

Anexa 10 la Contract nr. 41N/18.01.2023
(anexa la procesul verbal de avizare internă nr. 32/22.11.2024)

Contractor: INCĐ URBAN-INCERC
Cod fiscal : RO 26752660

De acord,
DIRECTOR GENERAL
dr. ing. **Claudiu-Sorin DRAGOMIR**



Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM
dr. ing., ec. **Alexandra Marina BARBU**

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 41N/18.01.2023

Proiectul: Sistem integrat de dezvoltare și cercetare științifică a construcțiilor și a infrastructurilor vitale la acțiuni extreme de mediu, seismice și climatice și valorificarea resurselor sustenabile de materiale și energie

Faza: 6 - Modernizarea infrastructurii de cercetare și dezvoltarea tehnologică prin extinderea capacității de cercetare - dezvoltare a Laboratorului INCERC de Cercetare Aplicată și Încercări în Construcții - IHS în domeniul seismic și implementarea metodelor noi de cercetare în domeniu climatic

Termen de încheiere a fazei: 22.11.2024

1. Obiectivul proiectului:

Obiectivul general al proiectului vizează deschiderea de noi direcții de cercetare și dezvoltare, a studiilor dedicate atingerii unui țel de interes major pentru societate și anume creșterea rezilienței comunitare la acțiuni extreme de mediu, seismic și climatice.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

- conștientizarea impactului schimbărilor de mediu, de natură climatică și seismică, asupra siguranței civile (F.1.) și creșterea gradului de cunoaștere a cerințelor actuale de protecție, față de acestea (F.2.);
- clasificarea surselor sustenabile de materiale pentru construcții din punct de vedere al caracteristicilor și disponibilității acestora pe teritoriul României (F.3. și F.4.);
- prezentarea unor metode și mijloace de cercetare experimentală pentru soluții inovative de asigurare a securității civile, la acțiunile dinamico-seismice (F.5.);
- dezvoltarea tehnologică a capacității de cercetare a Laboratorului INCERC de Cercetare Aplicată și Încercări în Construcții - IHS în domeniul climatic și seismic (F.5. și F.6.);
- modernizarea și extinderea dotării Laboratorului INCERC de Cercetare Aplicată și Încercări în Construcții - IHS în vederea studierii impactului expunerii la acțiuni extreme de mediu prin achiziția echipamentelor performante specifice domeniului studiat (F.7.);
- conceperea și certificarea a minimum 3 elemente structurale autoportante din materialele sustenabile tradiționale studiate în zone de expunere la acțiuni climatice extreme (F.8 și F.9.);
- creșterea complexității de evaluare a caracteristicilor de durabilitate prin expunerea la acțiuni extreme de mediu, climatice și seismice (F.10.);
- elaborarea metodelor de cercetare integrată a elementelor structurale la acțiuni extreme de mediu, seismice și climatice (F.11. și F.12.);
- realizarea unui ghid de proiectare și execuție a elementelor structurale autoportante din materialele sustenabile rezistente la acțiuni extreme de mediu (F.13.);
- protejarea drepturilor de autor și pregătirea cadrului favorabil transferului tehnologic (F.13.);
- încurajarea transferului tehnologic prin acordarea suportului necesar mediului privat în aplicarea soluțiilor inovative (F.14.);
- diseminarea rezultatelor obținute va fi efectuată în mod continuu, pe parcursul celor 14 faze ale proiectului.

3. Obiectivul fazei:

Cercetarea a avut drept obiectiv principal realizarea studiilor preliminare privind conceperea metodelor și mijloacelor în vederea efectuării programului de cercetare experimentală la acțiunile seismice, precum și realizarea studiilor experimentale în vederea dezvoltării a trei prototipuri de elemente structurale autoportante din materiale sustenabile locale.

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

În urma desfășurării activităților prevăzute în cadrul prezentei faze a proiectului, respectiv studii preliminare privind conceperea metodelor și mijloacelor de cercetare experimentală la acțiunile seismice precum și studii experimentale în vederea dezvoltării a trei prototipuri de elemente structurale autoportante din materiale sustenabile locale, pentru atingerea obiectivului fazei și livrabilele propuse sunt:

- raport de fază;

- minim 2 participări la târg de inventică și inovare;
- minim 3 prototipuri de elemente structurale autoportante;
- minim 1 articol indexat în Web Of Science;
- minim 1 indicator măsurabil (promovare, angajare personal CD, curs de perfecționare etc.);
- minim 1 articol publicat în reviste BDI recunoscute sau participare la conferințe naționale;
- organizare minim 1 workshop de diseminare a rezultatelor obținute;
- minim 1 cerere brevet de invenție.

5. Rezumatul fazei:

Obiectivul general al proiectului este stabilit astfel încât să răspundă la două dintre obiectivele generale (O.G.) ale Strategiei Naționale de Cercetare, Inovare și Specializare Inteligentă 2022-2027 (SNCISI 2022-2027), și anume: *O.G.1. Dezvoltarea sistemului de cercetare, dezvoltare și inovare* și *O.G.3. Mobilizarea către inovare*, precum și nevoilor societale actuale de dezvoltare a unor material tradiționale sustenabile și a acțiunilor extreme de mediu (climatice, dinamice și seismice), concomitent cu alinierea la cei trei piloni ai dezvoltării durabile, și anume: economic, social și de mediu, inclusiv valorificarea specificului național tradițional și atragerea resursei umane specializate către domeniul C-D, prin crearea unui cadru de lucru modern și a unei infrastructuri de C-D capabilă să susțină cercetări de importanță și complexitate majoră pentru mediul economic din România.

Sucursala Iași, înființată în iunie 1956 datorită inițiativei profesorului Anton Șesan și sprijinului autorităților centrale și locale, reprezintă un pilon important al cercetării în domeniul construcțiilor din România. În 1966, datorită efortului susținut specialiștilor ieșeni din cadrul INCERC, a fost proiectată și pusă în funcțiune o platformă seismică programabilă, cu o capacitate de 140 tf. Aceasta a reprezentat un pas major pentru testarea comportamentului structurilor în condiții seismice, fiind o premieră națională.

Dezvoltarea și diversificarea activității de cercetare în scopul limitării impactului acțiunilor seismice asupra mediului construit, au fost obiective urmărite constant de Laboratorul INCERC de Cercetare Aplicată și Încercări în Construcții - IHS din cadrul Sucursalei Iași URBAN - INCERC și care au putut și pot fi atinse prin creșterea capacității de cercetare-dezvoltare (C-D), privită complex prin formarea de specialiști, inovarea de metode și soluții, modernizarea și dezvoltarea infrastructurii laboratorului cu echipamente de cercetare, moderne și performante.

Coerența strategiei de dezvoltare pusă în practică de un număr mare de ani, a condus la statutul de laborator unic în țară, ca domeniu de activitate, resurse umane specializate, echipamente și metode moderne de cercetare, apt să poată aborda cercetări importanță strategică și complexitate sporită pentru societatea românească.

Printre cele mai recente și importante achiziții specifice testării în regim dinamic poate fi menționat simulatorul Sentek, caracterizat de o gama de frecvență utilă în intervalul 5-3000 Hz, accelerație maximă în regim sinusoidal de 100 g, și capacitate maximă de încărcare de 300 kg, capabil să supună obiectul certificării la vibrații sinusoidale, vibrații aleatorii, șocuri cu impulsuri de generare de diferite forme și

caracteristici, impact etc conform cerințelor standardelor aplicate: EN 60068-2-64 (vibrații aleatorii), EN 60068-2-6, (vibrații sinusoidale), EN 60068-2-27 (Șocuri), EN 60068-3-3 (Metode de încercări seismice ale echipamentelor), EN ISO 2247 (Încercare la vibrații cu frecvență joasă fixă) etc.

Extinderea capacității de Cercetare – Dezvoltare în vederea asigurării creșterii poziției în comunitatea științifică de profil, internă și internațională, precum și competitivitatea pe termen lung la nivel european reprezintă o direcție asumată de către laboratorul IHS. Modernizarea infrastructurii de cercetare din cadrul acestei faze a vizat echiparea simulatorului dinamic cu o placă de alunecare monobază, capabilă să asigure versatilitatea prin conversia între poziții verticale și orizontale, oferind precizie și fiabilitate în desfășurarea încercărilor, astfel fiind posibilă îmbunătățirea calității și gamei de servicii de cercetare de laborator, cu aplicabilitate directă în economie.

Totodată, în cadrul acestei faze au fost continuate studiile privind dezvoltarea elementelor de zidărie autoportante din materiale sustenabile locale. Proiectarea și dimensionarea acestora s-au bazat pe concluziile experimentale obținute anterior pe mortarele pe bază de argilă.

Printre obiectivele specifice ale proiectului, s-a urmărit identificarea unor soluții practice și eficiente pentru utilizarea materialelor tradiționale și locale destinate în principal comunităților vulnerabile din mediul rural. Aceste soluții trebuie să fie ecologice, durabile și accesibile atât din punct de vedere financiar, cât și tehnologic. Una dintre abordările fundamentale ale proiectului a fost integrarea deșeurilor vegetale (paie, rumeguș, cânepă) în compoziția elementelor de zidărie, promovând astfel utilizarea resurselor regenerabile.

Conform datelor publicate de Institutului Național de Statistică, agricultura a reprezentat aproximativ 5% din PIB-ul României în 2022, generând peste 60% din totalul deșeurilor municipale sub formă de deșeuri vegetale. Problema deșeurilor, privita în ansamblu, este una complexă și de anvergură, devenind tot mai stridentă o dată cu creșterea continuă a consumului. Aceste deșeuri biodegradabile contribuie, prin descompunerea lor, la emisia de gaze cu efect de seră, precum metanul, accentuând schimbările climatice. Reutilizarea acestor materiale în construcții poate reduce considerabil impactul lor asupra mediului.

Unul dintre indicatorii de performanță a fost dezvoltarea a trei prototipuri de elemente structurale autoportante, diferențiate prin tipul de adaos vegetal utilizat: paie, rumeguș și cânepă. Paiele, generate în cantități semnificative din producția de grâu (România fiind pe locul 4 în UE la acest capitol, reprezintă o resursă disponibilă, cu milioane de tone produse anual. Rumegușul, produs secundar al industriei de prelucrare a lemnului, este cel mai abundent în regiunile montane, constituind o soluție accesibilă pentru realizarea materialelor de construcție ușoare și eficiente din punct de vedere termic. Cânepa, o plantă tradițională în România, este din nou în creștere datorită subvențiilor și interesului pentru utilizările sale diverse. Regiunile vestice (județele Timiș, Alba, Arad) și zonele colinare din Transilvania și Moldova sunt cele mai favorabile pentru această cultură.

Îmbunătățirea lucrabilității compozitului argilos s-a realizat cu ajutorul aditivilor. Procesul de contracție este influențat de mai mulți factori: cantitatea de nisip sau a altor

agregate mari, conținutul de apă, tipurile și cantitățile de minerale argiloase, distribuția granulației agregatelor. Analiza compoziției pământului argilos poate fi realizată printr-o serie de teste desfășurate în situ, precum: testul privind conținutul de apă, testul sedimentării, testul aruncării mingii etc, cât și în condiții de laborator: testul de plasticitate Atterberg, testul de compactare Proctor și testul de contracție la uscare.

Introducerea deșeurilor vegetale, precum paie tocate, rumeguș sau cânepă contribuie la sporirea forței de legătură a amestecului reducând apariția fisurilor. Stabilizatorii acoperă mineralele din argilă și opresc pătrunderea apei care poate genera modificări volumetrice. Rezistența la apă poate fi crescută prin schimbarea distribuției granulației de pământ și nisip. Unele cercetări au arătat că adăugarea de clei natural poate îmbunătăți comportamentul amestecurilor în condiții de umiditate și variații de temperatură, făcându-le mai potrivite pentru construcții durabile în medii variate. Cele mai cunoscute tehnologii de execuție ale elementelor din argilă cu fibre sunt: tehnologia „Cob”, tehnologia cu baloți de paie, tehnologia „Clay-Straw” tehnologia „Tuf” cu paie, tehnologia „Rammed Earth” cu Fibre și tehnologia „Adobe”.

Conform materialelor publicate în revistele de specialitate, elementele tradiționale din argilă nearsă cu fibre au lungimea cuprinsă între 250–300 mm, lățimea între 120–150 mm și grosimea între 50–80 mm. Factori care influențează dimensiunile acestora sunt tipul fibrei, metoda de fabricație și proporțiile materialelor.

În prezent, sunt studii frecvent întâlnite în centre academice din Europa, Asia și Africa, unde specialiștii testează combinații variate de argilă, nisip, ciment și materiale vegetale pentru a găsi formule optime în funcție de condițiile climatice și de resursele regionale. În plus, proiectele de cercetare realizate în colaborare cu instituții internaționale precum UN-Habitat, The Earth Institute sau National Institute of Building Sciences susțin astfel de inițiative prin studii detaliate și teste de performanță pentru a adapta aceste tehnici tradiționale și ecologice la nevoile moderne.

În conformitate cu studiul efectuat în fazele anterioare în vederea dezvoltării cercetărilor experimentale, a fost selectată argilă proaspăt extrasă din sat Codăești, jud. Vaslui – Cod AG2. În funcție de lucrabilitatea amestecului argilos, care are un impact major în vederea punerii acestuia în operă, de densitatea amestecului și de valorile rezistențelor la încovoiere și compresiune, s-a selectat amestecul optim 70% AG2 și 30% agregate naturale: nisip sort 0-1, nisip sort 0-4 și agregate 4-8. Pentru realizarea cercetărilor preliminare din faza 6 privind caracteristicile compozițiilor argiloase cu adaos de fibre în stare întărită, au fost pregătite 9 rețete, având ca principal parametru variabil cantitatea de adaos de paie grâu, rumeguș și cânepă.

În cazul compozițiilor cu adaos de paie au fost dezvoltate și testate 3 rețete cu diferite procentaje de paie: 3%, 4% și 5% din masa totală a amestecului uscat. Paiele au fost tăiate în bucăți de 5-10 cm pentru a facilita malaxarea, a îmbunătăți performanțele amestecului și a crește rezistențele higroscopice. Paiele de grâu, au fost lăsate la înmuiat timp de 2 ore, până la atingerea gradului maxim de saturație. După înmuiere, într-un recipient mare, au fost adăugate argila uscată împreună cu nisipul și agregatele și amestecate bine pentru a asigura o textură omogenă. Soluția de clei de iepure a fost adăugat peste cantitatea specificată de apă, apoi a fost turnat peste amestecul din

argilă, nisip și agregate. Amestecul în stare proaspătă a fost turnat în matrițe tapetate cu nisip și păstrate la temperatura de (23 ± 5) °C până la uscare.

Amestecului argilos cu adaos de rumeguș a fost realizat în trei variante: conținutul de rumeguș fiind 10%, 20% și 30% din masa totală a amestecului uscat. Argila și rumegușul au fost adăugate într-un recipient mare și amestecate bine, pentru a asigura o distribuție uniformă, formând astfel baza amestecului. Cleiul de iepure rehidratat a fost adăugat împreună cu cantitatea necesară de apă și turnat peste amestec. În final, nisipul și agregatele au fost adăugate în amestec, continuând omogenizarea pentru a asigura o textură uniformă. După amestecare, s-a realizat un control lucrabilității amestecului prin testul conform SR EN 1015-3:2001/A2:2007 și au fost turnate probele.

Datorită eficienței ridicate a combinației dintre cânepă și argilă în realizarea construcțiilor ecologice, au fost propuse trei variante de compoziție, cu procente diferite de cânepă: 10%, 20% și 30% din masa totală a amestecului uscat. Similar procesului utilizat rețetele anterioare, au fost măsurate umiditățile materialelor și a fost pregătit cleiul natural ca aditiv.

Etapile procesului de preparare au inclus adăugarea argilei și cânepii într-un recipient mare, urmată de amestecare intensă pentru a asigura o distribuție uniformă a cânepii în masa de argilă, formând astfel baza compoziției. Cleiul de iepure, rehidratat, a fost amestecat cu o cantitate prestabilită de apă și introdus în compoziția inițială. Procesul a continuat prin adăugarea treptată a nisipului și agregatelor, menținând o amestecare constantă pentru obținerea unei texturi uniforme și a unei consistențe optime. După testarea consistenței, amestecul a fost turnat în matrițe. Decofrarea probelor a fost efectuată după 72 ore. După testarea lucrabilității amestecului argilos, acesta a fost turnat în matrițele tapetate cu nisip.

Concluzia acestei etape de cercetare, în care s-au dezvoltat trei prototipuri de elemente de zidărie pe bază de argilă cu adaos de deșeuri vegetale (paie, rumeguș și cânepă), subliniază viabilitatea acestor materiale ca soluții inovatoare și sustenabile pentru industria construcțiilor. Integrarea deșeurilor vegetale în compoziția argilei contribuie semnificativ la reducerea impactului ecologic prin valorificarea materialelor reziduale biodegradabile, diminuând astfel emisiile de gaze cu efect de seră generate de descompunerea lor naturală.

Rezultatele preliminare indică o performanță promițătoare a prototipurilor în termeni de rezistență mecanică, capacitate de izolare termică și fonică, precum și stabilitate dimensională, confirmând potențialul lor de a înlocui materialele tradiționale de zidărie cu o amprentă ecologică ridicată. În plus, utilizarea materialelor locale și accesibile din punct de vedere economic sprijină dezvoltarea unei economii circulare, contribuind totodată la sustenabilitatea comunităților rurale și la reducerea costurilor de producție.

Aceste cercetări deschid calea pentru integrarea pe scară largă a materialelor inovatoare în sectorul construcțiilor, cu beneficii atât economice, cât și ecologice, reprezentând un pas important în alinierea practicilor constructive din România la obiectivele globale de reducere a emisiilor de carbon și protecție a mediului.

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

Obiectivul fazei a vizat modernizarea infrastructurii de cercetare și dezvoltarea tehnologică prin extinderea capacității de cercetare - dezvoltare a Laboratorului INCERC de Cercetare Aplicată și Încercări în Construcții - IHS. Activitățile desfășurate pentru atingerea obiectivului fazei au constat în realizarea a trei prototipuri de elemente structurale autoportante din materiale sustenabile tradiționale în vederea testării la acțiuni extreme de mediu, modernizarea infrastructurii de testare experimentală la acțiuni dinamice și precum studii preliminare de stabilire a programului de cercetare experimentală la acțiuni seismice.

Referitor la indicatorii asociați pentru monitorizare și evaluare și conform graficului GANTT asumat în propunerea de proiect, rezultatele cercetărilor efectuate până în prezent au fost diseminate în cadrul Fazei 6, astfel:

- participarea la târgul expozițional de energie din Europa de S-E **ENERGY EXPO 2024, București, România**, în perioada 10-13 octombrie 2024, cu următoarele lucrări:
 - *Designing masonry elements from traditional sustainable materials*, autori: Aurelia Bradu, Adrian-Alexandru Ciobanu, Marius Mârț, Ștefania-Mădălina Rusu, Cristian Petcu, Alexandrina-Maria Mureșan, Cristian Grigorașenco, **cu acknowledgment PN 23 35 03 01.**
 - *Experimental research methods for the development of complex certification systems*, autori: Ștefania-Mădălina Rusu, Aurelia Bradu, Adrian-Alexandru Ciobanu, Marius Mârț, Ionel Pușcașu, Andreea Hegyi, Adrian Lăzărescu, **cu acknowledgment PN 23 35 03 01.**
 - *Clay – Sustainable local building material*, autori: Marius Mârț, Aurelia Bradu, Adrian-Alexandru Ciobanu, Ștefania-Mădălina Rusu, Ionel Pușcașu, **cu acknowledgment PN 23 35 03 01.**
- participarea la târgul Internațional de Inovare și Transfer Tehnologic Internațional **innoCENTA - Exhibition of Innovation and Technological Transfer**, Timișoara, România, în perioada 7-8 noiembrie 2024, cu posterul:
 - *Non-structural masonry elements from local sustainable materials*, Aurelia BRADU, Alexandrina-Elena ANDON, Alexandra-Marina BARBU, Marius MÂRȚ, Maria-Simona BLAJUȚ, **cu acknowledgment PN 23 35 03 01. Medalie obținută: Medalie de bronz.**
- dezvoltarea a trei prototipuri de elemente de zidărie autoportante din materiale sustenabile locale, pe bază de argilă, agregate, clei natural și deșeuri vegetale sub formă de paie, talaj și cânepă.
- trimiterea și acceptarea spre publicare a unui articol la revista International Journal of Conservation Science, cu titlul: *Evaluating mechanical properties of unfired clay structures using artificial neural networks (ANN) for heritage conservation*, autori: Alexandrina-Elena ANDON, Aurelia BRADU, Adrian-Victor

LĂZĂRESCU, Claudiu-Sorin DRAGOMIR, Alexandra-Marina BARBU, Adrian-Alexandru CIOBANU, indexată WOS, cu **acknowledgment PN 23 35 03 01**.

- Extinderea structurii calitative de personal și atragerea specialiștilor cu potențial de excelență științifică în cadrul Sucursalei Iași prin scoaterea la concurs și angajări pe posturile:
 - 1 post cercetător științific CS III – specialitatea Inginerie Civilă;
 - 1 post asistent cercetare științifică (ACS) - specialitatea Inginerie Civilă;
 - 1 post inginer - specialitatea Instalații pentru Construcții;
- participarea la a XXVI-a ediție a conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, arhitectură, urbanism și dezvoltare teritorială – Mediu construit Românesc – provocări și soluții, București, 14 octombrie 2024:
 - publicații în volumul lucrărilor conferinței:
 - *Studiul comparativ privind planșeul superior al unui bloc de locuințe cu două soluții de acoperiș*, autori: Marius MÂRȚ, cu **acknowledgment PN 23 35 03 01**.
 - *Analiza umidității argilei proaspete prin tehnici de procesare a imaginii*, autori: Alexandrina-Elena ANDON, cu **acknowledgment PN 23 35 03 01**.
 - *De la tradiție la sustenabilitate: Elemente de zidărie din materiale locale*, autori: Aurelia BRADU, Alexandrina-Elena ANDON, Maria Simona BLAJUT, Marius MÂRȚ, cu **acknowledgment PN 23 35 03 01**.
 - publicații în volumul rezumatelor ale lucrărilor conferinței:
 - *Comparative study on the upper floor of a residential building with two roof solutions*, autori: Marius MÂRȚ, cu **acknowledgment PN 23 35 03 01**.
 - *Moisture analysis of raw clay using image processing*, autori: Alexandrina-Elena ANDON, cu **acknowledgment PN 23 35 03 01**.
 - *From tradition to sustainability: masonry element from local materials*: Aurelia BRADU, Alexandrina-Elena ANDON, Maria Simona BLAJUT, Marius MÂRȚ, cu **acknowledgment PN 23 35 03 01**.
 - WORKSHOP de diseminare rezultate în cadrul Secțiunii Program Nucleu
 - *Sistem integrat de dezvoltare și cercetare științifică a construcțiilor și a infrastructurilor vitale la acțiuni extreme de mediu, seismice și climatice și valorificarea resurselor sustenabile de materiale și energie*, prezentare: Aurelia Bradu
- elaborarea unei cereri nr. A/00729 din 21.11.2024 de brevet de invenție cu titlul: *Elemente de zidărie ecologică autoportantă din argilă nearsă și materiale locale*, autori: Alexandrina-Elena Andon, Aurelia Bradu, Claudiu-Sorin Dragomir, Alexandra-Marina Barbu

La finalizarea Fazei 6 a proiectului se consideră că **au fost îndeplinite în întregime obiectivele propuse și au fost obținute rezultatele preconizate**. Prin urmare, se creează astfel cadrul favorabil pentru continuarea activităților de cercetare teoretică și dezvoltarea activităților de cercetare aplicativă și inovare prevăzute pentru următoarele faze ale proiectului, rezultatele obținute contribuind la creșterea calitativă și cantitativă a producției de cunoaștere la nivel național și internațional.

Responsabil proiect,
dr. ing. Aurelia BRADU

