

Raport de etapă

Denumire grant: Soluție integrată pentru printarea 3D a elementelor specifice arhitecturii ecleziastice și clădirilor monument

Acronim: ARHIPRINT

Director de proiect: dr.ing. Dragoș Ungureanu

Membru echipă de cercetare: drd.ing. Stelian Cazan

Context

Elementele arhitecturale sunt componentele fundamentale ale oricărei construcții, iar importanța lor nu poate fi subestimată. În România, elementele arhitecturale de fațadă joacă un rol deosebit de important în proiectarea, construcția și reabilitarea clădirilor ecleziastice și monumentelor istorice. Acestea nu numai că oferă un cadru fizic pentru activitățile umane, dar și transmit semnificații culturale, religioase și estetice.

În arhitectura ecleziastică, fațada este adesea cel mai impresionant element al clădirii, evidențiind importanța și sacralitatea acesteia. De exemplu, fațada Catedralei Mitropolitane din Iași este un simbol impresionant al arhitecturii baroce, cu elemente decorative elaborate și statui care reprezintă figuri biblice și sfinți. Fațadele bisericilor și mănăstirilor din România sunt, de asemenea, decorate cu motive religioase și simboluri, cum ar fi crucea, peștele, strugurele, trandafirul sau soarele.

Pe lângă aspectul religios, fațadele monumentelor istorice au, de asemenea, o importanță culturală și estetică. Acestea reflectă stilurile arhitecturale și istoria locurilor în care au fost construite. De exemplu, fațada Palatului Culturii din Iași este un model impresionant al arhitecturii neogotice, cu elemente decorative complexe și turnuri înalte. La fel, fațadele Cetății de la Sighișoara sau a Bisericii Mănăstirii Curtea de Argeș sunt exemple ale arhitecturii medievale, care au fost conservate și restaurate pentru a fi admirate de publicul larg.

Pe lângă aspectul estetic și cultural, elementele arhitecturale de fațadă au și o importanță funcțională. Acestea pot influența temperatura și luminozitatea interioară a clădirii, precum și acustica și vizibilitatea. De exemplu, ferestrele mari și arcadele largi ale Bisericii Negre din Brașov permit luminii naturale să pătrundă în interiorul clădirii și oferă o panoramă impresionantă asupra orașului.

Prin restaurarea și conservarea elementelor arhitecturale de fațadă, putem păstra aceste clădiri unice pentru generațiile viitoare și pentru a ne aminti de valorile noastre culturale și istorice.

În ultimii ani, tehnologia imprimantelor 3D a avansat semnificativ, permițând posibilitatea de a realiza elemente complexe. În ceea ce privește utilizarea imprimantelor 3D pentru mortar, aceasta ar putea să ofere o soluție inovativă și eficientă pentru restaurarea și conservarea clădirilor istorice. Prin utilizarea imprimantelor 3D pentru mortar, arhitecții și inginerii pot crea modele digitale precise ale elementelor arhitecturale de fațadă care trebuie restaurate sau înlocuite. Aceste modele pot fi apoi transpuse în instrucțiuni pentru imprimantele 3D, care pot crea elementele respective din mortar. Acest proces poate fi mult mai rapid și mai precis decât metodele tradiționale de realizare a elementelor arhitecturale (sculptat, modelaj cu ipsos, etc). Un alt avantaj al utilizării imprimantelor 3D pentru mortar este posibilitatea de a crea elemente arhitecturale personalizate și unice. Această tehnologie oferă flexibilitate în proiectarea și realizarea elementelor, astfel încât acestea pot fi adaptate la cerințele specifice ale fiecărui proiect. De exemplu, o fațadă de biserică poate avea elemente unice de decorațiuni sau sculpturi care să reflecte specificul religios sau cultural al locului. În plus, utilizarea imprimantelor 3D pentru mortar poate reduce costurile de transport și stocare a elementelor arhitecturale. Acest lucru se datorează faptului că elementele pot fi create în locații apropiate de clădirea în cauză și pot fi instalate rapid, evitând astfel problemele legate de manipulare și stocare.

Totuși, utilizarea imprimantelor 3D pentru mortar prezintă și câteva provocări și limitări. Acestea includ necesitatea de a avea tehnologiile adecvate și experiența necesară pentru a proiecta și imprima modelele corecte. Odată depășite aceste limitări, utilizarea imprimantelor 3D pentru mortar poate oferi o soluție inovativă și eficientă pentru restaurarea și conservarea elementelor arhitecturale de fațadă pentru clădiri ecleziastice și monumente istorice.

Rezultate Etapa I

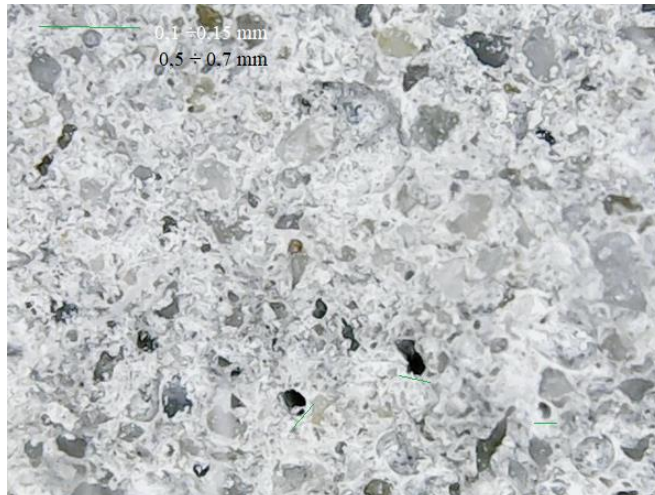
În cadrul Etapei I au fost realizate mai multe activități de cercetare, axate pe dezvoltarea materialelor de printare 3D. Se prezintă în continuare, succint, activitățile principale, rezultatele obținute și modul de valorificare a acestora.

➤ Proiectarea compozițiilor de beton pentru imprimanta 3D

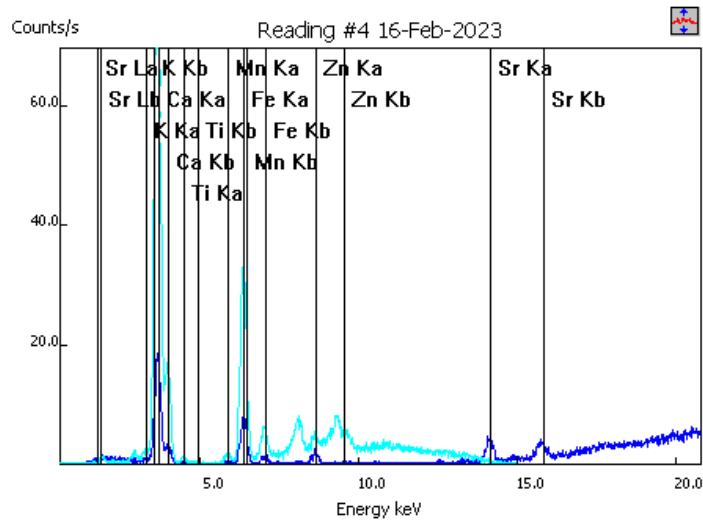
Analiza microscopică și chimică a materialului, respectiv selectarea pigmentilor necesari pentru obținerea unor aspecte/texturi asemănătoare cu piatra, lemnul, etc. au fost realizate prin colaborare cu Centrul Mitropolitan de Cercetări TABOR al Mitropoliei Moldovei și Bucovinei. Materialele propuse pentru dezvoltarea rețetelor respectă principiile actuale privind sustenabilitatea și economia de resurse.

Rezultate:

- Agregatul natural este polimictic, format din granoclaste și litoclaste.
- Morfologic este angular, subangular cât și rotunjit.
- Granoclastele sunt dominante, fiind reprezentate prin următoarele minerale: cuarț (dominant), feldspaliți, microclin frecvent pertitizat, biotit, muscovit.
- Litoclastele sunt rare.



Formele și dimensiunile clastelor, liantul carbonatic microcristalin și pori mici sferici și pori xenomorfi OMx500



Spectrul XRF

➤ **Testarea compozițiilor de beton pentru imprimanta 3D**

După stabilirea unor posibile rețete, s-au realizat teste de laborator pentru:

- Determinarea procentajelor materialelor componente;
- Determinarea proprietăților în stare proaspătă;
- Determinarea rezistențelor mecanice;
- Execuția unor printări pentru controlul rețetelor.

Rezultate:

- Curbe granulometrice.
- Rezistențe mecanice satisfăcătoare.
- Proprietăți convenabile ale materialului în stare proaspătă.
- Lucrabilitate și tasare cu valori optime pentru punerea în operă prin printare.



Încercarea la încovoiere în 3 puncte



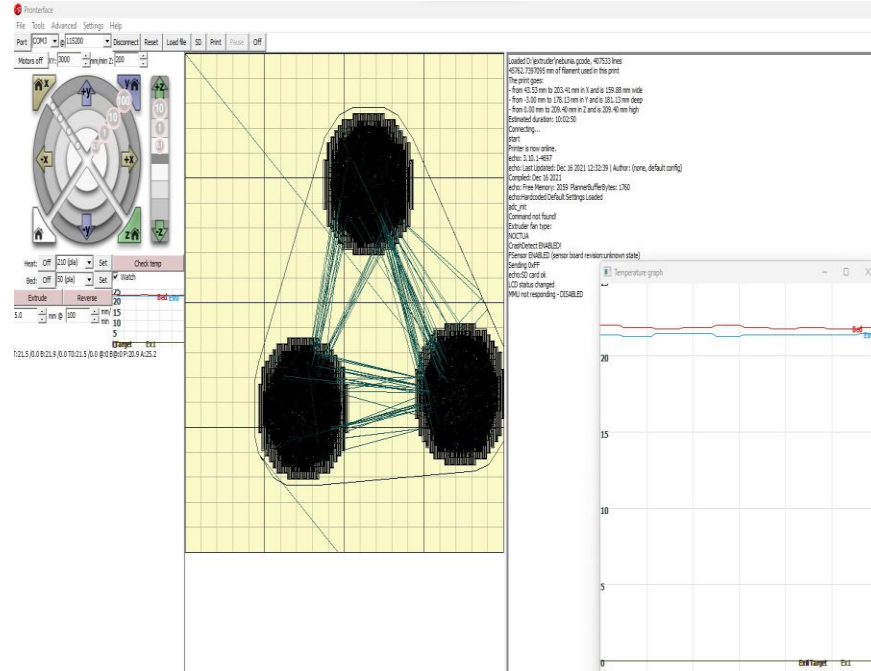
Material proaspăt



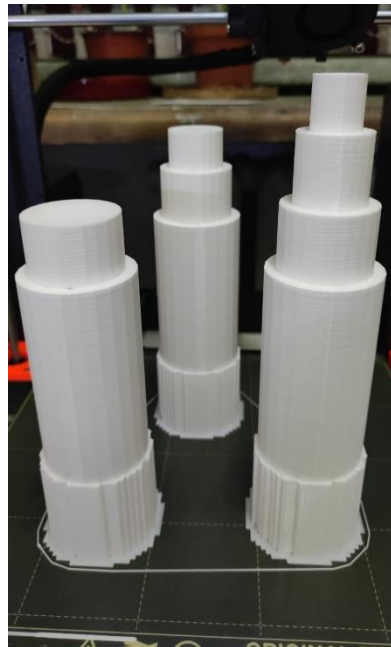
Material întărit

➤ Proiectarea și fabricarea capetelor de printare

Pentru realizarea unor printări cu caracteristici geometrice complexe, au fost proiectate și realizate o serie de capete de printare. A fost utilizată o imprimantă comercială, respectiv un material PLA reciclat, ce permite obținerea unor corpuri rezistente și cu geometrii diverse.



Proiectarea capetelor de printare



Capete de printare obținute prin printare 3D

Diseminarea rezultatelor Etapei I

Diseminarea rezultatelor Etapei I s-a realizat prin publicarea de articole științifice, respectiv prin participarea la conferințe științifice, după cum urmează:

- **Ungureanu, D.**; Onuțu, C.; Isopescu, D.N.; Țăranu, N.; Zghibarcea, Ș.V.; Spiridon, I.A.; Polcovnicu, R.A. c. *Materials* 2023, 16, 4609. <https://doi.org/10.3390/ma16134609>, revistă indexată ISI (**Q1, IF: 3,4**);
- **Ungureanu, D.**; Onuțu, C.; Țăranu, N.; Ghiga, D.A.; Spiridon, I.A. 3D printing of architectural elements of cultural heritage using fiber-reinforced mortar: A novel approach for rehabilitation and conservation. 14th International Conference on non destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental heritage 2023, lucrările conferinței vor fi publicate în *Journal of Cultural Heritage* (**Q2, IF: 3,229**);
- Ghiga, D.A.; **Ungureanu, D.**; Onuțu, C.; Țăranu, N.; Spiridon, I.A. Converting an industrial hall into a museum of industrial archeology: approaches and plans for the transformation of 'the tobacco storehouse' in Iasi, Romania. 14th International Conference on non destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental heritage 2023, lucrările conferinței vor fi publicate în *Journal of Cultural Heritage* (**Q2, IF: 3,229**);
- Onuțu, C.; Polcovnicu, R.A.; Țăranu, N.; **Ungureanu, D.**; Spiridon, I.A. A review of the additive manufacturing techniques used in the construction area. *ModTech International Conference 2023*, June 14th-17th, Continental Forum Hotel, Bucharest, Romania.
- Polcovnicu, R.A.; Onuțu, C.; Țăranu, N.; **Ungureanu, D.**; Spiridon, I.A.; Hudișteanu, S.V. : A review of the building integrated photovoltaics systems. *ModTech International Conference 2023*, June 14th-17th, Continental Forum Hotel, Bucharest, Romania.



Article

A Novel Approach for 3D Printing Fiber-Reinforced Mortars

Dragoș Ungureanu^{1,2,*}, Cătălin Onuțu¹, Dorina Nicolina Isopescu¹, **Nicolae Țăranu**^{1,2}, Ștefan Vladimir Zghibarcea¹, Ionuț Alexandru Spiridon¹ and Răzvan Andrei Polcovnicu¹

¹ Faculty of Civil Engineering and Building Services, "Gheorghe Asachi" Technical University of Iași, 43 Mangeron Blvd., 700050 Iași, Romania; catalin.onutu@academic.tuiasi.ro (C.O.); dorina-nicolina.isopescu@academic.tuiasi.ro (D.N.I.); nicolae.taranu@academic.tuiasi.ro (N.T.); stefan.zghibarcea@holcim.com (Ș.V.Z.); ionut-alexandru.spiridon@student.tuiasi.ro (I.A.S.); razvan-andrei.polcovnicu@student.tuiasi.ro (R.A.P.)

² The Academy of Romanian Scientists, 3 Ilfov Street, Sector 5, 050663 Bucuresti, Romania

* Correspondence: dragoș.ungureanu@staff.tuiasi.ro



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA

art'23

**14th International Conference
on non destructive investigations
and microanalysis for the diagnostics
and conservation of cultural
and environmental heritage**



**IDN 24 3D PRINTING OF ARCHITECTURAL
ELEMENTS OF CULTURAL HERITAGE
USING FIBER-REINFORCED MORTAR: A
NOVEL APPROACH FOR REHABILITATION
AND CONSERVATION**

D. Ungureanu¹, C. Onutu², N. Taranu¹, D.A. Ghiga¹,
I.A. Spiridon¹

¹ Gheorghe Asachi Technical University, The Faculty of Civil Engineering and
Building Services from Iasi - The Department of Civil and Industrial Engineering

² Gheorghe Asachi Technical University, The Faculty of Civil Engineering
and Building Services from Iasi - Department of Concrete Structures,
Building Materials, Technology and Management

**IDN 25 CONVERTING AN INDUSTRIAL HALL INTO
A MUSEUM OF INDUSTRIAL ARCHEOLOGY:
APPROACHES AND PLANS FOR THE
TRANSFORMATION OF 'THE TOBACCO
STOREHOUSE' IN IASI, ROMANIA**

D.A. Ghiga¹, D. Ungureanu¹, C. Onutu², N. Taranu¹,
I.A. Spiridon¹

¹ Gheorghe Asachi Technical University, The Faculty of Civil Engineering
and Building Services from Iasi - The Department of Civil and Industrial
Engineering

² Gheorghe Asachi Technical University, The Faculty of Civil Engineering
and Building Services from Iasi - Department of Concrete Structures,
Building Materials, Technology and Management

ModTech International Conference
Modern Technologies in Industrial Engineering
June 14th-17th, Continental Forum Hotel, Bucharest, Romania

ModTech® 2023

Paper ID: A-12

A REVIEW OF THE ADDITIVE MANUFACTURING TECHNIQUES USED IN THE CONSTRUCTION AREA

**Cătălin Onuțu¹, Răzvan-Andrei Polcovnicu¹, Nicolae Taranu^{1,2}, Dragoș Ungureanu¹ &
Ionuț Alexandru Spiridon¹**

¹ Faculty of Civil Engineering and Building Services, "Gheorghe Asachi" Technical University of Iași,
43 Mangeron Blvd., 700050 Iași, Romania

²The Academy of Romanian Scientists, 54 Splaiul Independentei, Sector 5, 050094 Bucuresti, Romania

ModTech International Conference
Modern Technologies in Industrial Engineering
June 14th-17th, Continental Forum Hotel, Bucharest, Romania

ModTech® 2023

Paper ID: C-24

A REVIEW OF THE BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS SYSTEMS

**Răzvan-Andrei Polcovnicu¹, Cătălin Onuțu¹, Nicolae Taranu^{1,2}, Dragoș Ungureanu¹,
Ionuț Alexandru Spiridon¹ & Sebastian Valeriu Hudișteanu¹**

¹ Faculty of Civil Engineering and Building Services, "Gheorghe Asachi" Technical University of Iași,
43 Mangeron Blvd., 700050 Iași, Romania

²The Academy of Romanian Scientists, 54 Splaiul Independentei, Sector 5, 050094 Bucuresti, Romania