al rezistenței la compresiune;
 - R32, R35 și R38 cu valori ale $R_c > 2.0$ MPa pot fi avute în vedere la ameliorare compozițională cu adaos de polimeri.
- Pentru compoziții cu PA C3:
 - R18 și R30 din punct de vedere al rezistenței la compresiune.

- Pentru acest tip de PA, substituția cu nisip deși are un efect pozitiv asupra contracțiilor conduce la diminuarea rezistențelor mecanice.

Capitolul 4:

În acest capitol este prezentată activitatea întreprinsă de echipa de cercetare cu privire la inițierea transferului tehnologic/tehnologie/cunoștințe către mediul privat.

În acord cu obiectivul general OG2 respectiv cu obiectivele specifice privind transferul tehnologic (transfer de tehnologie) asumate prin proiect privitor la cele două direcții de cercetare au fost realizați pași concreți astfel:

- Pe direcția de dezvoltare a unor soluții inovatoare ingineresti pentru produse eco-inteligente de construcții, (de tip Eco-CP ca produs final):
 - Analiza oportunităților de valorificare a zgurii de furnal - ADD-S 3: Zgura de oțelărie (agregat concasat de oțelărie, ZG) în produse pentru construcții
 - Evaluarea liniei tehnologice pentru realizarea elementelor de pavaj a unei companii private din jud. Arad;
 - Punerea în funcțiune în laboratorul INCERC a echipamentului pentru producția experimentală de produse de pavaj prin integrarea adaosurilor specifice
 - Analiza oportunităților de valorificare a ADD-S 2: Reziduu de tip Garnet (Deșeu de nisip Garnet (SG) din Regiunea de Vest) în produse pentru construcții
 - Evaluarea unui centru de prelucrare a materialelor, dotat cu un utilaj de debitare cu jet de apă și nisip abraziv tip Garnet.
- Pe direcția de valorificare a patrimoniului urbanistic vernacular și de fructificare conceptuală și aplicativă a tehnologiei tradiționale de realizare a spațiului locuit din pământ
 - Contractul de dezvoltare și transfer de cunoștințe încheiat cu ECO LIVING PROJECT SRL în care se va evalua posibilitatea de utilizare a pământurilor argiloase în produse pentru construcții prin următoarele livrabile:
 - cercetări experimentale relevante domeniului și caracterizare amestecuri pe bază de pământ argilos furnizat de către beneficiar;
 - elaborare raport de cercetare;
 - obținerea unei forme de certificare conform legislației în vigoare, după caz.

Capitolul 5:

În acest capitol sunt prezentate detaliat activități de diseminare a rezultatelor în cadrul unor manifestări naționale și internaționale și/sau publicații sau alte forme

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

Obiectivul fazei, concentrat pe evaluarea și selectarea prototipurilor în condiții de laborator: Compoziții Eco-Clay și Materiale Eco-CCM **a fost realizat integral, prin rezultatele obținute**, enunțate după cum urmează:

- Raport științific de analiză date și evaluare primară a compozițiilor Eco-Clay și Eco-CCM;
- Raport științific privind analiza comparativă și selecție prototipuri Eco-Clay și Eco-CCM;
- Raport științific de analiză a oportunității de utilizare a tehnicilor avansate de tip NDT
- Raport privind demarare transfer tehnologic către mediul privat
- Diseminare științifică specifică

Concluziile derivate din analiza globală a rezultatelor obținute, sintetizate în rapoartele menționate anterior, împreună cu sinteza activităților de diseminare a rezultatelor cercetării, indică o evoluție favorabilă a cercetării;

Diseminare științifică specifică;

- a) **Salonul Internațional al Inovării și Cercetării Științifice Studențești, "Cadet INOVA'24" -®**, Academia Forțelor Terestre "Nicolae Bălcescu", Sibiu, 11 - 13 Aprilie 2024
1. **THE VALUATION OF MINERAL ADDITIONS, WASTES AND INDUSTRIAL BY-PRODUCTS IN ECO-INTELLIGENT MATERIALS AND PRODUCTS FOR CONSTRUCTION WITH REGARD TO THE CIRCULAR ECONOMY CONCEPT**, autori: Ana-Cristina VASILE, Cornelia BAERĂ, Aurelian GRUIN Bogdan BOLBOREA, Alexandru ION
- Lucrare publicată în CATALOGUL OFICIAL AL SALONULUI „Cadet INOVA”® Nr. 9/2024, ISSN 2501-3157 ISSN-L 2501-3157, pp. 381.
 - Prezentare: Video;
 - Premii: Premiu special oferit de Forumul Inventatorilor Români
- b) **Expoziție EUROINVENT - EUROPEAN EXHIBITION OF CREATIVITY AND INNOVATION**, 6 - 8 Iunie, 2024 in Iasi, Romania (<https://www.euroinvent.org/>)
1. **Preliminary studies on the use of clay materials (compositional matrix) in construction products** autori: Gruin Aurelian, Baeră Cornelia, Vasile Ana-Cristina, Bolborea Bogdan, Ion Alexandru
- Lucrare publicată Euroinvent Proceedings Catalogue 2024: ISSN Print: 2601-4564 Online: 2601-4572, pp. 467-468
 - Prezentare: Poster;
 - Premii: Diplomă de Excelență; Diplomă de argint
 - Aurelian Gruin: Medalia de Aur și Certificat de Excelență din partea INOVESS GROUP – European Consortium for Innovation
2. **Study for Integrating Steel Furnace Slags (SFS) in Construction Materials as Sustainable Solution for Aggregate Replacement** autori: Baeră Cornelia, Vasile Ana-Cristina, Gruin Aurelian, Bolborea Bogdan, Ion Alexandru
 3. Lucrare publicată Euroinvent Proceedings Catalogue 2024: ISSN Print: 2601-4564 Online: 2601-4572, pp. 466-467
 4. Prezentare: Poster;
 5. Premii: Medalie de Aur;
 6. Cornelia Baeră: Premiul special din partea Asociației Corneliugroup.
- c) **Conferința internațională: International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture" Iunie 6-8, 2024, USAMV București, România,**
1. **STUDIES ON THE CURRENT CONTEXT OF AIR QUALITY INSIDE EARTHEN BUILDINGS** - Vasilica VASILE, Cornelia BAERĂ, Aurelian GRUIN, Adrian-Alexandru CIOBANU, Bogdan BOLBOREA
- Prezentare poster, 07.06.2024 cf. program:
https://agricultureforlife.usamv.ro/images/2024/Program/A4LIFE_2024_Conference_Programme.pdf.
- o Rezumat publicat în Book of Abstracts (ISSN 2457-3248; ISSN-L 2457-3248), pag. 44, disponibil la:
https://agricultureforlife.usamv.ro/images/2024/Book_of_Abstracts/Book_of_Abstracts_Land_Reclamation_2024.pdf

- Trimis spre publicare către Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering. (Indexed by Web of Science Core Collection– ISI), <https://landreclamationjournal.usamv.ro/index.php>

2. STUDIES REGARDING THE USE OF POURED EARTH IN BUILDINGS - Aurelian GRUIN, Cornelia BAERĂ, Sorin DAN, Bogdan BOLBOREA, Ana Cristina VASILE

Prezentare poster, 07.06.2024 cf. program:

https://agricultureforlife.usamv.ro/images/2024/Program/A4LIFE_2024_Conference_Programme.pdf.

- Rezumat publicat în Book of Abstracts (ISSN 2457-3248; ISSN-L 2457-3248), pag. 29, disponibil la:
https://agricultureforlife.usamv.ro/images/2024/Book_of_Abstracts/Book_of_Abstracts_Land_Reclamation_2024.pdf
- Trimis spre publicare către Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering. (Indexed by Web of Science Core Collection– ISI), <https://landreclamationjournal.usamv.ro/index.php>

3. RECYCLING OF STEEL FURNACE SLAGS (SFS) BY EFFICIENT INTEGRATION IN CONSTRUCTION MATERIALS AS AGGREGATE PARTIAL REPLACEMENT - Cornelia BAERĂ, Aurelian GRUIN, Ana-Cristina VASILE, Bogdan BOLBOREA, Alexandru ION, Gabriela BĂNĂDUC

Prezentare poster, 07.06.2024 cf. program:

https://agricultureforlife.usamv.ro/images/2024/Program/A4LIFE_2024_Conference_Programme.pdf.

- Rezumat publicat în Book of Abstracts (ISSN 2457-3248; ISSN-L 2457-3248), pag. 68, disponibil la:
https://agricultureforlife.usamv.ro/images/2024/Book_of_Abstracts/Book_of_Abstracts_Land_Reclamation_2024.pdf
 - Trimis spre publicare către Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering. (Indexed by Web of Science Core Collection– ISI), <https://landreclamationjournal.usamv.ro/index.php>
- d) Salonul Internațional de Inventii și Inovații „TRAIAN VUIA” Timișoara, ediția a X -a, în perioada 13-15 iunie 2024**
- Prezentarea și susținerea materialelor intrate în comisia de jurizare din cadrul INCD URBAN-INCERC aferente programului nucleu din cadrul Planului Național de Cercetare Dezvoltare și Inovare 2022-2027, derulat cu sprijinul MCID, "ECODIGICONS".
- e) SIMTECH Editia a 14-a, 23-24 mai 2024 Facultatea de ingineria materialelor și ingineria mediului; HUB – UTCN cu tema: “GREY is the new GREEN – reciclarea sustenabilă a deșeurilor și subproduselor industriale prin realizarea de materiale inovative pentru construcții**
- INCD URBAN-INCERC în calitate de organizator de workshop a prezentat obiectivele și gradul de implementare a patru proiecte în curs de desfășurare în cadrul INCD URBAN-INCERC, respectiv, PN 23 35 05 01, PN 23 35 03 01, PN 23 35 02 01 și PN 23 35 04 01, toate având ca și element comun promovarea unui mediu construit

sustenabil, cu accent puternic pe promovarea Economiei Circulare prin identificarea și integrarea unor deșeuri și subproduse agro-industriale ca materii prime pentru dezvoltarea unor materiale inovative destinate sectorului construcțiilor.

- f) **Workshop realizat în cadrul INCD URBAN-INCERC pentru prezentarea stadiului realizării proiectului de cercetare PN 23 35 04 01 (anul 2023), online, 16.05.2024.**
- g) **Examen EIACSDR – prezentarea proiectului de cercetare doctorală, în cadrul scolii doctorale IOSUD din Universitatea POLITEHNICA Timișoara, doctorand Aurelian Gruin.**

Stadiul de implementare a proiectului corespunde obiectivului propus pentru această fază. Concluziile indică rezultate favorabile, care fundamentează continuarea proiectului astfel încât se propune continuarea cu etapa următoare ce are ca obiectiv: Analiza generală pentru proiectarea tehnologiilor inovative pentru elemente realizate cu Eco-Clay și a produselor Eco-CP (material de bază Eco-CCM).

Responsabil proiect

ing. Aurelian Gruin

