



CURSUL ROCKCHAIN

UNIT 1.

Introducerea în industria pietrei ornamentale și a exploatării miniere.



Această lucrare este licențiată sub [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

„Finanțat de Uniunea Europeană. Opiniile și punctele de vedere exprimate aparțin însă exclusiv autorului/autorilor și nu reflectă în mod necesar poziția Uniunii Europene sau a Agenției Executive Europene pentru Educație și Cultură (EACEA). Nici Uniunea Europeană, nici EACEA nu pot fi considerate responsabile pentru acestea.”



Erasmus+



Transilvania
University
of Brasov





Cuprins

1. PREZENTARE GENERALĂ A SECTORULUI: DIMENSIUNE, IMPACT, ȚĂRI PRINCIPALE	4
1.1. Sectorul European al pietrei naturale – dimensiune și principalele țări	4
1.2. Principalii producători și exportatori europeni	4
1.3. Tipuri de piatră și cote de piață	4
1.4. Sectorul global al pietrei naturale — dimensiune și tendințe de creștere	5
2. TIPURI DE ROCI ORNAMENTALE (MARMURĂ, GRANIT, ARDEZIE, CALCAR...)	7
2.1. Marmură	7
2.2. Granit	7
2.3. Ardezie	7
2.4. Calcar	7
2.5. Gresie	8
2.6. Travertin	8
2.7. Onix	8
2.8. Cuarțit	8
2.9. Alte roci decorative	8
2.10. Rezumat	9
3. DE LA CARIERĂ LA PIAȚĂ: PROCESUL INDUSTRIAL	10
3.1. Explorare și Studiu Geologic	10
3.2. Planificarea și Dezvoltarea Carierelor	10
3.3. Extracția (carieră)	10
3.4. Manipularea și Transportul Blocurilor	10
3.5. Procesarea Primară (tăiere și obținere de plăci)	11
3.6. Procesarea Secundară (finisare și modelare)	11
3.7. Controlul Calității și Clasificarea	11
3.8. Ambalare și Logistică	11
3.9. Comercializare și Piață	12
4. PRINCIPALELE PĂRȚI INTERESATE: IMM-URI, ASOCIAȚII, INSTITUȚII	13
4.1. IMM-uri și Companii	13
4.2. Asociații	13



UNITATEA 1. Introducere în industria pietrei ornamentale și a mineritului

4.3.	Instituții și Cercetători	13
4.4.	Părți Interesate de Sprijin	14
5.	PROVOCĂRI ACTUALE: COSTURILE ENERGIEI, EMISIILE DE CO ₂ , TRASABILITATEA. 15	
5.1.	Costurile Energetice.....	15
5.2.	Emisiile de CO ₂ și Impactul Asupra Mediului.....	15
5.3.	Trasabilitate	16
5.4.	Rezumat.....	17
6.	CONTEXT LEGAL ȘI DE MEDIU (PACTUL VERDE EUROPEAN, TAXONOMIA UE...) ...	18
6.1.	Pactul verde european (2019–).....	18
6.2.	Taxonomia UE pentru Finanțare Durabilă (2020–)	19
6.3.	Alte Reglementări UE Relevante	19
6.4.	Rezumat.....	20
	Referințe	21

1. PREZENTARE GENERALĂ A SECTORULUI: DIMENSIUNE, IMPACT, ȚĂRI PRINCIPALE

1.1. Sectorul European al pietrei naturale – dimensiune și principalele țări

În Europa, veniturile pieței de piatră naturală au fost de aproximativ 1.879,8 milioane USD ($\approx 1,88$ miliarde USD) în 2024, cu o creștere estimată până la 2.695,1 milioane USD ($\approx 2,7$ miliarde USD) până în 2030, reflectând o rată anuală compusă de creștere (CAGR) de 6,4%.

O altă sursă estimează piața mai largă europeană de piatră naturală și marmură la 16,04 miliarde USD în 2021, în creștere până la 18,44 miliarde USD în 2025 (CAGR $\approx 3,55\%$), și prognozată să ajungă la 24,39 miliarde USD până în 2033.

1.2. Principalii producători și exportatori europeni

Italia: Principalul producător din UE ($\approx 51\%$ din extracție și procesare). Renumită pentru marmura de Carrara de înaltă calitate și numeroasele zăcăminte de granit.

Spania: A doua în UE ($\approx 19\%$ din producție), cu o producție puternică de granit, marmură și ardezie — în special din Galicia, responsabilă pentru $\approx 90\%$ din ardezia pentru acoperișuri a Europei (≈ 4 milioane tone/an).

Portugalia: Exportator-cheie de granit și calcar, cu granit gri și roz foarte apreciat, utilizat pe scară largă la pavaje și placări.

Grecia: Cunoscută pentru marmură; de asemenea, producător de granit în volume mai mici.

Norvegia, Suedia, Finlanda: Remarcabile pentru granitele de înaltă rezistență (de ex. Blue Pearl, Balmoral Red), exportate în mare parte sub formă de blocuri brute.

Germania, Franța, Polonia: Dețin cariere interne, dar se bazează semnificativ pe importuri pentru produse din piatră procesată; zone tradiționale de producție renumite, precum Pădurea Bavareză în Germania și Bretania în Franța.

Europa de Est (Ucraina, Kazahstan etc.): Au piețe de dimensiuni mai mici, în mare parte orientate spre consumul intern, dar prezintă potențial geologic.

1.3. Tipuri de piatră și cote de piață

În Europa, granitul deține cea mai mare cotă de venituri ($\approx 37,7\%$) în 2024. Marmura este segmentul cu cea mai rapidă creștere atât în Europa, cât și în S.U.A.

În Spania, ardezia este un material dominant pentru acoperișuri, reprezentând 90% din aprovizionarea Europei cu învelitori din ardezie.

1.4. Sectorul global al pietrei naturale — dimensiune și tendințe de creștere

Dimensiunea pieței

Piața globală a pietrei naturale este evaluată la 41,81 miliarde USD în 2025 și este estimată să ajungă la 43,27 miliarde USD în 2026, progresând constant până la 60,86 miliarde USD până în 2035, cu un CAGR de 3,5% în perioada 2026–2035.

Piața globală a pietrei naturale a crescut rapid în 2022 și se așteaptă să continue creșterea până în 2028, cu un CAGR semnificativ în perioada de prognoză. Odată cu cererea crescută pentru materiale de construcție estetice și durabile și cu avansul tehnologiilor de tăiere, finisare și instalare, piața pietrei naturale a fost stimulată. Datorită utilizărilor sale în construcții, design interior și amenajări peisagistice, piatra naturală și-a găsit o piață extinsă, bazată pe durabilitate, caracter atemporal și versatilitate. În plus, există o tendință tot mai accentuată de utilizare a materialelor de construcție ecologice și sustenabile, ceea ce sprijină și mai mult cererea de piatră naturală în diverse industrii.



Figura 1. Dimensiunea pieței globale a pietrei naturale până în 2035.

Sursa: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/natural-stone-market-118807>

Distributie regională

- Asia-Pacific domină, contribuind cu peste 46% din cererea globală, în special datorită Chinei și Indiei, alimentată de urbanizarea rapidă și creșterea infrastructurii.
- Europa deține aproximativ 18,5% din piața globală a pietrei naturale în 2024 și circa 25% din consumul global.
- America de Nord reprezintă aproximativ 21% din consum.

Factorii cheie și tendințe

- Construcțiile rămân principalul motor ($\approx 42\%$ din cerere), în special pentru pardoseli, placări și aplicații arhitecturale de înaltă calitate.
- Renovarea/restaurarea (în special a siturilor istorice) contribuie cu $\approx 28\%$ din cerere.
- Tendințele de sustenabilitate stimulează utilizarea pietrei: aproximativ 19% dintre proiectele de construcții verzi specifică piatra naturală datorită reciclabilității și impactului redus asupra mediului.

Provocări

Constrângerile lanțului de aprovizionare, reglementările de mediu, costurile ridicate de procesare și provocările logistice sunt predominante, în special în Europa.

Rezumat

Industria pietrei naturale este una substanțială și în creștere constantă — în special în Europa, unde patrimoniul, materialele de calitate și cererea pentru renovări consolidează sectorul. La nivel global, însă, regiunea Asia-Pacifică domină clar piața, datorită boomului de urbanizare. Actori europeni cheie precum Italia și Spania rămân importanți nu doar la nivel regional, ci și global, în ceea ce privește măiestria și exporturile.

2. TIPURI DE ROCI ORNAMENTALE (MARMURĂ, GRANIT, ARDEZIE, CALCAR...)

În sectorul pietrei ornamentale (cunoscute și sub denumirile de piatră architecturală), termenul se referă la pietre naturale utilizate în scopuri decorative și arhitecturale – în special în construcții, monumente, design interior și artă.

Principalele tipuri de pietre ornamentale sunt:

2.1. Marmură

- Compoziție: Rocă metamorfă, calcar recristalizat (calcit/dolomit).
- Caracteristici: Granulație fină, posibilitate de lustruire, venaturi elegante, varietate de culori (alb, negru, verde, roz).
- Utilizări: Pardoseli, placări de pereți, sculpturi, monumente, blaturi de lux.
- Exemple celebre: Carrara (Italia), Pentelic (Grecia), Makrana (India), Rosa Portugues (Portugalia).

2.2. Granit

- Compoziție: Rocă magmatică (cuarț, feldspat, mică).
- Caracteristici: Foarte dură, rezistentă, rezistentă la intemperii; gamă largă de culori (gri, negru, roșu, albastru).
- Exemple celebre: Balmoral Red (Finlanda), Blue Pearl (Norvegia), Rosa Beta (Italia).
- Utilizări: Fațade, pavaje, monumente comemorative, blaturi, scări.

2.3. Ardezie

- Compoziție: Rocă metamorfă derivată din șist.
- Caracteristici: Se despică ușor în foi subțiri, rezistentă la intemperii, nuanțe închise (gri, negru, verde, violet).
- Utilizări: Acoperișuri, pardoseli, placări, mese de biliard.
- Exemple celebre: Ardezia galiciană (Spania – 90% din ardezia pentru acoperișuri din Europa), Ardezia galeză (UK).

2.4. Calcar

- Compoziție: Rocă sedimentară, în principal calcit.
- Caracteristici: Mai moale decât marmura sau granitul, nuanțe calde de bej/crem, poate conține fosile.
- Utilizări: Fațade, placări interioare, pardoseli, clădiri istorice.

- Exemple celebre: Jura (Germania), Moca Cream (Portugalia), Piatră Vicenza (Italia).

2.5. Gresie

- Compoziție: Rocă sedimentară, granule de nisip cimentate (cu cuarț predominant).
- Caracteristici: Ușor de tăiat/sculptat, nuanțe naturale de pământ (galben, roșu, maro, gri).
- Utilizări: Pereți, pavaje, coloane decorative, amenajări peisagistice.
- Exemple celebre: Gresia Yorkshire (UK), Dholpur (India), Raj Green (India).

2.6. Travertin

- Compoziție: Varietate poroasă de calcar, formată prin precipitare în izvoare termale.
- Caracteristici: Cavități și venaturi caracteristice, culori naturale de pământ (crem, nisipiu, auriu).
- Utilizări: Pardoseli, fațade, băi, monumente.
- Exemple celebre: Travertin Tivoli (Italia), Travertin Denizli (Turcia).

2.7. Onix

- Compoziție: Formă stratificată de calcedonie/cuarț sau piatră bandată calcitică (adesea utilizată decorativ).
- Caracteristici: Transluminiscentă, benzi de culoare spectaculoase (verde, miere, roșu).
- Utilizări: Panouri decorative, interioare de lux, instalații iluminate din spate.
- Exemple celebre: Onix mexican, Onix verde pakistanez.

2.8. Cuarțit

- Compoziție: Arenit metamorfozat (conținut ridicat de cuarț).
- Caracteristici: Foarte dură, aspect sclipitor, gamă variată de culori.
- Utilizări: Blaturi, placări, pavaje.
- Exemple celebre: Cuarțit Taj Mahal (Brazilia), White Macaubas (Brazilia).

2.9. Alte roci decorative

- Bazalt (volcanic, închis la culoare, utilizat în pavaje și monumente).



UNITATEA 1. Introducere în industria pietrei ornamentale și a mineritului

- Serpentin (metamorfic, piatră decorativă, panouri interioare, sculpturi).
- Tuf & Porfir (volcanice, pavaje decorative, utilizare istorică romană).
- Breccia (fragmente unghiulare cimentate între ele, pereți și pardoseli decorative).
- Alabastru (piatră moale de gips, transluminiscentă, sculpturi și obiecte mici).

2.10. Rezumat

Principalele roci ornamentale sunt marmura, granitul, calcarul, arenitul, ardezia, travertinul, onixul și cuarțitul, fiecare țară având numeroase varietăți locale care îi conferă o identitate unică în sectorul pietrei.

3. DE LA CARIERĂ LA PIAȚĂ: PROCESUL INDUSTRIAL

Procesul industrial de la cariera de piatră ornamentală până la piață trece prin mai multe etape.

3.1. Explorare și Studiu Geologic

Obiectiv: Identificarea și evaluarea zăcămintelor (marmură, granit, calcar etc.).

Activități:

- Cartografiere geologică, prelevare de mostre și foraje.
- Testarea culorii, texturii, venaturii, integrității structurale și a tiparelor de fractură.
- Studii de fezabilitate (rezerve, costuri de extracție, cerere pe piață)

3.2. Planificarea și Dezvoltarea Carierelor

Planificare:

- Stabilirea designului carierei, înălțimea treptelor, drumurile de acces.
- Evaluarea Impactului Asupra Mediului (EIA).
- Obținerea permiselor și licențelor (naționale și UE).

Amenajarea infrastructurii: drumuri de acces, alimentare cu apă și electricitate, zone pentru gestionarea deșeurilor.

3.3. Extracția (carieră)

Tehnici diferite în funcție de tipul de piatră și de calitatea blocului dorit:

- Fierăstraie cu sârmă diamantată: Pentru marmură, granit, travertin (precis, pierderi minime).
- Mașini cu lanț: Pentru pietre moi/medii ca duritate (calcar, marmură).
- Foraj și despărțire cu pene: Metodă tradițională pentru ardezie, arenit.
- Detonări controlate: Folosite ocazional, dar evitate în cazul pietrei ornamentale (provoacă fisuri).

3.4. Manipularea și Transportul Blocurilor

- Blocurile sunt tăiate în forme regulate.
- Macarale grele, încărcătoare și camioane le transportă de pe fundul carierei până în depozitele de stocare.

- Blocurile sunt clasificate după culoare, model, fisuri și dimensiuni.
- Transport către unitățile de procesare (pe insula Brac, în apropiere, dar adesea la distanță).

3.5. Procesarea Primară (tăiere și obținere de plăci)

- Fierăstraie multiple sau tăietoare de blocuri: Taie blocurile mari în plăci (grosime 2–10 cm).
- Calibrarea plăcilor: Asigură grosimea uniformă.
- Linii de lustruire: Plăcile sunt lustruite cu abrazive (diamant, pad-uri de rășină) pentru finisaje lucioase, mate, periate sau texturate.
- Deșeuri secundare (suspensie, praf, resturi) sunt gestionate sau reciclate acolo unde este posibil.

3.6. Procesarea Secundară (finisare și modelare)

- Finisaje de suprafață: Lucidat, mat, flamat, ciocănit, sablat, texturat tip piele, anticizat.
- Modelarea și profilarea marginilor: Pentru blaturi, trepte, pervazuri.
- Produse speciale: Blocuri calibrate (ashlar), plăci, panouri de placare, piese decorative, mozaicuri.
- Tratare cu rășină: Unele marmure și onixuri sunt consolidate cu rășină/fibră de sticlă pentru rezistență.

3.7. Controlul Calității și Clasificarea

- Inspectarea uniformității culorii, finisajului suprafeței, grosimii și preciziei dimensionale.
- Clasificarea blocurilor de piatră în clasa I, II, III (în funcție de fisuri și alte discontinuități, calitatea comercială).
- Testarea proprietăților fizice și mecanice (absorbția apei, densitate, rezistență la compresiune, rezistență la îngheț).

3.8. Ambalare și Logistică

- Plăcile sunt ambalate în pachete din lemn (lăzi).
- Plăcile ceramice/pardoselile sunt ambalate pe paleți sau în cutii.
- Blocurile sunt uneori transportate în stare brută.
- Transportul se realizează prin camioane, cale ferată sau containere.



3.9. Comercializare și Piață

- Vânzări directe: De la companiile de cariere către distribuitori, antreprenori, arhitecți.
- Târguri și expoziții de profil: Marmomac (Italia), Xiamen Stone Fair (China), Coverings (SUA).
- Rețea de distribuție: Angroșiști, depozite de piatră, fabricanți.
- Utilizări finale: Arhitectură, monumente, restaurare, amenajări peisagistice, design de lux.

Un aspect foarte important este tendința sustenabilității, ceea ce implică reciclarea suspensiilor, tratarea apei, optimizarea refacerii carierelor și evaluările ciclului de viață, care devin priorități tot mai mari.

4. PRINCIPALELE PĂRȚI INTERESATE: IMM-URI, ASOCIAȚII, INSTITUȚII

4.1. IMM-uri și Companii

Majoritatea industriei este dominată de IMM-uri (întreprinderi mici și mijlocii), în special în Europa, deși există și grupuri mari integrate.

- Companii de cariere: Extrac blocurile brute (adesea IMM-uri de familie).
- Companii de procesare: Morării, linii de lustruire, fabricanți (plăci, blaturi, pardoseli).
- Distribuitori și comercianți: Depozite de piatră, angroșiști, exportatori/importatori.
- Studiouri de design și artizanat: Cioplitori, sculptori, ateliere de arhitectură.
- Companii mari integrate: Grupuri vertical integrate care gestionează tot procesul, de la carieră la procesare și vânzări.

4.2. Asociații

Aceste organisme reprezintă companiile, își exercită influența pentru a obține anumite reguli sau reglementări favorabile, promovează sustenabilitatea și organizează târguri.

Internaționale:

- Asociația Mondială a Pietrei Naturale (WONASA): rețea globală a industriei.
- ISRM (Societatea Internațională pentru Mecanică a Rocilor): comunitate tehnico-științifică relevantă pentru metodele de extracție.
- Comitetul ICOMOS pentru Piatră: experți în conservarea patrimoniului care utilizează piatră naturală.

Europene:

- EUROROC: Federația Europeană a Industriilor de Piatră Naturală, umbrelă pentru asociațiile naționale.
- Construction Products Europe (CPE): acoperă piatra ca material de construcție.

4.3. Instituții și Cercetători

Oferă cadre științifice, tehnice și de politici publice.

- Universități & Institute Tehnice: geologie, minerit, știința materialelor, restaurare.
 - o Exemple: Universitatea din Pisa (Italia), Universitatea Politehnică din Madrid (Spania), NTUA Atena (Grecia).



UNITATEA 1. Introducere în industria pietrei ornamentale și a mineritului

- Centre de Cercetare:
 - CTMARMOL (Spania): centru tehnologic pentru marmură.
 - CEVALOR (Portugalia): centru tehnologic pentru piatră naturală.
- Organisme de Standardizare și Certificare:
 - CEN (Comitetul European pentru Standardizare): testarea pietrei și standarde de produs.
 - ISO (Organizația Internațională pentru Standardizare): standarde pentru piatra naturală.
- Instituții Guvernamentale și UE:
 - Ministere ale Industriei, Comerțului și Mediului (permise, reglementări de mediu pentru cariere).
 - Programe UE care sprijină inovația, sustenabilitatea și economia circulară în sectorul pietrei.

4.4. Părți Interesate de Sprijin

- Târguri și Expoziții (principale platforme comerciale):
 - Marmomac (Verona, Italia): cel mai important târg de piatră din lume.
 - Xiamen Stone Fair (China): cel mai mare târg global pentru piatra naturală.
 - Coverings (SUA): principala expoziție de plăci și piatră din America de Nord.
- Arhitecți & Designeri: specifică piatra ornamentală în proiecte.
- Autorități de Conservare/Patrimoniu: aleg piatra pentru monumente și restaurări.
- ONG-uri de Mediu & Comunități Locale: influențează sustenabilitatea carierelor și utilizarea terenurilor.

5. PROVOCĂRI ACTUALE: COSTURILE ENERGIEI, EMISIILE DE CO₂, TRASABILITATEA

Industria pietrei ornamentale se confruntă cu mai multe provocări strategice care depășesc simpla extracție și finisare. În prezent, trei dintre cele mai presante sunt:

- costurile energetice,
- emisiile de CO₂, și
- trasabilitatea.

5.1. Costurile Energetice

Extracția, tăierea, lustruirea și transportul sunt activități cu consum ridicat de energie. Prețurile energiei în Europa (în special după 2021) au crescut dramatic, reducând competitivitatea în comparație cu producători cu costuri mai mici (China, India, Turcia).

Procese cele mai afectate:

- Tăierea cu sârmă diamantată, fierăstraie multiple, linii de lustruire – consum mare de electricitate.
- Motorină pentru echipamentele din cariere și transportul blocurilor/pietrei.

Impacturi:

- Margini de profit reduse pentru IMM-uri.
- Unele companii reduc turele sau amână investițiile.

Tendințe/soluții:

- Tranziția către energie regenerabilă în cariere și fabrici (solar, eolian).
- Tehnologii de tăiere mai eficiente din punct de vedere energetic (fierăstraie multi-sârmă).
- Sprijin financiar/subvenții oferite de UE pentru proiecte industriale de eficiență energetică.

5.2. Emisiile de CO₂ și Impactul Asupra Mediului

Emisii directe:

- Echipamente diesel în cariere.
- Transportul blocurilor grele (uneori intercontinental).

Emisii indirecte:

- Consum de electricitate (în special dacă rețeaua este alimentată cu combustibili fosili).

Provocări:

- Piatra ornamentală concurează cu ceramica, cuarțul artificial și betonul – toate promovându-se ca fiind mai „controlate” sau „eco-friendly”.
- Presiunea certificărilor pentru clădiri verzi (LEED, BREEAM) care cer documentarea amprentei de carbon.

Tendințe/soluții:

- Evaluarea ciclului de viață (LCA) și Declarații de Produs Ecologic (EPD) pentru produsele din piatră.
- Reciclarea suspensiilor, prafului și resturilor (pentru agregate, umpluturi, industria cimentului).
- Angajamente de reducere a carbonului (EU Green Deal → neutralitate de carbon până în 2050).
- Dezvoltarea logisticii cu impact redus (transport feroviar, eficiență în transport maritim).

5.3. Trasabilitate

Arhitecții, clienții și autoritățile cer tot mai mult dovezi privind proveniența pietrei (sursă etică, impact asupra mediului, muncă corectă).

De asemenea, reglementările UE privind lanțurile de aprovizionare durabile se înăspresc.

Provocări:

- Multe roci sunt comercializate prin intermediari – dificil de verificat cariera de origine.
- Risc de „spălare a pietrei” (etichetare falsă a originii pentru a evita taxe sau a câștiga prestigiu).

Tendințe/soluții:

- Sisteme digitale de trasabilitate (coduri QR, blockchain de la carieră la fabrică și la utilizatorul final).
- Standardele ISO și CEN privind etichetarea și testarea.



- Rol mai puternic al asociațiilor industriale (de exemplu, EUROROC, federațiile naționale) în crearea de scheme transparente de certificare.
- Trasabilitatea devine un avantaj competitiv (de exemplu, „100% marmură italiană din Carrara”).

5.4. Rezumat

Sectorul pietrei ornamentale este presat să reducă costurile, să demonstreze sustenabilitatea și să asigure transparența. Companiile care investesc în energie curată, își măsoară amprenta de carbon și adoptă sisteme de trasabilitate vor fi cele mai bine poziționate pentru a rămâne competitive atât în Europa, cât și la nivel global.

6. CONTEXT LEGAL ȘI DE MEDIU (PACTUL VERDE EUROPEAN, TAXONOMIA UE...)

Contextul legal și de mediu pentru industria pietrei ornamentale în Europa se bazează pe două piloni principali: **Pactul verde european** și **Taxonomia UE**. Acești doi piloni redefinesc modul în care extracția, procesarea și comercializarea pietrei sunt reglementate și finanțate.

6.1. Pactul verde european (2019–)

Pactul verde european este strategia principală a UE pentru atingerea neutralității climatice până în 2050. Aceasta afectează direct industriile extractive, inclusiv cea a pietrei ornamentale. Domeniile cheie care influențează industria pietrei sunt:

Climă și energie

- Țintă: reducerea emisiilor de GES cu 55% până în 2030.
- Carierele și fabricile de procesare → presiune pentru reducerea emisiilor din motorină și electricitate.
- Promovarea energiei regenerabile și a tehnologiilor eficiente în extracție și procesare.

Planul de Acțiune pentru Economia Circulară (CEAP)

- Prioritizează reducerea deșeurilor și reciclarea.
- Deșeurile din cariere (suspensii, resturi) trebuie valorificate din ce în ce mai mult (agregate, umpluturi, aditivi pentru ciment).
- Companiile trebuie să raporteze eficiența resurselor și ratele de reciclare.

Regulamentul privind Produsele Durabile (în cadrul Ecodesign)

- Produsele de construcție (inclusiv piatra) trebuie să demonstreze durabilitate, amprentă redusă și reciclabilitate.
- Avantajos pentru piatra naturală față de ceramică/beton (piatra = durabilă, procesare redusă).

Biodiversitate și Utilizarea Terenurilor

- Extracția în zone Natura 2000 are restricții stricte.
- Operatorii trebuie să implementeze planuri de reabilitare (restaurarea terenului, compensări pentru biodiversitate).

6.2. Taxonomia UE pentru Finanțare Durabilă (2020–)

Taxonomia UE este un sistem de clasificare care definește ce activități sunt „durabile din punct de vedere ecologic” și este crucial pentru finanțare, subvenții și credibilitatea investitorilor. Criteriile relevante pentru sectorul pietrei:

Pentru a fi „aliniată la taxonomie”, activitățile din piatră trebuie să:

1. Contribuie substanțial la atenuarea/adaptarea la schimbările climatice (de ex. material durabil, cu emisii reduse de carbon în construcții).
2. Nu provoacă prejudicii semnificative (DNSH) altor obiective de mediu (apă, economie circulară, biodiversitate, poluare).
3. Respecte garanțiile minime (muncă, guvernare, drepturile omului).

Dar aceste cadre ofera de asemenea oportunități pentru piatra naturală:

- Piatra naturală are scoruri bune la durabilitate și reciclabilitate – poate fi considerată produs de construcție sustenabil comparativ cu ceramică/beton.
- Dacă companiile demonstrează amprentă scăzută de CO₂ și trasabilitate, pot accesa finanțare verde, subvenții și piețe de achiziții publice.

Provocări și riscuri:

- IMM-urile deseori nu au resurse pentru raportarea taxonomiei, studii LCA și audituri.
- Riscul: dacă producătorii de piatră nu respectă criteriile taxonomiei, băncile îi pot clasifica drept „non-verzi”, limitând accesul la investiții.

6.3. Alte Reglementări UE Relevante

- Regulamentul privind Produsele de Construcție (CPR):
- Stabilește reguli pentru marcajul CE și declarațiile de produs.
- Probabil va solicita Declarații de Produs Ecologic (EPD) pentru piatră în viitor.
- Directiva privind Emisiile Industriale (IED):
- Controlează praful, zgomotul și deversările de apă din cariere și fabrici de procesare.
- Directiva Cadru privind Deșeurile:
- Încurajează valorificarea deșeurilor din cariere și eliminarea corectă a suspensiilor.
- Directiva privind Raportarea Sustenabilității Corporative (CSRD):
- Companiile mari (și eventual IMM-urile din lanțurile de aprovizionare) trebuie să dezvăluie performanța lor de mediu și socială.



Implicații pentru industria pietrei:

- Costuri mai mari de conformitate: mai multă raportare, monitorizare și audituri de mediu.
- Oportunitate competitivă: Piatra naturală poate fi poziționată ca „alegereă sustenabilă” față de ceramică sau beton.
- Presiune financiară: doar proiectele aliniate la taxonomie atrag finanțare verde și credite cu dobânzi reduse.
- Impuls pentru inovație: Tehnologii de reciclare, energie regenerabilă, trasabilitate digitală devin investiții strategice.

6.4. Rezumat

Contextul legal și de mediu în Europa devine tot mai strict, dar oferă și o șansă unică pentru piatra naturală: dacă producătorii pot documenta durabilitatea, amprenta scăzută de carbon și sursa responsabilă, piatra ar putea fi recunoscută ca material de construcție sustenabil preferat în cadrul **Pactului verde european** și al **Taxonomiei UE**.

Referințe

Rapoarte de cercetare de piață și consultanță, Grand View Research, Inc.
(<https://www.grandviewresearch.com/>)

Dimensiunea și perspectivele pieței europene a pietrei naturale, 2024-2030
(https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/natural-stone-market/europe?utm_source=chatgpt.com)

Raportul global privind piața pietrei naturale și a marmurei, ediția 2025 — Dimensiune a pieței, Cota de piață, Rata anuală compusă de creștere (CAGR), Previziuni, Venituri
(https://www.cognitivemarketresearch.com/natural-stone-and-marble-market-report?utm_source=chatgpt.com)

LinkedIn, Piața globală a pietrei naturale 2025 (https://www.linkedin.com/pulse/global-market-natural-stone-2025-maksym-kurechko--xbgce?utm_source=chatgpt.com)

Global Growth Insights, Raport de cercetare de piață și consultanță
(<https://www.globalgrowthinsights.com/>)

Industria ardeziei în Spania-Wikipedia
(https://en.wikipedia.org/wiki/Slate_industry_in_Spain?utm_source=chatgpt.com)

Raport privind piața pietrei pentru construcții, Previziune globală din 2025 până în 2033
(https://dataintelo.com/report/construction-stone-market?utm_source=chatgpt.com)

Dimensiunea pieței pietrei naturale și cota din industrie
(https://www.reanin.com/reports/global-natural-stone-market?utm_source=chatgpt.com)

Pactul verde european ,
https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN_Reports/ESDN_Report_2_2020.pdf

Taxonomia UE pentru activități durabile — Finanțe — Comisia Europeană
https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

B. Construirea cu piatră naturală” — Branko Crnković, Ljubo Šarić (**Autorii**) — Facultatea de Mine, Geologie și Petrol, Universitatea din Zagreb, 1992.



Curs RockChain: UNITATEA 2 Fundamentele tehnologiei Blockchain



Această lucrare este licențiată sub [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

"Finanțat de Uniunea Europeană. Punctele de vedere și opiniile exprimate aparțin, însă, exclusiv autorului (autorilor) și nu reflectă neapărat punctele de vedere și opiniile Uniunii Europene sau ale Agenției Executive Europene pentru Educație și Cultură (EACEA). Nici Uniunea Europeană și nici EACEA nu pot fi considerate răspunzătoare pentru acestea."



Transilvania
University
of Brasov





Cuprins

1. CE ESTE BLOCKCHAIN? ORIGINE ȘI EVOLUȚIE	3
1.1. Introducere	3
1.2. Definiția Blockchain-ului	3
1.3. Origine și evoluție	3
2. CONCEPTE DE BAZĂ: BLOCURI, LANȚ, HASH, TIMESTAMP, CRIPTOGRAFIE.....	7
3. REGISTRE DISTRIBUITE ȘI DESCENTRALIZARE.....	11
4. CONTRACTE INTELIGENTE: DEFINIȚIE ȘI UTILIZĂRI	12
5. COMPARAȚIE CU BAZELE DE DATE TRADITIONALE	13
6. STUDII DE CAZ ÎN LOGISTICĂ, FINANȚE, MANAGEMENTUL DEȘEURILOR ȘI MINERIT ..	14
6.1. Studii de caz în logistică	14
6.2. Studii de caz în finanțe	15
6.3. Studii de caz în managementul deșeurilor	16
6.4. Studii de caz în minerit.....	17
BIBLIOGRAFIE.....	19
EVALUARE	¡Error! Marcador no definido.

1. CE ESTE BLOCKCHAIN? ORIGINE ȘI EVOLUȚIE

1.1. Introducere

În ultimii ani, tehnologiile digitale au devenit un element esențial pentru inovație și competitivitate în diverse industrii. Una dintre tehnologiile care se remarcă prin potențialul său de a aduce mai multă transparență, securitate și eficiență în gestionarea datelor și a proceselor este *blockchain*-ul.

În industria pietrei naturale, unde optimizarea resurselor este foarte importantă, această tehnologie permite înregistrarea și verificarea tranzacțiilor. Astfel, gestionarea responsabilă a resurselor devine mai eficientă și sprijină principiile economiei circulare. (Crosby, Pattanayak, Verma & Kalyanaraman, 2016; Yaga, Mell, Roby & Scarfone, 2018).

1.2. Definiția Blockchain-ului

Blockchain-ul este o tehnologie distribuită care permite stocarea și transmiterea informațiilor într-un mod protejat, transparent și descentralizat. Este cunoscută și sub numele de Tehnologie a Registrului Distribuit (Distributed Ledger Technology – DLT).

Potrivit lui Crosby, Pattanayak, Verma și Kalyanaraman (2016), un *blockchain* poate fi înțeles ca un registru public distribuit al tuturor tranzacțiilor, verificat prin unanimitatea participanților. În mod similar, Yaga, Mell, Roby și Scarfone (2018) definesc blockchain-ul ca un registru distribuit implementat sub forma unui lanț de blocuri, fiecare conținând un set de tranzacții legate criptografic. Aceste caracteristici garantează integritatea datelor, deoarece orice modificare ar afecta întregul lanț, și asigură că încrederea este menținută colectiv de rețea, fără a necesita o autoritate centrală.

Deși a devenit cunoscută la nivel global prin intermediul criptomonedelor, tehnologia blockchain nu se limitează la acest domeniu.

1.3. Origine și evoluție

Originea tehnologiei blockchain este strâns legată de criza financiară din 2008, care a diminuat încrederea publicului în instituțiile bancare și financiare tradiționale. În acest context, Satoshi Nakamoto a publicat lucrarea „*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*”, în care a propus un sistem de plăți electronice descentralizat, bazat pe o rețea peer-to-peer și pe un registru distribuit (Nakamoto, 2008). Această lucrare, publicată în octombrie 2008, este considerată certificatul de naștere al blockchain-ului. Câteva luni mai târziu, în ianuarie 2009, a fost lansată rețeaua Bitcoin – prima aplicație practică a acestei tehnologii. Ea a demonstrat că este posibil transferul de bani și alte forme de valoare digitală între doi participanți, fără a fi nevoie de un intermediar, precum băncile sau procesatorii de plăți, iar tranzacțiile puteau fi validate prin acordul participanților din rețea.

De la această primă aplicație, blockchain-ul a cunoscut o evoluție rapidă, care poate fi împărțită în mai multe etape.

Blockchain 1.0

Prima etapă corespunde perioadei în care tehnologia a fost folosită aproape exclusiv pentru monede digitale. Accentul era pus pe tranzacții financiare sigure și descentralizate, iar Bitcoin a rămas principala aplicație. Această etapă a fost denumită Blockchain 1.0.

Blockchain 2.0

A doua etapă a fost marcată de apariția platformei Ethereum în 2015, propusă de Vitalik Buterin. Ethereum a introdus conceptul de contracte inteligente, programe auto-executabile care rulează pe blockchain și permit automatizarea unor procese complexe, de la tranzacții financiare până la managementul lanțurilor de aprovizionare. Această inovație a extins radical posibilitățile blockchain-ului, transformându-l într-o infrastructură capabilă să găzduiască aplicații descentralizate.

Blockchain 3.0

Extinderea utilizării tehnologiei dincolo de domeniul financiar și integrarea sa în sectoarele industriale și sociale a dus la a treia etapă, denumită Blockchain 3.0. Începând cu 2019, tehnologia blockchain a fost folosită pentru trasabilitatea produselor, securitatea datelor medicale, validarea identității digitale sau managementul energiei regenerabile (Guo, 2025). Tapscott și Tapscott (2016) subliniază că blockchain-ul are potențialul de a revoluționa modul în care companiile și guvernele gestionează informațiile și resursele, prin transparență și reducerea numărului de intermediari.

Blockchain 4.0

Astăzi, se vorbește despre o a patra etapă, Blockchain 4.0, care urmărește integrarea cu alte tehnologii emergente, precum inteligența artificială, Internetul lucrurilor sau realitatea virtuală, punând accent pe scalabilitate, sustenabilitate și interoperabilitate.

Blockchain-ul a depășit de mult limitele domeniului financiar și s-a dovedit extrem de valoros pentru trasabilitatea resurselor și managementul sustenabil al fluxurilor materiale. În industriile de gestionare a deșeurilor și de minerit, blockchain-ul poate fi folosit pentru monitorizarea traseului deșeurilor, certificarea proceselor de reciclare și asigurarea conformității cu reglementările de mediu (BlockWaste Project, 2023).

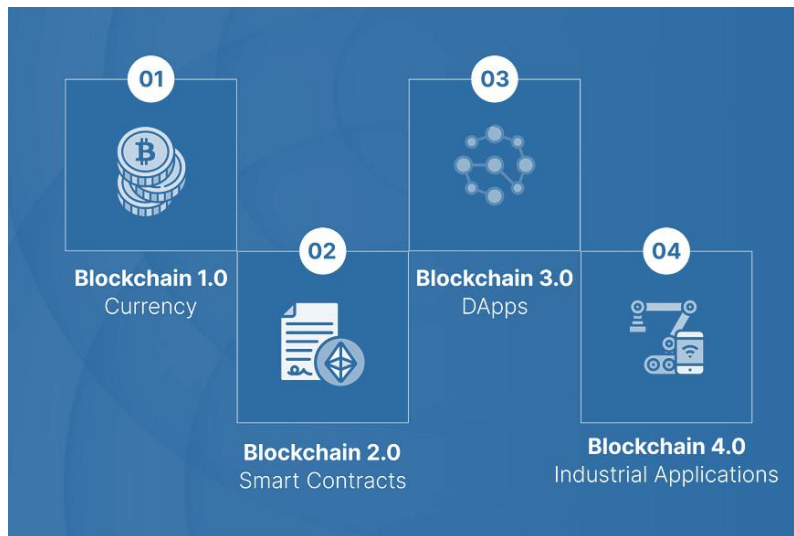


Figura 1. Evoluția tehnologiei Blockchain.

Sursă: <https://medium.com/coinmonks/blockchain-4-0-the-next-generation-of-blockchain-technology-78de1cac6479>

Așa cum este ilustrat în Figura 1, evoluția blockchain-ului poate fi urmărită de la utilizarea sa inițială în monede digitale (Blockchain 1.0), trecând prin apariția contractelor inteligente (Blockchain 2.0) și a aplicațiilor descentralizate (Blockchain 3.0), până la etapa actuală a aplicațiilor industriale (Blockchain 4.0), evidențiind o expansiune progresivă atât a funcționalităților, cât și a impactului.

Tipuri de blockchain

Odată cu evoluția tehnologiei, au fost dezvoltate mai multe tipuri de blockchain, adaptate la nevoile organizaționale diferite. Aceste tipuri pot fi grupate în patru categorii principale: blockchain-uri publice, private, de consorțiu și hibride.

Blockchain-urile publice sunt complet deschise: oricine poate participa în rețea, poate valida tranzacții și poate vizualiza datele. Exemple relevante sunt Bitcoin și Ethereum. Acest tip de blockchain este foarte transparent, dar se confruntă cu provocări legate de scalabilitate și de viteza tranzacțiilor.

În schimb, **blockchain-urile private** sunt gestionate de o singură organizație, care controlează accesul la rețea. Acest model oferă viteză și eficiență, dar limitează accesul la informații și la procesul de validare. În acest fel, nivelul de transparență este redus, deoarece nu toți utilizatorii pot verifica datele, iar gradul de descentralizare este mic, controlul rețelei rămânând concentrat în mâinile unei singure organizații.

O soluție intermediară este **blockchain-ul de consorțiu**, în care mai multe organizații colaborează pentru a administra rețeaua. În acest caz, controlul este împărțit între participanți, ceea ce asigură un echilibru între eficiență și descentralizare.

Blockchain-ul hibrid combină elemente din cele două tipuri anterioare. Un exemplu este IBM Food Trust, folosit pentru trasabilitatea alimentelor. Acesta permite ca o parte dintre date să fie publice, iar altele să rămână private, în funcție de nevoile partenerilor implicați.

Pentru a evidenția diferențele dintre principalele tipuri de blockchain, Tabelul 1 sintetizează câteva criterii esențiale, precum accesibilitatea, transparența, viteza tranzacțiilor și nivelul de control.

Tabelul 1. Analiza comparativă a tipurilor de blockchain

Tip de blockchain	Accesibilitate	Transparență	Viteza tranzacțiilor	Nivel de control	Exemple
Public	Oricine poate participa, deschis tuturor	Foarte ridicată – toate datele sunt vizibile pentru participanți	Redusă, din cauza numărului mare de noduri și a mecanismelor complexe de consens	Distribuit – controlul este împărțit între toți participanții	Bitcoin, Ethereum
Privat	Restricționat, doar utilizatori autorizați pot participa	Scăzută – accesul la date este limitat	Ridică – puține noduri și mecanisme rapide de validare	Centralizat – control exercitat de o singură organizație	Hyperledger Fabric
Consortiu	Limitat la organizațiile membre	Medie – datele sunt vizibile între participanții consorțiului	Ridică – consens rapid între un grup restrâns de noduri	Parțial descentralizat – control împărțit între mai multe organizații	R3 Corda, Quorum
Hibrid	Mix de acces public și privat	Variabilă – unele date sunt publice, altele private	Medie – echilibru între securitate și performanță	Control combinat: unele procese deschise, altele centralizate	IBM Food Trust

Sursă: adaptat după Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain*. Wiley.

Încă de la originile sale, în contextul crizei financiare din 2008, blockchain-ul a evoluat rapid de la o tehnologie asociată exclusiv criptomonedelor la o infrastructură digitală cu aplicații complexe și diverse. Faptul că există mai multe tipuri de blockchain permite adaptarea acestei tehnologii la diferite scenarii, de la rețele publice complet transparente până la rețele private destinate corporațiilor. Astăzi, blockchain-ul se află la intersecția dintre inovația tehnologică și schimbările profunde din societate și economie, având potențialul de a remodela modul în care sunt gestionate datele și modul în care se construiește încrederea în mediul digital.

2. CONCEPTE DE BAZĂ: BLOCURI, LANȚ, HASH, TIMESTAMP, CRIPTOGRAFIE

Pentru a înțelege blockchain-ul, este necesară clarificarea unor concepte fundamentale care constituie mecanismul său de funcționare. Elementele tehnice esențiale care fac posibil blockchain-ul includ blocurile, lanțul care le conectează, funcțiile hash, marcasele de timp (timestamp) și mecanismele de criptografie (Yaga et al., 2018).

Blocurile sunt unități de date care conțin un set de tranzacții validate și hash-uri criptografice ce fac legătura cu blocurile anterioare, formând astfel înregistrări imuabile în rețeaua blockchain.

Fiecare bloc din blockchain este un container digital care stochează, permanent, datele tranzacțiilor din rețea. Atunci când apar noi tranzacții, acestea sunt grupate într-un bloc. După ce rețeaua validează aceste tranzacții, blocul este „sigilat” și legat criptografic de blocurile anterioare. Astfel se creează un lanț în care conținutul fiecărui bloc nu poate fi modificat fără a afecta și celelalte blocuri.

Principalele componente ale fiecărui bloc dintr-un blockchain sunt:

- Datele
- Hash-ul blocului
- Hash-ul blocului anterior

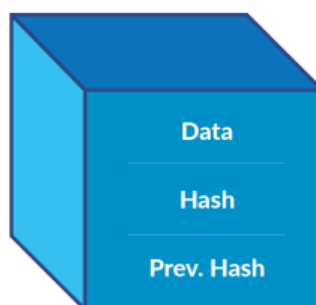


Figura 2. Componentele unui bloc din blockchain.

Sursa: <https://mastechinfotrellis.com/hubfs/Fundamentals-of-Blockchain-Technology-Explained.pdf>

Datele reprezintă partea cea mai importantă a blocului. Ele au forme variate, în funcție de aplicația blockchain-ului. Acestea pot include acorduri contractuale implementate prin smart contracts, informații medicale și multe altele, în funcție de specificul utilizării.

Hash-ul blocului este un cod generat pe baza datelor din bloc. El identifică blocul și tot conținutul său și este întotdeauna unic. Dacă datele din bloc se modifică în vreun fel, și

hash-ul se schimbă, ceea ce este esențial pentru securitatea blockchain-ului. Acest hash face legătura dintre blocuri, formând lanțul durabil.

Hash-ul anterior reprezintă codul Hash al blocului precedent. Aceasta creează lanțul propriu-zis de blocuri și este esențial pentru corectitudinea blockchain-ului. Fiecare bloc include hash-ul celui anterior, ceea ce face dificilă modificarea datelor unui bloc fără a afecta întregul lanț. Primul bloc din blockchain nu conține un hash anterior și este numit blocul Genesis. Conexiunea dintre blocuri este realizată prin funcții hash criptografice, care asigură că și o modificare minoră într-un bloc afectează toate blocurile ulterioare. Acest mecanism garantează caracterul imuabil al datelor și întărește încrederea în sistemul blockchain, motiv pentru care hash-urile joacă un rol crucial în asigurarea integrității și securității informațiilor.

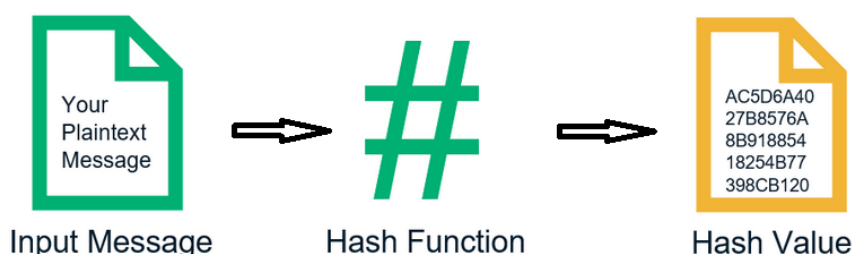


Figura 3. Hash cryptographic în acțiune.

Sursa: <https://sectigostore.com/blog/hash-function-in-cryptography-how-does-it-work/>

Lanțul este legătura care unește blocurile între ele, astfel încât acestea să formeze o secvență sigură și imuabilă.

Un lanț blockchain este o succesiune de blocuri, fiecare conținând o listă de tranzacții, care constituie nucleul sistemelor descentralizate. Aceste blocuri sunt conectate cronologic, formând un lanț (Chiliz, 2024).

Un **timestamp** (marcaj temporal) este o înregistrare digitală care notează momentul exact în care un bloc a fost creat și validat. Acesta servește la stabilirea ordinii cronologice a tranzacțiilor și la asigurarea faptului că informațiile din registru sunt corecte și transparente, fiind protejate de reguli care împiedică modificările ulterioare.

Criptografia este știința codificării datelor pentru a le proteja și pentru a asigura integritatea și securitatea tranzacțiilor, prevenind accesul terților la date în timpul procesului de comunicare (Crosby et al., 2016).

În blockchain, criptografia este utilizată pentru a proteja tranzacțiile care au loc între două noduri ale rețelei. Ea se bazează pe două mecanisme principale: criptarea (cu cheie simetrică și cu cheie asimetrică) și hash-ul criptografic.

Aceste mecanisme sunt ilustrate în Figura 4, care evidențiază modul în care criptarea și hashing-ul funcționează împreună pentru a securiza tranzacțiile din blockchain.

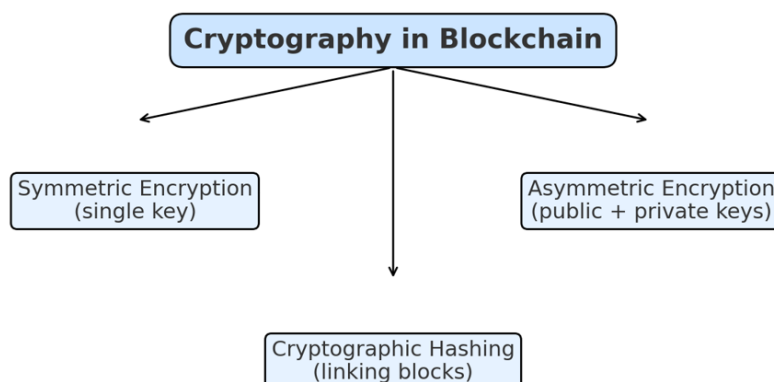


Figura 4. Cripografia în Blockchain.

Criptarea cu cheie simetrică utilizează aceeași cheie atât pentru criptare, cât și pentru decriptare. Algoritmul și cheia se combină pentru a cripta informația sensibilă originală, transformând textul clar (plaintext) în text cifrat (ciphertext).

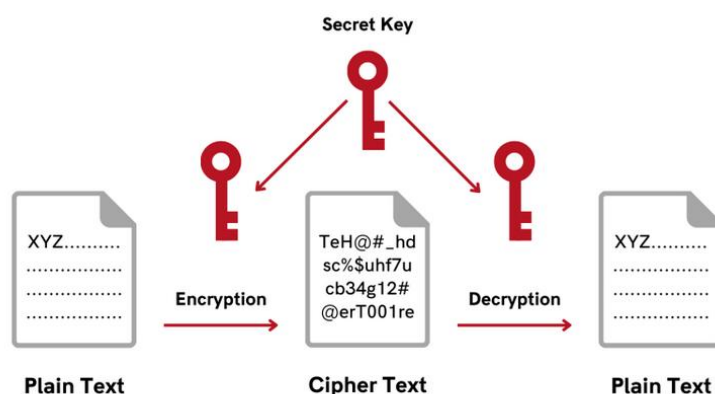


Figura 5. Criptarea cu cheie simetrică.

Sursa: <https://blog.cfte.education/what-is-cryptography-in-blockchain/#Definition of Cryptography>

Criptarea asimetrică folosește chei diferite, cum ar fi o cheie publică și o cheie privată, pentru criptare. Cheia publică este utilizată pentru a cripta datele și poate fi vizibilă pentru oricine, în timp ce cheia privată, care nu este disponibilă tuturor, este folosită pentru a decripta informațiile.

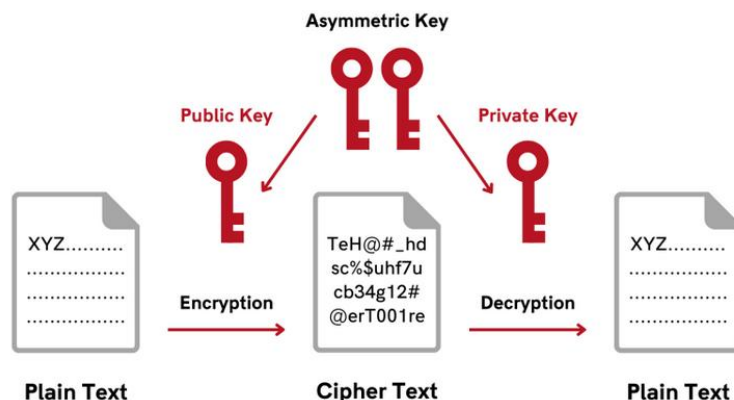


Figura 6. Criptarea cu cheie asimetrică.

Sursa: <https://blog.cfte.education/what-is-cryptography-in-blockchain/#Definition of Cryptography>

Hash-ul criptografic convertește datele în șiruri unice de caractere, care permit detectarea oricărei modificări și asigură conexiunea sigură dintre blocuri. Acest proces nu implică folosirea unor chei, ci utilizează un algoritm de tip cifru pentru a genera o valoare hash cu lungime fixă. Folosind un algoritm hash, orice informație în text simplu poate fi transformată într-un șir unic de text. Indiferent de lungimea valorii introduse, hash-ul are întotdeauna aceeași lungime fixă. Acest principiu este ilustrat în Figura 7, unde intrările „hello” și „HELLO” produc valori hash diferite, dar ambele au aceeași lungime fixă.

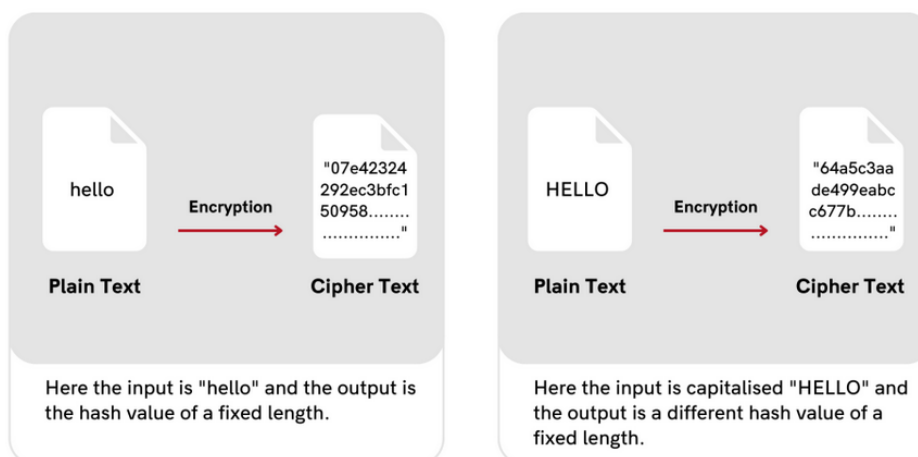


Figura 7. Funcția Hash

Sursa: <https://blog.cfte.education/what-is-cryptography-in-blockchain/#Definition of Cryptography>

Folosind aceste mecanisme, criptografia asigură integritatea și confidențialitatea datelor, face ca tranzacțiile să fie sigure și verificabile și conferă blockchain-ului caracterul de registru descentralizat și de încredere.

3. REGISTRE DISTRIBUITE ȘI DESCENTRALIZARE

Registre distribuite

Infrastructura tehnologică și protocoalele care permit accesul simultan, validarea și actualizarea înregistrărilor într-o bază de date în rețea poartă denumirea de **tehnologie a registrelor distribuite** (*Distributed Ledger Technology – DLT*) (Harvard Law School Forum on Corporate Governance, 2022).

Spre deosebire de bazele de date tradiționale, care sunt centralizate și gestionate de o singură entitate, DLT este descentralizată și funcționează pe o rețea peer-to-peer¹ (Crosby et al., 2016). Fiecare participant, sau nod, din rețea deține o copie a registrului, iar orice actualizare este construită și înregistrată independent de fiecare nod. Registrul este menținut prin acorduri între noduri, ceea ce asigură faptul că toate copiile sale sunt identice.

DLT este tehnologia pe baza căreia se construiesc blockchain-urile și reprezintă infrastructura care permite utilizatorilor să vadă ce modificări au fost făcute și de către cine, reducând nevoia de auditare a datelor, garantând integritatea acestora și oferind acces doar celor care au nevoie. Acest lucru este ilustrat în Figura 8, unde patru noduri își transmit actualizări pentru a menține registrele identice, demonstrând cum DLT păstrează transparența și sincronizarea fără o autoritate centrală.

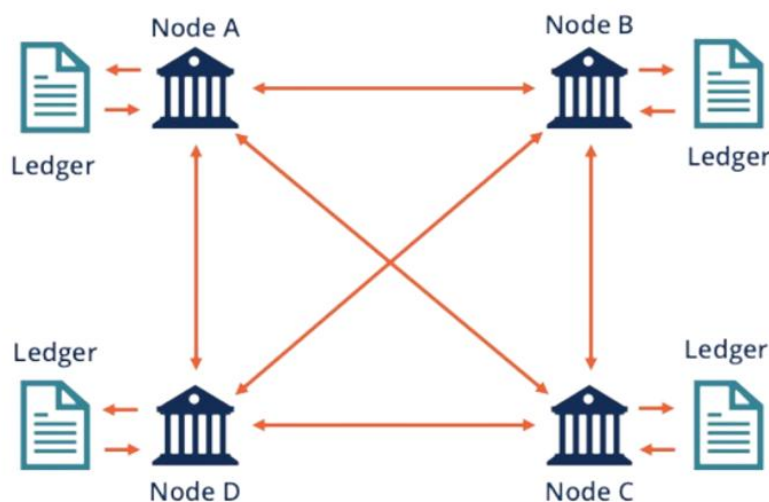


Figura 8. Registre distribuite.

Sursa: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/cryptocurrency/distributed-ledgers/>

¹ peer-to-peer = partajarea directă a resurselor și informațiilor între dispozitive sau utilizatori fără a fi nevoie de o autoritate centrală sau de un server

Registrul distribuit este una dintre componentele logice esențiale ale unui mediu blockchain. Principala caracteristică a sa este descentralizarea (Yaga et al., 2018).

Descentralizarea

Descentralizarea este principiul fundamental care stă la baza blockchain-ului și a registrelor distribuite. În loc să existe un singur punct de control, rețeaua este împărțită între toți participanții. Acest lucru reduce riscul atacurilor, deoarece nu există o entitate unică asupra căreia să se exercite presiune.

Descentralizarea reduce dependența de intermediari, oferind indivizilor mai mult control asupra datelor proprii (Harvard Law School Forum on Corporate Governance, 2022). În domeniul gestionării deșeurilor, descentralizarea sistemelor contribuie la îmbunătățirea reciclării locale și a reutilizării resurselor, reducând semnificativ impactul asupra mediului comparativ cu sistemele centralizate.

4. CONTRACTE INTELIGENTE: DEFINIȚIE ȘI UTILIZĂRI

Contractele inteligente sunt acorduri digitale auto-executabile, stocate pe un blockchain. Termenii contractuali sunt scriși sub formă de cod și sunt aplicați automat de îndată ce condițiile specificate sunt îndeplinite, fără a fi nevoie de intermediari. Această automatizare reduce întârzierile, previne disputele și asigură transparența (European Commission, EU Blockchain Observatory and Forum, 2020; Tapscott et al., 2016).

Conceptul a fost introdus pentru prima dată de Nick Szabo în anii 1990, dar a devenit fezabil odată cu lansarea platformei Ethereum în 2015 (European Commission, EU Blockchain Observatory and Forum, 2020).

Contractele inteligente sunt coduri stocate în blockchain care definesc regulile și penalitățile unui acord, la fel ca un contract tradițional, dar care, în plus, execută aceste reguli automat. Ele reduc necesitatea intermediarilor, sporesc eficiența și minimizează riscul de erori sau manipulări (Mougayar, 2016).

Un element esențial al contractelor inteligente este automatizarea. Aceasta înseamnă că anumite acțiuni, precum actualizarea unui certificat, sunt realizate imediat ce condițiile prevăzute în contract sunt îndeplinite, fără a fi nevoie de intervenție umană (Saber et al., 2018).

Un alt aspect definitoriu îl reprezintă caracterul imuabil al contractelor inteligente. Odată implementat pe blockchain, un contract nu mai poate fi modificat, ceea ce garantează că termenii stabiliți inițial rămân neschimbați și oferă tuturor părților implicate un nivel sporit de încredere și transparență.

Un alt aspect fundamental este transparența. Blockchain-ul permite tuturor părților să vizualizeze aceleași condiții și rezultate, eliminând posibilele neînțelegeri. În plus, prin

utilizarea criptografiei, aceste contracte oferă un nivel sporit de securitate, reducând riscul de fraudă sau manipulare.

5. COMPARAȚIE CU BAZELE DE DATE TRADIȚIONALE

Gestionarea datelor în industrii precum cea a pietrei naturale s-a bazat, în mod tradițional, pe baze de date centralizate. Deși aceste sisteme sunt eficiente pentru evidențele interne ale unei companii, ele întâmpină limitări în ecosisteme cu mai mulți actori, acolo unde transparența și trasabilitatea sunt esențiale (Zheng et al., 2018).

În cazul bazelor de date tradiționale, controlul se află în mâinile unei singure organizații sau ale unui administrator IT, ceea ce conferă o autoritate centralizată asupra informațiilor. În plus, datele stocate pot fi modificate, șterse sau suprascrise, ceea ce ridică probleme de încredere în situațiile în care integritatea informațiilor este critică. Transparența este, de asemenea, redusă, deoarece părțile externe – precum clienții sau autoritățile de reglementare – se bazează adesea pe rapoarte furnizate de organizația deținătoare, rapoarte care nu reflectă întotdeauna realitatea completă. Totuși, aceste baze de date se dovedesc eficiente atunci când sunt utilizate în cadrul fluxurilor de lucru interne ale unei singure organizații, dar își pierd relevanța atunci când este vorba despre gestionarea lanțurilor de aprovizionare transfrontaliere, cu multiple părți implicate.

În contrast, bazele de date bazate pe blockchain funcționează pe principiul registrelor distribuite. Copii ale bazei de date sunt stocate pe toate nodurile participante, ceea ce elimină riscul unui punct unic de eșec (European Commission, 2020). În plus, odată ce o tranzacție a fost validată, aceasta devine imuabilă, garantând astfel integritatea datelor. Un alt avantaj major este faptul că toate părțile implicate pot verifica informațiile în mod direct, fără a depinde de o autoritate centrală, ceea ce consolidează încrederea între participanți. Mai mult, blockchain-ul permite integrarea cu contractele inteligente, făcând posibilă automatizarea proceselor, cum ar fi actualizarea automată a pașapoartelor materialelor.

Pentru a înțelege mai bine diferențele dintre cele două tipuri de baze de date, tabelul următor prezintă o comparație sintetică între bazele de date tradiționale și cele bazate pe blockchain.

Tabelul 2. Baze de date tradiționale vs. baze de date blockchain.

Aspect	Bază de date tradițională	Bază de date Blockchain
Control	Centralizat	Descentralizat
Integritatea datelor	Editabile	Imuabile
Transparență	Limitată	Partajată între toți
Necesitatea încrederii	Ridicată (în autoritate)	Redusă (în cod)
Automatizare	Necesită instrumente externe	Încorporată prin <i>smart contracts</i>

Relevanța acestei comparații pentru industria pietrei naturale este semnificativă. De exemplu, urmărirea proceselor de reciclare a deșeurilor de piatră la nivel transfrontalier necesită colaborarea mai multor actori și un nivel ridicat de încredere între aceștia. Tehnologia blockchain oferă trasabilitatea necesară și facilitează conformitatea cu directivele europene privind gestionarea deșeurilor. În același timp, raportarea privind sustenabilitatea – cerință esențială pentru alinierea la Pactul Verde European și la criteriile taxonomiei – devine mult mai simplă atunci când datele nu pot fi alterate. Astfel, blockchain-ul nu doar că rezolvă problemele de transparență și încredere, ci aduce și un avantaj practic major în îndeplinirea cerințelor legislative și de mediu.

6. STUDII DE CAZ ÎN LOGISTICĂ, FINANȚE, MANAGEMENTUL DEȘEURILOR ȘI MINERIT

Blockchain-ul și contractele inteligente nu sunt tehnologii abstracte – ele sunt deja aplicate în logistică, finanțe, managementul deșeurilor și minerit. Integrarea lor în sectorul pietrei naturale poate închide buclele materiale, reduce ineficiențele și asigura conformitatea cu politicile UE privind sustenabilitatea (Saber et al., 2018).

6.1. Studii de caz în logistică

Walmart, unul dintre cei mai mari retaileri din lume, s-a confruntat cu o problemă majoră: trasabilitatea alimentară în lanțul său de aprovizionare. Identificarea sursei unui produs contaminat putea dura până la șapte zile, ceea ce însemna costuri ridicate și riscuri pentru sănătatea consumatorilor.

În 2017, Walmart a lansat, împreună cu IBM, platforma Food Trust, bazată pe blockchain. Aceasta integrează fiecare etapă a lanțului de aprovizionare – de la fermă la procesator și până la magazin – într-un registru distribuit și transparent (IBM, 2017).

Rezultatul a fost spectaculos: timpul necesar pentru a identifica originea unui produs a scăzut de la 7 zile la doar 2,2 secunde. În acest fel, Walmart a reușit să crească eficiența operațională, să reducă risipa și, cel mai important, să ofere consumatorilor mai multă siguranță și încredere (Walmart Global Tech, 2021a,b).

Blockchain-ul nu numai că permite identificarea rapidă a surselor de contaminare alimentară, dar ajută și la reducerea risipei, întrucât retragerile de produse de pe piață sunt direcționate doar către loturile afectate. Acest lucru îmbunătățește semnificativ modul în care este gestionat procesul de *recall*.

Graficul din Figura 9 compară metodele tradiționale de gestionare a datelor cu soluțiile bazate pe blockchain, folosind cinci criterii esențiale: trasabilitate, încredere, costuri de audit, siguranță alimentară și viteză. Zonele umbrite arată performanța fiecărei metode: gri pentru metodele tradiționale și albastru pentru blockchain.



Figura 9. Implementarea tehnologiei blockchain de către Walmart.

Se observă că poligonul albastru (blockchain) se extinde mult mai mult decât cel gri, ceea ce înseamnă că blockchain-ul depășește metodele convenționale la toate capitolele analizate.

6.2. Studii de caz în finanțe

În sectorul financiar, o provocare constantă este complexitatea plăților internaționale. Un singur transfer putea trece prin mai multe bănci intermediare, ceea ce genera întârzieri de câteva zile, costuri suplimentare și lipsă de transparență.

Pentru a rezolva această problemă, JPMorgan a lansat în 2017 Interbank Information Network, redenumit ulterior Liink, bazat pe propria infrastructură blockchain, Onyx. Rețeaua a permis băncilor participante să partajeze în timp real informațiile necesare pentru procesarea plăților și corectarea instantanee a erorilor (SA23026, 2023). Timpul de procesare a tranzacțiilor a scăzut semnificativ, iar introducerea JPM Coin a făcut posibilă decontarea instantanee între participanți. Soluția a adus mai multă transparență, servicii mai rapide și reducerea costurilor operaționale (Cousaert, 2021; Anguiano, 2023).

Cazul Liink este un exemplu ilustrativ al modului în care blockchain-ul poate fi aplicat în sectorul bancar pentru a rezolva problemele de eficiență și transparență. JPMorgan a demonstrat că, în domeniul plăților transfrontaliere, o rețea distribuită poate simplifica un proces complicat și poate genera beneficii tangibile la scară globală.

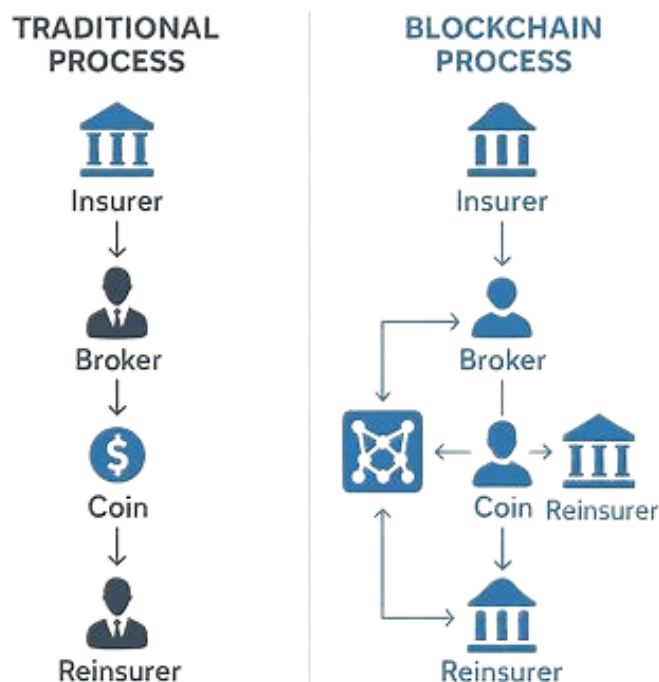


Figura 10. Diferențe între procesul tradițional și procesul bazat pe blockchain.

Figura 10 evidențiază modul în care procesele tradiționale implică un flux liniar, care trece prin mai mulți intermediari unul după altul, ceea ce duce la întârzieri și costuri suplimentare. În contrast, procesul bazat pe blockchain permite tuturor actorilor să acceseze aceleași informații în timp real, reducând blocajele și erorile. Se poate observa că brokerul, asigurătorul și reasigurătorii sunt conectați simultan prin registrul distribuit, ceea ce explică modul în care această soluție a permis JPMorgan să reducă timpii de procesare și să crească transparența în rețeaua bancară.

6.3. Studii de caz în managementul deșeurilor

Un exemplu relevant de aplicare a blockchain-ului în managementul deșeurilor este proiectul **CIRCULARPORT/CIRCULARPASS** din Spania (Blue Room Innovation, n.d.; Taylor et al., 2020; Jovanovic, 2025; Picvisa, n.d.). Porturile generează cantități mari de deșeurile provenite de la nave, iar asigurarea colectării, transportului și tratării corespunzătoare reprezintă o provocare. În mod tradițional, acest proces a fost lipsit de transparență și predispus la erori sau chiar la eliminări ilegale.

Aspectele esențiale ale acestui studiu de caz sunt sintetizate în Figura 11, care evidențiază problema, soluția bazată pe blockchain și impactul rezultat.



Figura 11. Blockchain pentru managementul deșeurilor: Problemă – Soluție – Impact în proiectul CIRCULARPORT/CIRCULARPASS (Spania).

Așa cum este prezentat în Figura 11, inițiativele CIRCULARPORT și CIRCULARPASS au introdus un sistem de trasabilitate bazat pe blockchain care înregistrează fiecare etapă a fluxului de deșeuri — de la colectarea în port până la tratarea finală. Toți actorii implicați (autorități, operatori portuari, instalații de tratare a deșeurilor) pot accesa aceleași date imuabile, ceea ce sporește încrederea și responsabilitatea.

Rezultatul este un sistem care nu doar respectă Directiva-Cadru a UE privind deșeurile, ci și îmbunătățește eficiența prin reducerea birocrăției și permiterea monitorizării în timp real. Autoritățile câștigă un control mai mare, companiile pot demonstra conformitatea, iar societatea în ansamblu beneficiază de un management al deșeurilor mai sustenabil.

6.4. Studii de caz în minerit

În sectorul mineritului, un exemplu ilustrativ provine din Canada, de la compania CurrencyWorks, care a dezvoltat un model de tip valorificare energetică a deșeurilor pentru alimentarea operațiunilor de minare a criptomonedelor (Pappas, 2021). Mineritul de active digitale, precum Bitcoin, consumă cantități enorme de energie și a fost adesea criticat pentru amprenta sa asupra mediului.

CurrencyWorks a abordat această provocare prin integrarea centralelor valorificare energetică a deșeurilor cu infrastructura de minare bazată pe blockchain. Deșeurile municipale sunt transformate în energie, care alimentează direct facilitățile de minare a

criptomonedelor. Rețeaua blockchain înregistrează atât procesul de generare a energiei, cât și utilizarea acesteia, asigurând transparență totală și conformitate cu reglementările de mediu.

Figura 12 ilustrează acest proces, arătând modul în care deșeurile sunt transformate în energie ce alimentează activitățile de minare, în timp ce blockchain-ul garantează transparența și respectarea cerințelor de sustenabilitate.

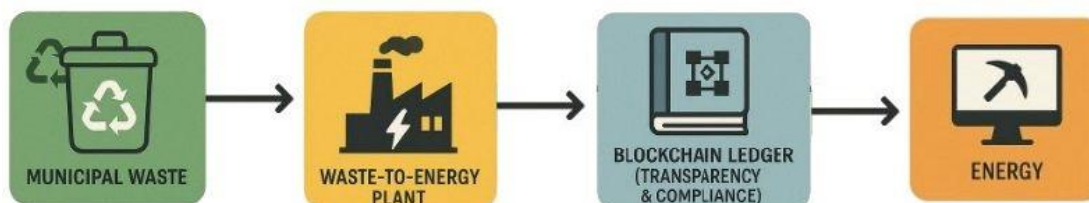


Figura 12. Procesul de valorificare energetică a deșeurilor care alimentează mineritul blockchain (studiu de caz CurrencyWorks).

Această abordare arată cum blockchain-ul poate fi parte a unei soluții de economie circulară, transformând o problemă legată de deșeuri într-o resursă, reducând în același timp emisiile de carbon (Taylor et al., 2020; Jovanovic, 2025; Picvisa, n.d.). Ea evidențiază potențialul blockchain-ului nu doar de a îmbunătăți trasabilitatea și responsabilitatea, ci și de a sprijini modele de afaceri inovatoare și prietenoase cu mediul în industriile cu consum intens de resurse.

Cele patru studii de caz discutate mai sus pot fi comparate între sectoare. Tabelul 3 oferă o recapitulare a acestor aplicații, evidențiind principalele utilizări, beneficii și referințe.

Tabelul 3. Utilizări ale blockchain-ului în diferite sectoare.

Sector	Studiu de caz	Aspecte esențiale
Logistică	Walmart & IBM Food Trust	Blockchain pentru trasabilitatea lanțului de aprovizionare alimentar; reducerea timpului de identificare a originii de la 7 zile la 2,2 secunde; siguranță alimentară și eficiență îmbunătățite
Finanțe	JPMorgan – Liink	Plăți transfrontaliere pe registru distribuit; peste 400 de bănci participante; tranzacții mai rapide, transparență, JPM Coin pentru decontări
Managementul deșeurilor	CIRCULARPORT / CIRCULARPASS (Spain)	Trasabilitatea pe blockchain a deșeurilor generate de nave; conformitate cu Directiva UE privind deșeurile; transparență sporită între autorități și instalațiile de tratare

Minerit	CurrencyWorks (Canada)	Modelul de valorificare energetică a deșeurilor pentru alimentarea minării de criptomonede; blockchain-ul asigură transparența și conformitatea de mediu; exemplu de inovație în economia circulară
---------	---------------------------	---

Așa cum se arată în Tabelul 3, blockchain-ul generează valoare în diferite industrii prin îmbunătățirea transparenței, eficienței și încrederii. Deși aplicațiile specifice diferă, principiul de bază rămâne același: registrele descentralizate și imuabile consolidează responsabilitatea.

BIBLIOGRAFIE

Anguiano, T. D. (2023). The state of art, opportunities and challenges of blockchain in the insurance industry: A systematic literature review. *PMC*.

Blue Room Innovation. (n.d.). *CircularPort and CircularPass: Leveraging blockchain to promote the circular economy*. European Circular Economy Stakeholder Platform. Retrieved August 26, 2025, from <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/circularport-and-circularpass-leveraging-blockchain-promote-circular-economy>

Chiliz (2024, August 2027) What is a Chain in Blockchain Technology? Retrieved August 18, 2025, from <https://www.chiliz.com/what-is-a-chain-in-blockchain-technology/>

Cousaert, S., Vadgama, N., & Xu, J. (2021). Token-based insurance solutions on blockchain. *arXiv*.

Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation Review*, 2(6–10). <https://i2-capital.com/wp-content/uploads/2017/11/AIR-2016-Blockchain.pdf>

European Commission. (2020, February 19). *A European strategy for data* (COM(2020) 66 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52020DC0066>

European Commission, EU Blockchain Observatory and Forum. (2020). *Smart contracts: Legal challenges and opportunities* (Final report). Publications Office of the European Union. https://blockchain-observatory.ec.europa.eu/document/download/53a0aeb4-d144-4054-841e-dc169b44f94d_en?filename=SmartContractsReport_Final.pdf

Guo, H. (2025). The impact of blockchain technology and smart contracts. *Nature*.

Harvard Law School Forum on Corporate Governance. (2022). Blockchain in the banking sector: A review of the landscape and opportunities.

IBM. (2017, December 14). Walmart, JD.com, IBM and Tsinghua University launch a blockchain food safety alliance in China. *IBM Newsroom*. Retrieved August 21, 2025, from <https://newsroom.ibm.com/2017-12-14-Walmart-JD-com-IBM-and-Tsinghua-University-Launch-a-Blockchain-Food-Safety-Alliance-in-China>

- Jovanovic, D.** (2025, April). Blockchain and sustainable waste management: A deep dive. Diversys. <https://www.diversys.com/white-papers/blockchain-and-sustainable-waste-management-a-deep-dive/>
- Mougayar, W.** (2016). *The business blockchain: Promise, practice, and application of the next Internet technology*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Nakamoto, S.** (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- SA23026.** (2023). How JP Morgan Chase leverages blockchain technology to modernize financial services. *AABRI Manuscript*.
- Pappas, A.** (2021, June 17). *Canada's energy sector could win at green crypto mining*. EnergyNow.ca. <https://energynow.ca/2021/06/canadas-energy-sector-could-win-at-green-crypto-mining-alex-pappas/>
- Picvisa.** (n.d.). Blockchain technology for sustainable waste management. Picvisa. Retrieved August 23, 2025, from <https://picvisa.com/blockchain-technology-for-sustainable-waste-management/>
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L.** (2018). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 2117–2135
- Tapscott, D., & Tapscott, A.** (2016). *Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. New York, NY: Penguin.
- Taylor, P., Steenmans, K., & Steenmans, I.** (2020) Blockchain Technology for Sustainable Waste Management. *Front. Polit. Sci.* 2:590923. doi: 10.3389/fpos.2020.590923
- The Geneva Association.** (2023). DeFi insurance: Blockchain-based insurance and its potential.
- Walmart Global Tech.** (2021, June 14). Blockchain in the food supply chain. *Walmart*. Retrieved August 21, 2025, from https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/blog/post/blockchain-in-the-food-supply-chain.html
- Walmart Global Tech.** (2021, November 30). Blockchain in the food supply chain – What does the future look like? *Walmart*. Retrieved August 19, 2025, from https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/blog/post/blockchain-in-the-food-supply-chain.html
- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K.** (2018). Blockchain technology overview. *NIST Interagency/Internal Report (NISTIR) 8202*. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8202>
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H.-N., Chen, X., & Wang, H.** (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352. <https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.095647>



Curs RockChain: UNITATEA 3 Economia circulară în sectorul pietrei naturale



Această lucrare este licențiată sub [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International Licence](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

"Finanțat de Uniunea Europeană. Punctele de vedere și opiniile exprimate aparțin, însă, exclusiv autorului (autorilor) și nu reflectă neapărat punctele de vedere și opiniile Uniunii Europene sau ale Agenției Executive Europene pentru Educație și Cultură (EACEA). Nici Uniunea Europeană și nici EACEA nu pot fi considerate răspunzătoare pentru acestea."



Erasmus+



Transilvania
University
of Brasov





Cuprins

1. DEFINIȚIA ȘI PILONII ECONOMIEI CIRCULARE (REDUCERE, REUTILIZARE, RECICLARE)..	3
2. DE LA MODELUL LINIAR LA CEL CIRCULAR: PROVOCĂRI ȘI BENEFICII.....	4
3. PRACTICI CIRCULARE ÎN EXTRAȚIE, PRELUCRARE ȘI DESIGN DE PRODUSE	6
4. RECICLAREA DEȘEURILOR DIN PIATRĂ: AGREGATE, FILLERI, DECORAȚIUNI ETC.....	7
5. EC ȘI DIGITALIZARE: TRASABILITATE, DATE, MONITORIZAREA CICLULUI DE VIAȚ.....	9
6. CONTEXT UE: PACTUL VERDE EUROPEAN, PLANUL DE ACȚIUNE PENTRU ECONOMIA CIRCULARĂ, TAXONOMIA UE	10
BIBLIOGRAFIE.....	12

1. DEFINIȚIA ȘI PILONII ECONOMIEI CIRCULARE (REDUCERE, REUTILIZARE, RECICLARE)

Definiția economiei circulare în sectorul pietrei naturale

Economia circulară își propune să prevină deșeurile și poluarea. Piatra naturală utilizată ar trebui să rămână în ciclu și să fie regenerată pe tot parcursul ciclului său de viață. Aceasta îndepărtează industria de un model liniar „extragere-utilizare-eliminare”, în care pietrele brute sunt extrase, procesate, utilizate și în final eliminate, către un sistem cu circuit închis. În acest sistem, fiecare fază – de la extracție și procesare până la construcție, demolare și reutilizare – se concentrează pe creșterea valorii pietrei naturale, reducerea impactului asupra mediului și conservarea resurselor geologice finite.

Pilonii economiei circulare pentru piatra naturală

1. Reducere

Minimizarea utilizării materialelor și a energiei în fiecare fază a producției de piatră pentru construcții este temelia pilonului „reducere”. Prin optimizarea proceselor și a modului de utilizare, industria pietrei naturale poate reduce drastic deșeurile și emisiile de CO₂ și poate conserva carierele de piatră naturală.

- Tăierea de precizie și modelarea digitală pentru a adapta piatra exact la specificații
- Reducerea deșeurilor printr-o proiectare modulară și adoptarea de dimensiuni standardizate
- Utilizarea tehnicilor de fabricație eficientă pentru a optimiza consumul de apă și energie
- Preferința pentru sursele locale de aprovizionare pentru a reduce distanțele de transport și emisiile asociate

2. Reutilizare

Prelungirea duratei de viață a pietrei naturale prin menținerea formei și funcției sale în noile aplicații previne extragerea de noi materii prime și eliminarea celor vechi la gropile de gunoi. Pilonul „reutilizare” pune accentul pe demontarea, renovarea și reutilizarea elementelor întregi din piatră.

- Protocoale de deconstrucție pentru demontarea atentă a fațadelor, pardoselilor, blaturilor, zidăriei, bordurilor și pavajelor din piatră
- Certificare și piețe pentru piatra recuperată pentru a asigura calitatea și trasabilitatea

- Adaptarea creativă a plăcilor și pieselor reciclate la noi caracteristici arhitecturale sau de design
- Parteneriate cu companii de demolări pentru extragerea elementelor din piatră din fluxul de deșeuri

3. Reciclare

Dacă piatra nu poate fi reutilizată în forma sa originală, valoarea sa este recuperată ca materie primă secundară prin procese mecanice de reciclare. Pilonul de reciclare transformă piatra naturală uzată în noi materiale de construcție sau materii prime industriale.

- Concasarea bucăților reziduale și a molozului de demolare în agregate pentru beton, fundații rutiere sau amenajări peisagistice
- Producerea de praf de piatră ca material de umplutură pentru mortar, ceramică și vopsele
- Reciclarea prafului fin de piatră ca aditivi minerali în materiale compozite sau stabilizatori de sol
- Închiderea cercului prin reintegrarea fracțiunilor de rocă reciclată în noi procese de fabricație

Prin implementarea acestor trei piloni - reducere, reutilizare și reciclare - piatra naturală este transformată dintr-o resursă de unică folosință într-un material circular, protejând patrimoniul nostru geologic și promovând dezvoltarea durabilă.

2. DE LA MODELUL LINIAR LA CEL CIRCULAR: PROVOCĂRI ȘI BENEFICII

De la modele liniare la cele circulare: provocări și beneficii pentru piatra naturală
Tranziția de la abordarea tradițională „extragere-utilizare-eliminare” la o paradigmă circulară în sectorul pietrei naturale necesită o regândire în fiecare etapă a ciclului de viață al pietrei. Deși această schimbare poate fi complexă, ea deschide oportunități de mediu și economice care depășesc cu mult obstacolele.

Provocări

- Tehnologie și infrastructură - dezvoltarea instalațiilor pentru concasarea, curățarea și sortarea deșeurilor de piatră la fața locului necesită investiții semnificative și echipamente specializate.
- Viabilitate economică - costurile inițiale de demontare, certificare a materialelor recuperate și logistică de returnare pot descuraja actorii concentrați pe returnări pe termen scurt.

- Complexitatea lanțului de aprovizionare - urmărirea și trasabilitatea pietrei reciclate sau reutilizate prin intermediul platformelor digitale este încă la început, ceea ce face dificilă asigurarea calității și transparența materialelor.
- Proiectare și specificații - arhitecții și inginerii trebuie să adapteze detaliile standard pentru a ține cont de diferențele de dimensiune, finisajul suprafeței și toleranțele elementelor de piatră reutilizate.
- Lacune în reglementări și standard - în multe țări, reglementările în construcții și directivele de achiziții publice nu au linii directe clare pentru aprobarea pietrei naturale reutilizate sau reciclate.

Beneficii

- Impact mai mic asupra mediului - ratele de extracție mai mici conservă rezervele geologice și protejează habitatele din vecinătatea carierelor.
- Economii de costuri pe termen lung - devierea transportului pietrei la gropile de gunoi și utilizarea materialelor recuperate local pot reduce taxele de eliminare a deșeurilor și costurile de transport.
- Poziționare îmbunătățită a mărcii și a pieței - proiectele care urmăresc strategii de economie circulară atrag clienți preocupați de mediu și adesea se califică pentru certificări de sustenabilitate.
- Reziliență și securitatea resurselor - stabilirea unei bucle închise pentru aprovizionarea cu piatră reduce riscurile asociate cu deficitul de materii prime și fluctuațiile de prețuri.
- Promovarea inovației - cererea de soluții circulare promovează noi modele de afaceri, cum ar fi leasingul de piatră sau sistemele de preluare, care pot duce la diversificarea fluxurilor de venituri.

Prezentare generală comparativă

Aspect	Model liniar	Avantajele modelului circular
Consum de resurse	Extracție continuă de piatră naturală neatinsă	Consum redus prin reutilizare și reciclare
Deșeuri	Cantități mari de deșeuri și moloz	Reducerea deșeurilor prin cicluri închise
Bilanț CO ₂	Emisii ridicate din cauza transportului	Amprentă de carbon mai mică datorită recuperării locale
Crearea de valoare	Valoare unică, limitată la prima utilizare	Valoare extinsă prin cicluri multiple de viață
Risc legislativ	Dependență de obținerea de noi autorizații de extracție	Aliniere cu politicile și stimulentele de gestionare a deșeurilor

Introducerea unui concept de economie circulară în industria pietrei naturale nu numai că abordează preocupările urgente de mediu, dar deschide și calea pentru practici reziliente, inovatoare și sănătoase din punct de vedere economic.

3. PRACTICI CIRCULARE ÎN EXTRAȚIE, PRELUCRARE ȘI DESIGN DE PRODUSE

Reducerea deșeurilor și protejarea ecosistemelor încep din carieră. Prin regândirea modului în care extragem roca din pământ, creăm condițiile pentru o adevărată economie circulară.

- Minerit de precizie: utilizarea topografiei controlate de drone și a ferăstraielelor cu sârmă diamantată pentru extragerea blocurilor, reduc deșeurile cu până la 30%.
- Sisteme de recirculare a apei: colectarea și tratarea apei pluviale și a apei de proces la fața locului, reduc consumul de apă dulce cu 60%.
- Integrarea energiilor regenerabile: concasoarele, benzile transportoare și iluminatul din carieră sunt alimentate de sisteme de energie solară sau eoliană.
- Restaurarea progresivă: restaurarea biodiversității prin umplerea zonelor exploatate cu deșeuri sortate și plante native în timpul extracției.
- Planificarea modulară a blocurilor: împărțirea extracției în zone mai mici, orientate către cerere, pentru a evita supra extracția și a minimiza rutele de transport.

Transformare

În fabrici și ateliere, fiecare așchie de piatră și fiecare picătură de șlam au valoare. Procesarea inteligentă menține aceste produse secundare în circuit.

- Șabloane digitale și optimizarea tăierii: utilizarea scanării 3D și a software-ului CAM pentru a obține mai multe piese dintr-o singură placă brută, reducând deșeurile.
- Ciclu închis pentru șlam: colectarea amestecului de praf de piatră și apă provenit de la fierăstraie și mașini de șlefuit, separarea solidelor pentru agregate reciclate și clarificarea apei pentru recirculare.
- Stații de concasare la fața locului: transformarea resturilor de plăci, a decupajelor și a fragmentelor demontate în agregate sortate pentru noi compozite din piatră sau pentru fundații rutiere.
- Mașini eficiente energetic: modernizarea fierăstraielelor și a mașinilor de șlefuit cu convertoare de frecvență și frâne regenerative pentru reducerea consumului de energie.
- Stații de sortare a materialelor: utilizarea benzilor transportoare și a scanerelor optice pentru separarea părților inutilizabile de piatra naturală de bună calitate și trimiterea acestora către reutilizare direcționată.

Proiectarea produsului

Deciziile de proiectare determină cât timp rezistă piatra și cât de ușor poate fi readusă într-un nou ciclu. Detaliile bine gândite de astăzi deschid calea materialelor de mâine.

- Proiectare pentru demontare: specificarea sistemelor de ancorare mecanică (cleme, dibluri, console) în locul mortarului turnat pe șantier, astfel încât plăcile să poată fi demontate ușor.
- Module standardizate: utilizarea unui set limitat de dimensiuni și grosimi de plăci pentru a simplifica adaptarea ulterioară, reutilizarea sau reconfigurarea.
- Pașapoarte ale materialelor (documente digitale care „însoțesc” materialul de la extracție până la reciclare): atașarea de coduri QR sau etichete RFID la elementele din piatră care înregistrează originea, tratamentele de suprafață și istoricul reparațiilor pentru a simplifica verificarea.
- Șabloane pentru reutilizare adaptivă: elaborarea de ghiduri de proiectare care arată cum pot fi transformate blaturile, placările sau pavelele vechi în mobilier, mozaicuri sau elemente de grădină.
- Modele de returnare și leasing: colaborarea cu furnizorii pentru a oferi piatră pe bază de închiriere și pentru a garanta returnarea și preluarea acesteia la sfârșitul duratei de viață utile, în vederea reprocesării.

4. RECICLAREA DEȘEURILOR DIN PIATRĂ: AGREGATE, FILLERI, DECORAȚIUNI ETC.

Prin reciclarea deșeurilor de piatră, a resturilor de tăiere, a molozului și a prafului, acestea sunt transformate în materii prime secundare de înaltă calitate. Această abordare menține tone de moloz de piatră în afara depozitelor de deșeuri, reduce cererea de piatră nouă și deschide noi oportunități de afaceri.

Agregate

Fragmentele de piatră concasată și deșeurile din construcții sunt agregate durabile și rentabile pentru ingineria civilă și clădiri.

- Strat de fundație pentru drumuri și trotuare
- Agregate grosiere pentru beton și mortar
- Material de umplutură pentru șanțuri și ziduri de sprijin
- Sisteme de drenaj subteran și straturi filtrante
- Elemente peisagistice (alei pietruite, pietriș decorativ)

Fileri

Praful de piatră și pulberile fine pot înlocui sau suplimenta filerii minerali convenționali și pot îmbunătăți proprietățile mecanice și termice ale diverselor produse.

- Vopsele, acoperiri și grunduri (rezistență crescută la abraziune)
- Compozite polimerice și din cauciuc (rezistență la foc, rigiditate)

- Materiale de etanșare, chituri și umpluturi pentru rosturi (stabilitate dimensională)
- Amestecuri bituminoase (asfalt mastic din piatră)
- Hârtie și mase plastice (opacitate și putere de umplere)

Aplicații decorative și arhitecturale

Plăcile mai mari și resturile unice cu vene decorative permit aplicații creative de design, oferind deșeurilor din piatră o a doua viață în contexte estetice.

- Mozaicuri și plăci decorative pentru pereți și pardoseli
- Panouri de mobilier, bănci și blaturi de masă personalizate
- Elemente decorative pentru grădini, dale și borduri
- Panouri de placare pentru pereți, în diverse culori și texturi
- Sculpturi artistice, panouri de semnalizare și pereți-accent

Compozite tehnice și produse avansate

Prin amestecarea reziduurilor de piatră cu lianți sau cu alte produse secundare industriale, se creează materiale tehnice cu proprietăți personalizate.

- Suprafețe reciclate din cuarț sau marmură (piatră concasată + rășină)
- Panouri prefabricate de placare cu agregate reciclate
- Tencuieli și plăci pe bază de gips și praf de piatră
- Cofraje realizate prin imprimare 3D din suspensie piatră-ciment
- Stabilizatori pentru sol și cărămizi din ciment cu praf de piatră

Prezentare comparativă

Ruta de reciclare	Material de intrare	Produs inițial	Principalul avantaj
Aditivi	Fragmente concasate și moloz	Strat rutier, agregate pentru beton	Rezistență structurală; reducerea depozitării
Fileri	Praf fin de piatră și pulberi	Vopsele, mase plastice, materiale de etanșare	Durabilitate sporită; reducere de costuri
Elemente decorative	Resturi intacte și plăci	Mozaicuri, mobilier, placaje	Estetică unică; stimularea pieței
Compozite tehnice	Pulbere amestecată cu lianți	Blaturi, panouri, cofraje tipărite	Proprietăți personalizabile; economie circulară

Reciclarea deșeurilor din piatră nu doar consolidează economia circulară în construcții, ci stimulează și inovația în știința materialelor, design și logistica lanțului de aprovizionare.

5. EC ȘI DIGITALIZARE: TRASABILITATE, DATE, MONITORIZAREA CICLULUI DE VIAȚĂ

Tehnologiile digitale deschid noi oportunități pentru economia circular (EC) în sectorul pietrei naturale. Prin colectarea și analiza informațiilor de-a lungul întregului ciclu de viață al pietrei – de la carieră până la sfârșitul utilizării – actorii implicați pot lua decizii mai inteligente, pot asigura integritatea materialului și pot închide cercul mai eficient.

Trasabilitate

Trasabilitatea garantează că fiecare placă, dală sau bloc solid are o istorie verificabilă în ceea ce privește originea, procesarea și proprietatea. Această transparență consolidează încrederea în piatra reciclată sau reutilizată.

- Coduri QR și etichete RFID - aplicarea de marcaje permanente pe lăzi sau pe plăci individuale pentru a înregistra data extracției, locația carierei și detaliile lotului.
- Registre *blockchain* - utilizarea registrelor permanente pentru a documenta transferurile dintre carieră, producător, distribuitor și revânzător, prevenind fraudă și “*greenwashing-ul*” (ecologizare de fațadă).
- Sisteme informaționale geografice (GIS) - cartografierea locațiilor de cariere active și istorice și corelarea modelelor digitale de teren cu permisele de extracție și planurile de restaurare.
- Pașapoarte digitale pentru materiale - crearea unui fișier de date uniform pentru fiecare element de piatră, care să includă proprietăți, finisaje de suprafață și măsuri de întreținere.

Date

Colectarea datelor brute este doar primul pas. Un cadru solid de management al datelor transformă informațiile diverse în perspective aplicabile, generând eficiență și îmbunătățind recuperarea materialelor.

- Platforme *cloud* centralizate - agregarea volumelor extrase din cariere, randamentele de fabricație și datele de montare din șantiere într-un depozit scalabil.
- Senzori IoT - monitorizarea calității apei în circuitele de șlam, a timpilor de funcționare ai utilajelor și a condițiilor de mediu din carieră pentru optimizarea utilizării resurselor.
- Integrare cu Building Information Modelling (BIM) - conectarea metadatelor despre elementele de piatră la modelele de proiect pentru a crea liste de tăiere precise și a minimiza pierderile.
- Inteligență artificială și analize avansate - identificarea tiparelor în generarea deșeurilor, anticiparea nevoilor de întreținere și recomandarea ajustărilor de proces pentru creșterea randamentului.

- Evaluarea ciclului de viață (LCA) - automatizarea calculului amprentei de carbon și a consumului de apă pentru fiecare variantă de produs și sprijinirea deciziilor de proiectare sustenabilă.

Monitorizarea ciclului de viață

Monitorizarea completă a ciclului de viață urmărește performanța, întreținerea și reutilizarea pietrei, extinzând durata de utilizare și simplificând recuperarea ulterioară.

- *Digital twins* (replici virtuale fidele ale unor obiecte, procese sau sisteme reale) - crearea de replici virtuale ale elementelor de construcții din piatră pentru a simula solicitările, îmbătrânirea și pătarea în timp.
- Monitorizare la distanță - utilizarea dronelor sau a camerelor fixe pentru inspecția fațadelor și detectarea fisurilor, eroziunii sau dezvoltării atacurilor biologice înainte de necesitatea unor reparații majore.
- Notificări pentru mentenanță predictivă - stabilirea unor alerte bazate pe praguri pentru programele de întreținere, reaplicarea sistemelor de protecție a suprafeței sau refacerea rosturilor, pentru menținerea integrității estetice și structurale.
- Tablouri de bord pentru planificarea sfârșitului de viață - vizualizarea momentului și a locului unde elementele de piatră ajung la durata maximă de utilizare și declanșarea cererilor de returnare sau a strategiilor de reutilizare creativă, care mențin materialele în economie și le dau o nouă valoare estetică sau funcțională.
- Portaluri colaborative pentru actorii implicați - oferirea unui spațiu comun pentru arhitecți, antreprenori și companiile de recuperare pentru depunerea de oferte pentru piatră recuperată și planificarea lucrărilor de demolare.

Utilizarea trasabilității, a managementului datelor și a monitorizării ciclului de viață nu doar sporește sustenabilitatea pietrei naturale, ci creează și noi fluxuri de valoare, transformând o industrie tradițională într-un ecosistem circular susținut digital.

6. CONTEXT UE: PACTUL VERDE EUROPEAN, PLANUL DE ACȚIUNE PENTRU ECONOMIA CIRCULARĂ, TAXONOMIA UE

Peisajul politic din Europa evoluează rapid pentru a integra sustenabilitatea la toate nivelurile mediului construit. Actorii din industria pietrei naturale trebuie să alinieze extracția, procesarea și utilizarea produselor lor la trei inițiative fundamentale: European Green Deal (Planul Verde European), Planul de acțiune pentru economia circulară și Taxonomia UE pentru activități durabile.

European Green Deal (Planul Verde European)

European Green Deal stabilește o foaie de parcurs ambițioasă pentru ca UE să devină neutră climatic până în 2050, promovând totodată biodiversitatea și eficiența resurselor. Pentru sectorul pietrei naturale, aceasta înseamnă:

- Reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră în cariere și în timpul procesării prin utilizarea energiilor regenerabile și a utilajelor eficiente energetic.
- Restaurarea siturilor de extracție vechi ca parte a Strategiei pentru Biodiversitate, prin reproiectarea carierelor de piatră și reintroducerea plantelor native.
- Integrarea pietrei în metode de construcție cu emisii scăzute de carbon prin *Inițiativa pentru Produse Durabile*, care promovează materiale durabile, cu întreținere redusă și reciclabile.
- Profitarea de valul de renovări pentru a stimula cererea de fațade și pardoseli din piatră durabilă, care extind viața clădirilor.

Planul de acțiune pentru economia circulară

Circular Economy Action Plan (CEAP), publicat în 2020, accelerează tranziția Europei de la modelul de consum „de unică folosință” către un model bazat pe reciclare. Cele mai importante măsuri care afectează piatra naturală includ:

- Politica pentru produse durabile
 - Introducerea reglementărilor privind Amprenta de Mediu a Produselor (PEF - Product Environmental Footprint) pentru materiale de construcții, permițând compararea amprente de CO₂ și apă a pietrei.
 - Crearea de pașapoarte de materiale ca parte a viitoarei *Reglementări privind Produsele de Construcții*, pentru a urmări loturile de piatră de la carieră până la demolare.
- Directiva cadru privind deșeurile
 - Clasificarea deșeurilor din piatră ca materii prime secundare potențiale, în loc de deșeuri inerte, facilitând aprobarea agregatelor concasate.
 - Obligația statelor membre de a stabili ținte înalte de reciclare pentru deșeurile din construcții și demolări, inclusiv fracțiunile de piatră naturală.
- Digitalizarea lanțurilor de aprovizionare
- Interoperabilitate obligatorie a platformelor de trasabilitate, astfel încât piatra recuperată să poată fi certificată și comercializată transfrontalier.

Taxonomia UE pentru activități durabile

Taxonomia UE este un sistem uniform de clasificare care definește ce activități economice contribuie semnificativ la obiectivele de mediu fără a afecta negativ alte obiective. Industria pietrei naturale poate fi încadrată în două categorii principale:

Obiectiv taxonomie	Activitate	Criterii tehnice cheie
Atenuarea schimbărilor climatice	Extracția și procesarea pietrei	≤ 100 g CO ₂ e/MJ consum energie; pondere energie regenerabilă ≥ 30%

Obiectiv taxonomie	Activitate	Criterii tehnice cheie
Economia circulară	Fabricarea produselor de construcții	≥ 70% din deșeuri reciclate la fața locului; pașaport digital cu date despre ciclu de viață

Pentru a fi considerate conforme cu taxonomia, companiile din sectorul pietrei trebuie să:

- Demonstreze respectarea limitelor stricte de emisii în timpul extracției și producției.
- Prezinte planuri solide de gestionare a deșeurilor, care să recicleze materialele reziduale în agregate sau fileri.
- Furnizeze dovezi digitale (de exemplu, pașapoarte de materiale) privind proveniența, tratarea și eliminarea durabilă a pietrei.

Alinierea practicilor din sectorul pietrei naturale la aceste trei piloni asigură respectarea cerințelor legale, crește accesul pe piață pentru proiecte „verzi” și poziționează sectorul în fruntea construcțiilor sustenabile din Europa.

BIBLIOGRAFIE

[Planul de acțiune pentru economia circulară – Comisia Europeană](#)

Curs RockChain: UNITATEA 4 Blockchain în managementul deșeurilor



Această lucrare este licențiată sub [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

"Finanțat de Uniunea Europeană. Punctele de vedere și opiniile exprimate aparțin, însă, exclusiv autorului (autorilor) și nu reflectă neapărat punctele de vedere și opiniile Uniunii Europene sau ale Agenției Executive Europene pentru Educație și Cultură (EACEA). Nici Uniunea Europeană și nici EACEA nu pot fi considerate răspunzătoare pentru acestea."



Erasmus+



Transilvania
University
of Brasov



Cuprins

1. FLUXURI DE DEȘEURI ÎN PRELUCRAREA PIETREI ORNAMENTALE: TIPURI ȘI DESTINAȚII .	4
1.1. Introducere	4
1.2. Tipuri de deșeuri în prelucrarea pietrei	4
1.3. Volumele estimate ale deșeurilor	5
1.4. Destinațiile actuale ale deșeurilor și tendințe emergente	6
1.4.1 Depozitare la groapa de gunoi și stocare temporară.....	6
1.4.2 Refacere ecologică și umplere (backfilling).....	6
1.4.3 Reciclare și simbioză industrială.....	6
1.4.4 Reutilizare creativă sau artizanală.....	6
1.4.5 Valorificare energetică și digitală	7
1.5. Economia circulară ca strategie	7
2. OBLIGAȚII LEGALE ȘI CERINȚE DE RAPORTARE ÎN GESTIONAREA DEȘEURILOR	7
2.1 Cadrul legislativ european	7
2.2 Legislație specifică industriei extractive și a pietrei naturale	8
2.2.1. Directiva privind deșeurile din industriile extractive (Directiva 2006/21/CE).....	8
2.2.2. Directiva privind depozitarea deșeurilor (Directive 1999/31/EC).....	9
2.2.3. Directiva privind emisiile industriale (Directive 2010/75/EU)	9
2.2.4. Sisteme de management de mediu: EMAS (Regulament 1221/2009)	9
2.3. Obligații de raportare și trasabilitate a deșeurilor	9
2.4. Consecințele nerespectării legislației	9
2.5. Relevanța instruirii pentru elevii și cursanții din formarea profesională (VET).....	10
3. APLICAȚII BLOCKCHAIN: PAȘAPOARTE DIGITALE PENTRU MATERIALE, DIGITAL TWINS, REGISTRE DESCENTRALIZATE.....	10
3.1. Pașapoarte digitale pentru materiale	10
3.2. Digital Twins.....	11
3.3. Registre descentralizate și rețele blockchain	11
3.4 Avantaje și provocări	14
3.5. Aplicarea în sectorul pietrei ornamentale: flux propus.....	14
4. CONTRACTE INTELIGENTE PENTRU CONFORMITATE, RAPORTARE ȘI STIMULENTE	14
4.1. Ce este un contract inteligent și cum funcționează?.....	14



4.2. Aplicații în gestionarea deșeurilor și economia circulară	15
4.3 Cazuri de utilizare specifice în sectorul pietrei ornamentale	15
4.3.1. Certificarea automată a conformității	15
4.3.2. Stimulente pentru performanță de mediu.....	15
4.3.3. Automatizarea raportării legale	16
4.4 Beneficii și provocări	16
4.4.1. Principalele avantaje:	16
4.4.2. Provocări cheie:	16
4.5. Propunere didactică pentru Educație și Formare Profesională.....	17
5. INTEGRAREA BLOCKCHAIN CU IOT ȘI INSTRUMENTE DE COLECTARE A DATELOR.....	17
5.1. Rolul IoT în gestionarea deșeurilor	17
5.2. Blockchain ca infrastructură pentru trasabilitate	17
5.3. Arhitectură tehnică combinată: Edge, IoT și Blockchain	18
5.4. Beneficiile și provocările integrării IoT + Blockchain	18
5.4.1. Beneficii principale:	18
5.4.2. Provocări principale:	18
5.5 Aplicare practică în sectorul pietrei ornamentale	19
BIBLIOGRAFIE.....	19

1. FLUXURI DE DEȘEURI ÎN PRELUCRAREA PIETREI ORNAMENTALE: TIPURI ȘI DESTINAȚII

1.1. Introducere

În Europa, industria pietrei ornamentale este văzută ca o activitate strategică în unele regiuni. Este asociată cu patrimoniul cultural și arhitectural, precum și cu sectorul construcțiilor, decorațiuni și, mai recent, designul durabil. Extracția și transformarea materialelor din piatra naturală implică în mod inerent o generare de deșeuri materiale, prin urmare, aceasta este una dintre provocările cheie pentru industrie în ceea ce privește sustenabilitatea.

Fiecare fază a procesului, de la pregătirea suprafeței terenului până la comercializarea obiectului produs, implică materiale pierdute, ceea ce este un factor clasificat în mare parte din punct de vedere istoric ca fiind inevitabil sau gestionat prin metode tradiționale (depozit de deșeuri, etc.). În zilele noastre este posibil să apreciem deșeurile generate de industria pietrei ornamentale ca o oportunitate de inovare, valorificare și trasabilitate datorită noilor tehnologii emergente, inclusiv digitalizarea și blockchain-ul, în contextul Pactului Verde European și al Planului de Acțiune pentru Economia Circulară (Comisia Europeană, 2020a). Această unitate de curs va explora tipurile de deșeuri, cantitățile estimate și destinațiile deșeurilor existente și potențiale, în principal cele legate de practicile circulare.

1.2. Tipuri de deșeuri în prelucrarea pietrei

Lanțul valoric al pietrei ornamentale generează mai multe tipuri de deșeuri, care diferă ca formă, compoziție și potențial de reutilizare. Aceste deșeuri pot fi clasificate în cinci categorii:

1. Descoperita (deșeuri de suprafață) sau acoperiri vegetale și minerale:

Aceste deșeuri provin din stratul superior de sol (pământuri, argile, nisipuri) care trebuie îndepărtat înainte de a ajunge la frontul de exploatare. Deși sunt materiale inerte, ele pot provoca probleme de stabilitate dacă nu sunt gestionate corespunzător. Pot fi reutilizate pentru refacerea peisajului sau ca parte a procesului de umplere, dacă sunt elaborate planuri adecvate.

2. Deșeuri de extracție:

O parte din volumul de rocă extras nu poate fi utilizată ca blocuri sau produse finite, fiind eliminată prin detonare, tăiere cu fir diamantat sau debitare. Crăpăturile naturale, fisurile sau eterogenitatea mineralogică fac ca multe blocuri să fie considerate deșeuri la carieră, din motive structurale sau estetice. Se estimează că cel puțin 20–30% din piatra extrasă devine deșeu la nivelul carierei (LIFE-ZSW, 2024).

3. Șlam și reziduuri fine provenite din debitare (noroi de tăiere, „marbrettola”):

Unul dintre cele mai frecvente și problematice tipuri de deșeu este amestecul de apă, abrazivi, particule de carbonat de calciu și uleiuri rezultat în timpul tăierii blocurilor în

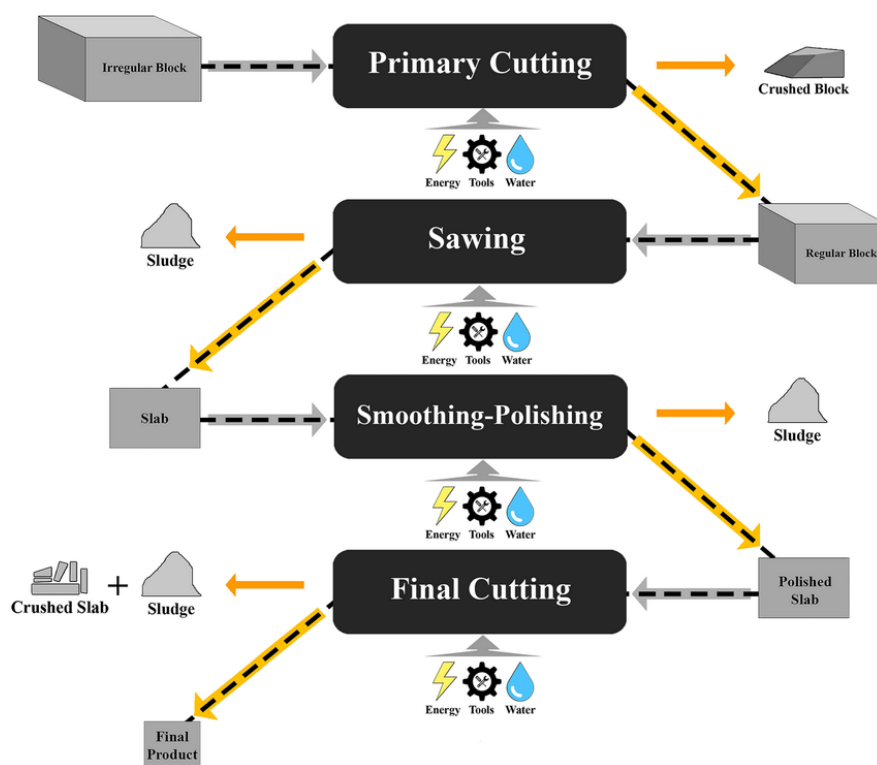
plăci, fie cu discuri, fie cu fire diamantate. Acest șlam este clasificat drept deșeu semilichid și ajunge de obicei într-un bazin de decantare sau este încadrat ca deșeu periculos dacă conține metale sau substanțe chimice. Studiile arată că șlamul poate reprezenta între 22% și 37% din volumul inițial al blocului (Chen et al. 2023).

4. Fragmente, resturi și capete de plăci:

În timpul debitării și dimensionării plăcilor, rezultă margini, colțuri, bucăți neregulate sau fragmente sparte. Aceste materiale pot fi reutilizate, concasate sau eliminate. Chiar dacă par a fi simple deșeuri, în multe cazuri păstrează compoziția minerală a produsului final și pot fi valorificate în alte sectoare.

5. Deșeuri auxiliare (ambalaje, transport, scule):

Gestionarea deșeurilor trebuie să includă și materialele asociate procesului logistic: lemn din paleți, folie de plastic, resturi metalice sau textile. Deși volumul lor pare relativ redus, ele conțin substanțe care pot afecta profilul de sustenabilitate și trebuie gestionate conform legislației generale privind deșeurile (Directiva 2008/98/CE).



Sursa: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-overview-of-the-dimension-stone-processing-procedure_fig3_353943463

1.3. Volumele estimate ale deșeurilor

Dimensiunea provocării devine evidentă atunci când analizăm câteva studii sectoriale:

- în Italia, se estimează că până la 65% din piatra ornamentală extrasă se pierde sub formă de deșeuri de-a lungul întregului proces de producție (Jalalian et al., 2021);
- în Spania, proiectul DAPcons privind Declarațiile de Mediu pentru Produse (RCP004 pentru piatra naturală), dezvoltat de Institutul Tehnologic al Construcțiilor (ITeC) în colaborare cu centre precum CTM, indică faptul că deșeurile și șlamul generate în timpul procesării pietrei naturale pot reprezenta până la 200% sau chiar mai mult din greutatea produsului final, în funcție de tipul de piatră și metoda de tăiere utilizată (DAPcons, 2021);
- în regiunea Piemont (Italia), o singură fabrică industrială a raportat anual peste 37.000 de tone de șlam provenit din tăierea marmurei (Piedmont Study, 2021);
- la nivel european, se estimează că peste 10 milioane de tone de deșeuri sunt generate anual în sectorul pietrei, sub formă de șlam, resturi și fragmente (Eurostat, 2022).

Aceste date nu evidențiază doar impactul asupra mediului, ci și **potențialul de valorificare a acestor materiale**, dacă sunt implementate tehnologii adecvate de trasabilitate, sortare și procesare.

1.4. Destinațiile actuale ale deșeurilor și tendințe emergente

1.4.1 Depozitare la groapa de gunoi și stocare temporară

Există reglementări care limitează tot mai mult activitatea de depozitare a deșeurilor, dar aceasta încă se practică, în special în zonele rurale sau în locurile cu un control instituțional redus. Șlamul este depozitat în iazuri de decantare sau este lăsat să se usuce. Riscul de infiltrații sau eroziune este prezent dacă șlamul nu este gestionat într-un mod relativ controlat.

1.4.2 Refacere ecologică și umplere (backfilling)

Deșeurile inerte (descoperă, pietrele fisurate) pot fi utilizate pentru a umple golurile rămase în urma exploatării miniere și pentru a forma diguri sau pentru a stabili versanți, dacă planul de închidere permite acest lucru în cadrul planului de restaurare aprobat de autoritățile miniere.

1.4.3 Reciclare și simbioză industrială

Există mai multe exemple de proiecte de succes care utilizează deșeurile de piatră ornamentală pentru:

- realizarea betoanelor ușoare și a mortarelor speciale;
- producerea cimentului, ca înlocuitor pentru calcarul primar;
- obținerea de materiale de umplutură pentru rășini, ceramică sau polimeri, după cum a demonstrat proiectul LIFE ZSW;
- utilizarea ca suplimente calcaroase în agricultură sau în tratarea apei (aplicații experimentale).

1.4.4 Reutilizare creativă sau artizanală

Piese neregulate pot fi reutilizate sub diverse forme, precum:

- dale pentru amenajări peisagistice;
- mobilier urban sau sculpturi;
- panouri aglomerate pentru interioare sustenabile.

1.4.5 Valorificare energetică și digitală

Deși se află încă într-o fază incipientă, există un interes crescut pentru evaluarea modului în care datele despre deșeuri, trasabilitatea și informațiile de calitate pot fi integrate în pașapoarte digitale ale materialelor sau pot fi incluse într-un sistem blockchain de recompense (vezi blocurile 3 și 4).

1.5. Economia circulară ca strategie

Economia circulară este prezentată uneori nu doar ca o opțiune de mediu, ci și ca o opțiune industrială europeană (European Commission, 2020a). În cazul sectorului pietrei ornamentale:

- deșeurile sunt reinterpretate ca resurse secundare;
- trasabilitatea și digitalizarea (blockchain, IoT) oferă oportunități de integrare a acestor deșeuri în fluxuri industriale sigure;
- se promovează crearea de noi locuri de muncă în activități precum sortare, clasificare, proiectarea produselor reciclate sau mentenanța bazelor de date;
- amprenta de carbon este redusă datorită scăderii extracției primare.

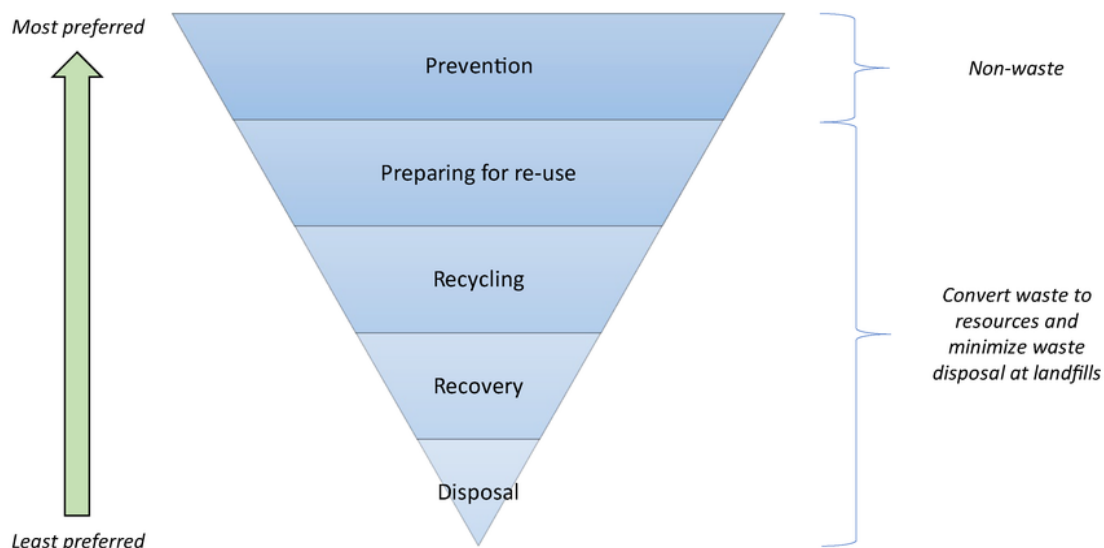
Înțelegerea acestor fluxuri și gestionarea lor modernă reprezintă o componentă esențială în formarea tehnicienilor viitorului, fie că vor lucra în cariere, fabrici de debitare, centre de valorificare sau în instituții publice.

2. OBLIGAȚII LEGALE ȘI CERINȚE DE RAPORTARE ÎN GESTIONAREA DEȘEURILOR

2.1 Cadrul legislativ european

Directiva-cadru privind deșeurile (Directiva 2008/98/CE) reprezintă un pilon esențial al reglementării deșeurilor în Uniunea Europeană. Aceasta oferă definiții fundamentale, precum *deșeu*, *produs secundar*, *sfârșitul statutului de deșeu*, și introduce o ierarhie juridică obligatorie a gestionării deșeurilor, structurată astfel: *prevenire*, *pregătire pentru reutilizare*, *reciclare*, *alte forme de valorificare* (inclusiv valorificarea energetică), *eliminare* (Parlamentul European și Consiliul, 2008).

Această ierarhie a deșeurilor constituie baza tuturor deciziilor și considerațiilor legate de gestionarea lor. Ea este deosebit de relevantă pentru industria pietrei ornamentale, care generează atât fluxuri de deșeuri inerte, cât și fluxuri semilichide.



Sursa: https://www.researchgate.net/figure/The-five-step-waste-hierarchy-of-the-European-Union-Waste-Framework-Directive_fig1_368495266

Directiva reafirmă, de asemenea, principiul „poluatorul plătește” și conceptul de responsabilitate extinsă a producătorului. Aceasta înseamnă că cei care generează deșeuri trebuie să își asume responsabilitatea pentru tratarea și costurile aferente acestora, indiferent de faptul că aceste costuri sau procese de tratare au fost externalizate (European Commission, 2020a).

Această responsabilitate se extinde asupra materialelor rezultate în timpul proceselor de extragere și prelucrare, asupra ambalajelor și proceselor de manipulare a materialelor, precum și asupra economiilor de transport și depozitare.

Directiva-cadru privind deșeurile a fost ulterior revizuită în anul 2018 (Directiva (UE) 2018/851), incluzând cerințe referitoare la utilizarea de instrumente economice (taxe pentru depozitarea la groapă, sisteme „plătești cât arunci”, sisteme de responsabilitate extinsă a producătorului) pentru a promova minimizarea deșeurilor și practicile circulare (European Commission, 2020a).

2.2 Legislație specifică industriei extractive și a pietrei naturale

2.2.1. Directiva privind deșeurile din industriile extractive (Directiva 2006/21/CE)

Această directivă este deosebit de importantă pentru sectorul pietrei ornamentale, întrucât reglementează gestionarea deșeurilor provenite din industriile miniere, inclusiv din operațiunile de exploatare în cariere. Operatorii sunt obligați să elaboreze un *Plan de Management al Deșeurilor Miniere* (EWMP), care să detalieze strategiile de reducere, monitorizare și eliminare a deșeurilor. Acest plan trebuie aprobat de autoritățile de mediu și actualizat periodic (European Commission, 2019).

Anexa II a directivei stabilește, de asemenea, cerințe specifice pentru deșeurile inerte, precum resturile de marmură sau fragmentele de piatră, care trebuie gestionate cu atenție pentru a preveni degradarea mediului natural sau poluarea apelor.

2.2.2. Directiva privind depozitarea deșeurilor (Directive 1999/31/EC)

Această lege reglementează eliminarea deșeurilor în depozite controlate, diferențiind între deșeuri periculoase, nepericuloase și inerte. Deși majoritatea deșeurilor de piatră sunt inerte, o gestionare necorespunzătoare — în special în cazul șlamurilor care conțin aditivi chimici — poate încălca cerințele de proiectare sau criteriile de acceptare a depozitelor de deșeuri (European Parliament and Council, 1999). Directiva impune, de asemenea, limite stricte privind deșeurile biodegradabile ce pot fi depozitate și încurajează tratarea lor înainte de eliminare.

2.2.3. Directiva privind emisiile industriale (Directive 2010/75/EU)

Atunci când o instalație de prelucrare a pietrei este considerată o unitate industrială de mari dimensiuni, aceasta intră sub incidența Directivei IED, care impune obținerea unui *permis de prevenire și control integrat al poluării* (IPPC). Directiva reglementează emisiile în aer, apă și sol, precum și producerea și gestionarea deșeurilor (European Parliament and Council, 2010).

2.2.4. Sisteme de management de mediu: EMAS (Regulament 1221/2009)

Deși opțional, Schema Comunitară de Eco-Management și Audit (EMAS) este puternic recomandată pentru companiile care activează în prelucrarea pietrei. Ea promovează implementarea contabilității de mediu și simplifică raportarea datelor clare și trasabile privind deșeurile, în conformitate cu obiectivele economiei circulare (European Commission, 2020b).

2.3. Obligații de raportare și trasabilitate a deșeurilor

Toate statele membre ale Uniunii Europene trebuie să se asigure că generatorii de deșeuri:

- clasifică deșeurile în conformitate cu Lista Europeană a Deșeurilor (coduri LoW);
- înregistrează informații esențiale, precum cantități, tipuri de deșeuri, destinație și tipul de tratament aplicat;
- informează regulat autoritățile naționale prin rapoarte anuale sau semestriale;
- asigură trasabilitatea deșeurilor, în special în cazul celor periculoase sau semilichide, cum ar fi șlamul de tăiere (European Commission, 2018; Eurostat, 2022).

În țări precum Spania, Italia și alte state membre, trasabilitatea este gestionată prin platforme digitale precum eSIR, SISTRI sau SIGRE. Aceste instrumente permit raportarea volumelor, clasificarea deșeurilor și confirmarea locului de eliminare. În plus, rapoartele privind deșeurile sunt adesea integrate în Declarațiile de Mediu pentru Produse (EPD), precum RCP004 pentru piatra naturală, dezvoltată de ITeC și CTM (ITeC & CTM, 2021). Aceste declarații includ indicatori de impact asupra mediului, cum ar fi kilogramele de deșeuri generate pe metru pătrat de piatră procesată, consumul de apă și emisiile de CO₂.

2.4. Consecințele nerespectării legislației

Nerespectarea obligațiilor legale în gestionarea deșeurilor poate avea consecințe grave, printre care:

- **Amenzi și penalități** – încălcări precum transportul necorespunzător al deșeurilor, depozitări ilegale sau etichetarea incorectă pot atrage sancțiuni administrative sau chiar penale (European Commission, 2020a).
- **Răspundere de mediu** – Directiva privind răspunderea de mediu (2004/35/CE) instituie principiul „poluatorul plătește”, care obligă companiile să repare sau să compenseze orice daună cauzată mediului, chiar și atunci când aceasta a fost neintenționată (European Parliament & Council, 2004).
- **Suspendarea sau retragerea autorizațiilor** – instalațiile care operează pe baza autorizațiilor IPPC sau IED pot fi închise în cazul detectării unor abateri repetate.

2.5. Relevanța instruirii pentru elevii și cursanții din formarea profesională (VET)

Pentru a pregăti corespunzător elevii din învățământul profesional sau adulții care urmează o carieră în cioplirea pietrei, prelucrarea pietrei sau managementul de mediu, este esențial ca cadrul legislativ să nu fie perceput ca un set abstract de reguli, ci ca o parte integrantă a activităților zilnice de muncă.

Temă de învățare	Obiectiv pedagogic
Ierarhia deșeurilor și economia circulară	Înțelegerea modului de priorizare a prevenirii și valorificării deșeurilor
Clasificarea conform codurilor LoW	Învățarea identificării și documentării corecte a diferitelor tipuri de deșeuri
Formulare și sisteme de raportare a deșeurilor	Utilizarea platformelor digitale reale (ex.: software pentru EPD, registre naționale)
Planurile de management al deșeurilor din industriile extractive (EWMP)	Înțelegerea structurii și componentelor planurilor de deșeuri necesare pentru cariere
Studii de caz privind conformarea legală	Analiza scenariilor reale de succes și a cazurilor de neconformare

Integrarea acestui conținut juridic în activități practice, cum ar fi completarea de rapoarte simulate sau utilizarea platformelor de simulare, nu numai că crește nivelul de conștientizare și participare, dar oferă și competențe direct aplicabile la locul de muncă.

3. APLICAȚII BLOCKCHAIN: PAȘAPOARTE DIGITALE PENTRU MATERIALE, DIGITAL TWINS, REGISTRE DESCENTRALIZATE

3.1. Pașapoarte digitale pentru materiale

Un pașaport pentru material este un registru digital care organizează informațiile esențiale despre compoziția, originea și ciclul de viață al unui produs sau material într-un mod structurat. În cazul pietrei ornamentale, acest pașaport poate include date precum: tipul de rocă, locația carierei, data extragerii, tratamentele aplicate, cantitatea de deșeuri generate și posibilitățile de reutilizare sau reciclare.

Această abordare a fost promovată de proiectul european BAMB – Buildings As Material Banks, care a pus bazele conceptului actual de *Pașapoarte Digitale de Prods* (DPPs). Aceste pașapoarte au căpătat amploare în cadrul Pactului Verde European și al Strategiei Industriale 2020 (European Commission, 2020a). Companii precum Circularise aplică deja această idee în industrie, folosind tehnologii blockchain pentru a garanta că informațiile sunt transparente, trasabile și imuabile pe întreg lanțul de aprovizionare (Circularise, 2023).

În sectorul pietrei naturale, această tehnologie face posibilă urmărirea fiecărui bloc sau lot de la originea sa în carieră până la transformarea finală. Evenimente esențiale precum volumul deșeurilor generate, destinația fragmentelor rămase sau compoziția chimică a șlamului de tăiere pot fi înregistrate. Toate acestea sunt documentate și pot fi auditate digital, facilitând certificarea practicilor sustenabile.

Exemplu: Un lot de marmură cu pașaport digital poate evidenția că 70% din deșeurile generate în timpul procesării au fost reutilizate ca agregate pentru mortar. Această informație este valoroasă atât pentru cumpărătorii responsabili, cât și pentru procesele de certificare de mediu.

3.2. Digital Twins

Un *digital twin* este o replică virtuală, precisă și în timp real a unui obiect fizic, proces sau sistem. Atunci când este combinat cu tehnologia blockchain, devine un instrument puternic pentru monitorizarea sigură și transparentă a variabilelor critice în procese precum extracția și prelucrarea pietrei.

De exemplu, date precum volumul de șlam generat de fiecare mașină, consumul de energie în funcție de tipul de piatră sau nivelul de depozitare a deșeurilor pot fi capturate automat prin *senzori IoT*. Aceste informații sunt reflectate direct în replica virtuală, permițând o monitorizare constantă și detaliată (Suhail et al., 2021). Stocarea acestor date pe *blockchain* le protejează împotriva manipulării, ceea ce este esențial în contexte care necesită conformitate cu reglementările sau audituri.

Conform lui Liu et al. (2022), combinarea *digital twins* și a *blockchain*-ului în industrie facilitează luarea deciziilor automate și optimizarea proceselor, dar și îmbunătățește gestionarea deșeurilor periculoase prin reprezentarea fidelă a fluxului fizic și digital al materialelor.

Această tehnologie este deja aplicată în sectoare precum tratarea apei și producția de ciment, unde controlul precis al deșeurilor este esențial (Homaei et al., 2025).

Aplicație în sectorul pietrei: o fabrică de debitare a granitului poate funcționa cu un *digital twin* care primește date în timp real privind umiditatea, debitul și compoziția chimică a șlamului generat. Dacă oricare dintre aceste valori depășește limitele legale stabilite, sistemul poate declanșa alertă automată sau poate lua măsuri corective instantaneu.

3.3. Registre descentralizate și rețele blockchain

Inima tehnologică care face posibile toate aceste funcții este *tehnologia registrelor distribuite* (DLT). Cea mai cunoscută dintre acestea este *blockchain*. Platforme precum

Ethereum, Hyperledger Fabric și VeChain permit crearea de rețele în care diverși actori — cariere, fabrici de debitare, reciclatori și autorități de mediu — pot schimba informații în siguranță, fără a depinde de o entitate centrală care să le controleze (Ko et al., 2022).

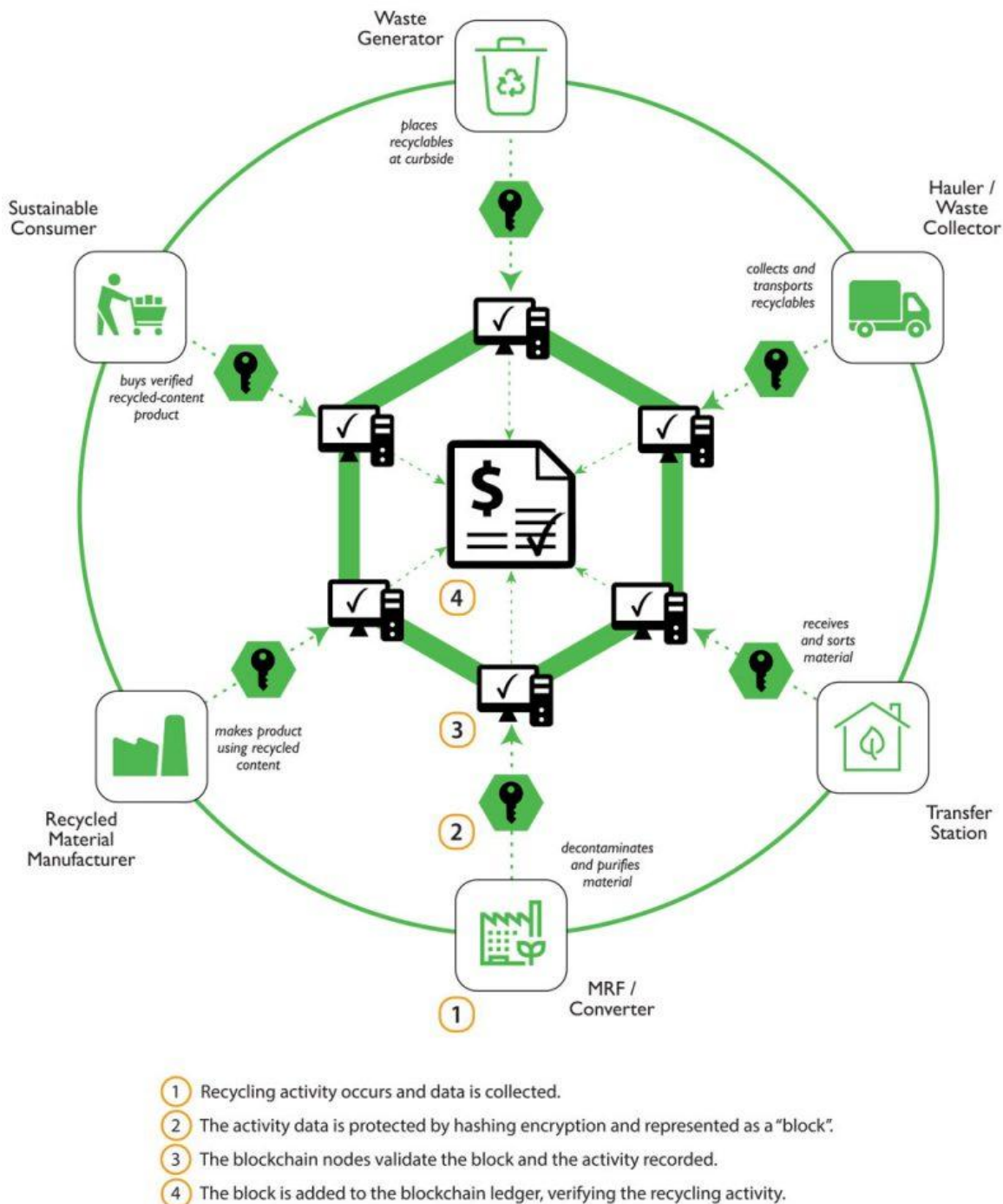
Datorită acestei tehnologii, datele privind deșeurile devin verificabile și permanente, ceea ce contribuie la prevenirea fraudei în rapoartele de sustenabilitate și la îmbunătățirea conformității cu reglementările de mediu. În plus, blockchain-ul permite utilizarea contractelor inteligente: acorduri digitale care se execută automat atunci când sunt îndeplinite anumite condiții.

Exemplu: un transportator livrează un lot de fragmente către o fabrică de reciclare. Odată ce fabrica confirmă primirea și utilizarea lor ca materie primă, un contract inteligent poate:

- emite un *token* sau *certificat digital* generatorului de deșeu ca dovadă a valorificării;
- notifica automat sistemul național de deșeuri;
- să activeze un bonus financiar sau un avantaj fiscal dacă planul de gestionare a deșeurilor a fost respectat corect.

Acest tip de model este deja testat în inițiative precum Circularise for Plastics și în proiectele de pașapoarte digitale de produs (DPP) din sectoarele textile și de construcții (Jiang et al., 2023; Ko et al., 2022).

How It Works: Recording Recycling Activity on the Blockchain



Sursa: https://wasteadvantagemag.com/fixing-the-recycling-supply-chain-a-blockchain-solution/?utm_source=chatgpt.com

3.4 Avantaje și provocări

Avantaje	Provocări
Transparență totală și date imuabile	Costuri ridicate de energie și financiare în cazul unor blockchain-uri publice
Integrare facilă cu senzori, platforme digitale și sisteme de management	Probleme de compatibilitate între diferite blockchain-uri și bazele de date existente
Automatizarea certificărilor, rapoartelor și stimulentei prin contracte inteligente	Necesitatea respectării GDPR și protejării confidențialității datelor industriale
Util pentru audituri, licitații și certificări circulare	Bariere tehnologice și curbă de învățare pentru întreprinderile mici și mijlocii (IMM-uri)

3.5. Aplicarea în sectorul pietrei ornamentale: flux propus

1. La părăsirea carierei, fiecare bloc de piatră primește un *ID digital unic*, care îl va identifica pe întreaga durată a ciclului său de viață util.
2. În timpul transformării, se generează deșeuri, care sunt înregistrate automat de senzori conectați la *digital twin*.
3. Fiecare acțiune relevantă — cum ar fi tăierea, generarea șlamului sau separarea fragmentelor — este stocată într-un *blockchain* cu marcat timporal.
4. Dacă se atinge un anumit nivel de valorizare sau se confirmă trasabilitatea completă, sistemul emite automat o verificare digitală.
5. Toate aceste informații sunt integrate într-un *Pașaport Digital al Materialului*, accesibil tuturor părților interesate: de la producători și auditori până la clienții finali.

Acest model nu doar că consolidează trasabilitatea legală a procesului, dar crește și valoarea comercială a produsului și deschide oportunități pe piețele în care sunt apreciate practicile conforme cu criteriile ESG (mediu, social și de guvernământ).

4. CONTRACTE INTELIGENTE PENTRU CONFORMITATE, RAPORTARE ȘI STIMULENTE

4.1. Ce este un contract inteligent și cum funcționează?

Un contract inteligent este un program care rulează automat într-o rețea blockchain, declanșând anumite acțiuni atunci când sunt îndeplinite condițiile prestabilite. Spre deosebire de contractele tradiționale, acesta nu necesită intermediari - fie umani, fie instituționali - pentru a fi aplicat. Ideea a fost propusă pentru prima dată de Nick Szabo în anii 1990 și astăzi face parte integrantă din platforme precum Ethereum, Hyperledger și Tezos (Szabo, 1997; Rapid Innovation, 2023).

În domeniul gestionării deșeurilor, contractele inteligente pot automatiza procese precum:

- Înregistrarea livrărilor către centrele de tratare;
- Verificarea respectării standardelor de mediu;
- Generarea automată a rapoartelor de mediu;
- Activarea stimulentei atunci când sunt atinse țintele de recuperare a deșeurilor.

Pe lângă economisirea timpului și a resurselor, această automatizare crește transparența și consolidează încrederea între toți actorii implicați (Rapid Innovation, 2023).

4.2. Aplicații în gestionarea deșeurilor și economia circulară

Diverse studii și proiecte pilot au demonstrat că contractele inteligente pot revoluționa modul de gestionare a deșeurilor, făcându-l mai eficient, transparent și sigur.

Într-un model propus de Bułkowska et al. (2023), contractele inteligente permit controlul automat al întregului flux de deșeuri, de la generare până la tratarea finală, incluzând validări externe, notificări automate către autorități și emiterea de certificate digitale.

Dasaklis et al. (2020) au aplicat această abordare în gestionarea deșeurilor electronice, creând un sistem în care fiecare etapă - colectare, reciclare și valorificare a materialelor - este înregistrată în mod imuabil, prevenind fraudele sau practicile ilegale.

În contextul economiei circulare, aceste contracte sunt utilizate și pentru evaluarea performanței de mediu a companiilor, activând automat stimulente sub formă de token-uri digitale atunci când sunt atinși anumiți indicatori-cheie (Jiang et al., 2023).

Exemplu practic: dacă o carieră reușește să recicleze sau să valorifice peste 60% din deșeurile sale, un contract inteligent poate emite automat un „sigiliu digital verde”, care este adăugat în pașaportul digital al produsului.

4.3 Cazuri de utilizare specifice în sectorul pietrei ornamentale

4.3.1. Certificarea automată a conformității

În multe regiuni, unitățile industriale trebuie să demonstreze că gestionează deșeurile în conformitate cu legislația. În prezent, acest lucru implică inspecții, semnături manuale și numeroase documente fizice sau PDF-uri.

Cu ajutorul contractelor inteligente, acest proces poate fi automatizat:

- fabrica care primește deșeurile (ex.: reciclator de șlam de marmură) validează digital primirea și tratamentul;
- contractul inteligent verifică automat dacă destinația este autorizată și tipul de deșeu permis;
- dacă totul este corect, se generează și se înregistrează pe blockchain un certificat digital de tratament conform.

Acest certificat poate fi partajat direct cu autoritățile de mediu, auditorii sau clienții, fără necesitatea rapoartelor repetate sau a validărilor manuale.

4.3.2. Stimulente pentru performanță de mediu

Sustenabilitatea se poate traduce și în recompense automate:

- dacă o companie reduce, de exemplu, 20% din volumul de deșeuri eliminate față de anul anterior, un contract inteligent poate elibera un eco-bonus digital sau aplica o reducere fiscală în sistemul său de management;
- aceste stimulente pot fi utilizate în achiziții publice verzi, licitații sau platforme de economie circulară între companii.

Conform lui França et al. (2020), această abordare poate fi aplicată chiar la nivel municipal pentru a recompensa IMM-urile care respectă criteriile demonstrabile de sustenabilitate.

4.3.3. Automatizarea raportării legale

Una dintre cele mai repetitive și costisitoare sarcini din multe industrii este pregătirea periodică a rapoartelor pentru autoritățile de mediu.

Cu contracte inteligente, procesul se simplifică semnificativ:

- de fiecare dată când un deșeu este transportat, procesat sau eliminat, se generează o înregistrare cu marcat timporal;
- această înregistrare este trimisă automat către sistemul regional sau național corespunzător (ex.: eSIR în Spania, SISTRI în Italia);
- dacă cerințele legale nu sunt respectate, sistemul poate emite o alertă preventivă sau o notificare de neconformitate.

Astfel, se reduce semnificativ marja de eroare umană și se consolidează trasabilitatea și conformitatea legală în timp real și în mod transparent.

4.4 Beneficii și provocări

4.4.1. Principalele avantaje:

- mai puțină birocrație: automatizarea rapoartelor, semnăturilor și validărilor reduce semnificativ timpul petrecut pe sarcini administrative (Rapid Innovation, 2023);
- transparență totală: datele înregistrate pe blockchain nu pot fi modificate și pot fi auditate de orice parte autorizată;
- scalabilitate: contractele inteligente permit integrarea mai multor actori — cariere, reciclatori, autorități — într-o rețea de încredere comună;
- stimulente automate: recompensele sau beneficiile pot fi programate conform performanței de mediu, transparent și fără intervenție manuală.

4.4.2. Provocări cheie:

- investiție inițială: dezvoltarea și implementarea contractelor inteligente necesită o investiție inițială în tehnologie și instruire, deși este profitabilă pe termen lung (Bułkowska et al., 2023);
- lipsa standardelor comune: pentru ca diferite platforme să funcționeze împreună, este necesară armonizarea structurilor de date și a regulilor comune (Jiang et al., 2023);
- confidențialitate și reglementare: contractele trebuie să respecte reglementări precum GDPR, mai ales când manipulează informații sensibile (Dasaklis et al., 2020);
- rezistența la schimbare: în sectoare tradiționale, cum este cel al pietrei naturale, mai ales în rândul IMM-urilor, poate exista reticență față de adoptarea noilor tehnologii digitale.

4.5. Propunere didactică pentru Educație și Formare Profesională

Activitate	Obiectiv educațional
Simulare a unui contract inteligent	Înțelegerea pas cu pas a modului în care o operațiune (de exemplu, certificarea deșeurilor) este automatizată
Joc de rol (generator, reciclator, auditor)	Exersarea verificării deșeurilor și a emiterii certificatelor digitale într-un mediu simulat
Analiza unor cazuri reale tokenizate	Identificarea avantajelor și provocărilor utilizării stimulentele digitale în contexte de mediu
Dezbateri privind confidențialitatea și transparența	Încurajarea gândirii critice privind echilibrul între trasabilitate și protecția datelor

Aceste activități pot fi implementate cu ușurință folosind instrumente gratuite, cum ar fi Remix, o platformă online pentru simularea contractelor inteligente în Solidity, sau prin utilizarea șabloanelor vizuale care reprezintă procesele de gestionare a deșeurilor.

5. INTEGRAREA BLOCKCHAIN CU IOT ȘI INSTRUMENTE DE COLECTARE A DATELOR

5.1. Rolul IoT în gestionarea deșeurilor

Internet of Things (IoT) permite captarea în timp real a datelor din lumea fizică prin intermediul senzorilor distribuiți. Aceștia pot măsura variabile precum nivelurile de depozitare, umiditatea, volumul și compoziția chimică a șlamului și a fragmentelor de piatră. Prin oferirea unei viziuni detaliate și actualizate asupra fluxului de deșeuri, se reduce dependența de înregistrările manuale, se scad costurile logistice și se îmbunătățește eficiența generală a proceselor (Gulyamov, 2023).

De exemplu, utilizarea senzorilor IoT a redus în unele cazuri costurile logistice cu până la 40% și emisiile de CO₂ cu 20 – 30%, prin optimizarea rutelor de colectare a deșeurilor pe baza datelor în timp real.

Într-o fabrică de prelucrare a pietrei, senzorii IoT pot lucra simultan pentru a:

- măsura fluxul apei de tăiere;
- detecta nivelul șlamului sedimentat;
- identifica prezența particulelor fine.

Aceste date pot fi transmise direct către o rețea blockchain, asigurând înregistrarea sigură și facilitând trasabilitatea de mediu.

5.2. Blockchain ca infrastructură pentru trasabilitate

Când IoT este combinat cu blockchain, se creează un sistem în care înregistrările digitale sunt imuabile, auditable și accesibile tuturor părților interesate, fără intermediari. Conform

lui Jiang et al. (2023), blockchain-ul răspunde la trei nevoi cheie în gestionarea modernă a deșeurilor: securitate, integritatea datelor și transparență.

Astăzi există modele avansate care integrează senzori IoT, blockchain, inteligență artificială și analiza ciclului de viață, permițând dezvoltarea unor sisteme de gestionare mult mai inteligente și sustenabile.

Exemplu practic: un senzor IoT măsoară volumul șlamului generat în timp real. Când se atinge o anumită valoare, un contract inteligent este activat automat, înregistrând evenimentul pe blockchain și verificând conformitatea datelor cu cerințele legale sau de reciclare.

Acest tip de automatizare asigură trasabilitate robustă, reduce erorile și facilitează conformitatea legală aproape instantaneu.

5.3. Arhitectură tehnică combinată: Edge, IoT și Blockchain

Pentru a obține o trasabilitate eficientă și sustenabilă în gestionarea deșeurilor, se recomandă o arhitectură tehnică care combină trei straturi principale:

1. Senzori IoT în utilaje: instalați direct în echipamente de tăiere, pompare sau tratare, detectează parametri critici precum nivelul șlamului, volumul deșeurilor sau calitatea apei.
2. *Strat Edge Computing (nivel intermediar de procesare a datelor)*: filtrează, procesează și validează datele local înainte de a le trimite în rețeaua principală, reducând latența, costurile blockchain și evitând supraîncărcarea sistemului cu date inutile.
3. *Blockchain permisiv* (ex.: Hyperledger sau IOTA): rețeaua înregistrează doar evenimentele relevante, activează contracte inteligente când sunt îndeplinite anumite condiții și asigură trasabilitate securizată și verificată.

Acest model este scalabil și eficient energetic, ideal pentru medii industriale distribuite precum fabrici de debitare, cariere sau centre de recuperare a deșeurilor.

5.4. Beneficiile și provocările integrării IoT + Blockchain

5.4.1. Beneficii principale:

- automatizare fără fricțiuni: datele generate de senzorii IoT sunt înregistrate automat pe blockchain și declanșează contracte inteligente fără intervenție umană;
- îmbunătățirea operațională: prin analize predictive se pot reduce timpii de nefuncționare, optimiza rutele de colectare și îmbunătăți procesele de recuperare a deșeurilor;
- audit în timp real: înregistrările automate permit control imediat și fiabil al reglementărilor, fără a depinde de procese manuale sau rapoarte retroactive.

5.4.2. Provocări principale:

- investiție inițială ridicată: instalarea senzorilor, implementarea infrastructurii Edge Computing și dezvoltarea soluțiilor blockchain implică costuri semnificative;

- securitate și confidențialitate: dispozitivele IoT pot fi vulnerabile, iar datele industriale sensibile trebuie protejate conform reglementărilor precum GDPR;
- interoperabilitate: există multiple platforme IoT și blockchain, necesitând standarde comune pentru ca toate sistemele să comunice corect (Jiang et al., 2023).

5.5 Aplicare practică în sectorul pietrei ornamentale

Exemplu concret de integrare IoT, Edge Computing, blockchain și digital twins într-o fabrică de prelucrare a pietrei:

1. Senzorii IoT instalați în rezervoarele de șlam măsoară nivelul și densitatea materialului acumulat în timp real.
2. Informațiile sunt procesate local prin Edge Computing, care verifică dacă a fost atins un volum minim prestabilit (ex.: 5 m³).
3. Odată validate, evenimentele sunt înregistrate automat pe blockchain, care activează un contract inteligent și emite un certificat digital sau token de valoare.
4. Datele sunt integrate în geamanul digital al lotului, unde se includ metrici despre deșeuri, tratament, procentaj recuperat și destinația finală.
5. În final, toate informațiile sunt încărcate în pașaportul digital al materialului, facilitând accesul la certificări ESG, licitații publice sau trasabilitate pentru cumpărătorii care caută materiale sustenabile

BIBLIOGRAFIE

Chen, Z. (2024). *Environmental alternatives for stone slurry circularity: from waste to resource* (Tesis de Máster, Politecnico di Milano). Disponible en línea: https://www.politesi.polimi.it/retrieve/4e15e145-769a-4162-9eb0-d3c3acb39830/2023_12_Chen.pdf [orbi.uliege.be](https://orbi.uliege.be/handle/2013/230000)+3politesi.polimi.it+3unitesi.unive.it+3

European Commission. (2020a). *A new Circular Economy Action Plan: for a cleaner and more competitive Europe*. Documento completo disponible: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>

Eurostat. (2022). *Waste statistics – Statistics explained*. Accesible en: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics

Jalalian, M. H., Bagherpour, R., & Khoshouei, M. (2021). *Wastes production in dimension stones industry: resources, factors, and solutions to reduce them*. Environmental Earth Sciences, 80. DOI: 10.1007/s12665-021-09890-2. Incluye PDF y cita en ResearchGate [OUCL+9ResearchGate+9giab-online.ru+9](https://www.researchgate.net/publication/354111111)

LIFE-ZSW (2024). *Demonstration of an innovative environmentally-friendly and economically-feasible technology for recycling ornamental stone waste*. Programa LIFE – Unión Europea. Disponible en: [giab-online.ru+3OUCL+3unitesi.unive.it+3](https://giab-online.ru/3OUCL+3unitesi.unive.it+3)

Piumonte Study. (2021). *Sludge production in the marble industry of Verbania*. MDPI, *Environment, Development and Sustainability*, 5(1), 57. PDF accesible vía MDPI unitesi.unive.it

DAPcons. (2021). *RCP004: Piedra natural. Reglas de categoría de producto para la elaboración de DAP sectorial.* Instituto de Tecnología de la Construcción (ITeC), CTM, y colaboradores. Disponible en: https://csosteniblev4.s3.eu-west-1.amazonaws.com/documents/20210505_DAPcons_RCP004_v3.pdf

European Commission. (2018). *Guidance on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98/EC on waste.* https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/framework/guidance_doc.pdf

European Commission. (2019). *Best practices in extractive waste management plans.* https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/mining/guidance_extractive_waste.pdf

European Commission. (2020b). *Eco-Management and Audit Scheme (EMAS).* https://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm

Eurostat. (2022). *Waste statistics – Statistics Explained.* https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics

European Parliament & Council. (2008). *Directive 2008/98/EC on waste (Waste Framework Directive).* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>

European Parliament & Council. (1999). *Directive 1999/31/EC on the landfill of waste.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31999L0031>

European Parliament & Council. (2010). *Directive 2010/75/EU on industrial emissions.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010L0075>

European Parliament & Council. (2004). *Directive 2004/35/EC on environmental liability.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32004L0035>

ITeC & CTM. (2021). *RCP004: Natural stone. Product Category Rules for Environmental Product Declarations (EPDs).* https://csosteniblev4.s3.eu-west-1.amazonaws.com/documents/20210505_DAPcons_RCP004_v3.pdf

Circularise. (2023). *A sustainable future using blockchain for Digital Product Passports.* <https://www.circularise.com/blogs/a-sustainable-future-using-blockchain-for-digital-product-passport>

European Commission. (2020). *A new Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>

Homaei, M., et al. (2025). *Smart Water Security with AI and Blockchain-Enhanced Digital Twins.* arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2504.20275>

Jiang, P., et al. (2023). *Blockchain technology applications in waste management: Overview, challenges and opportunities.* Journal of Cleaner Production, 421, 138466. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138466>

Ko, R., et al. (2022). *Digital Product Passport Implementation Based on Multi-Blockchain Architecture.* Applied Sciences, 12(11), 4874. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/11/4874>

Liu, J., Yeoh, W., Qu, Y., & Gao, L. (2022). *Blockchain-based Digital Twin for Supply Chain Management: A Review.* arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2202.03966>

Suhail, R. S., Jurdak, R., Oracevic, A., et al. (2021). *Blockchain-Based Digital Twins: Research Trends, Issues, and Challenges.* arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2103.11585>

- Bułkowska, K., Zielińska, M., & Bułkowski, M. (2023). Implementation of Blockchain Technology in Waste Management. *Energies*, 16(23), 7742. <https://doi.org/10.3390/en16237742>
- Dasaklis, T. K., Casino, F., & Patsakis, C. (2020). A traceability and auditing framework for electronic-equipment reverse logistics based on blockchain. *arXiv preprint arXiv:2005.11556*. <https://arxiv.org/abs/2005.11556>
- França, J., et al. (2020). Proposing the use of blockchain to improve solid waste management in small municipalities. *ResearchGate preprint*. <https://www.researchgate.net/publication/336194492>
- Gorkhali, A., Li, L., & Shrestha, A. (2020). Blockchain-based solid waste management traceability system. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 19, 7833–7856. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02850-2>
- Jiang, P., et al. (2023). Blockchain technology applications in waste management: Overview, challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 421, 138466. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138466>
- RapidInnovation. (2023). Smart contracts in supply chain management: benefits, use cases, and examples. <https://www.rapidinnovation.io/post/smart-contracts-in-supply-chain-management-enhancing-transparency-and-efficiency>
- Gulyamov, S. (2023). *Intelligent waste management using IoT, blockchain technology and data analytics*. E3S Web of Conferences. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2024/31/e3sconf_iccsei2023_01010.pdf
https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2024/31/e3sconf_iccsei2023_01010.pdf
[PMC+1taylorfrancis.com+1eprints.whiterose.ac.uk+2ResearchGate+2PMC+2e3s-conferences.org+1ResearchGate+1](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2024/31/e3sconf_iccsei2023_01010.pdf)
- Jiang, P., Zhang, L., You, S., Fan, Y. V., Tan, R. R., & Klemeš, J. J. (2023). Blockchain technology applications in waste management: overview, challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 421, 138466. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138466>
[ResearchGate](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138466)
- He, X., Chen, D., Zhang, N., Dai, H.-N., & Yu, K. (2022). *Integration of blockchain and edge computing in Internet of Things: a survey*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2205.13160> arXiv
- Pan, J., Wang, J., Hester, A., Alqerm, I., Liu, Y., & Zhao, Y. (2018). *EdgeChain: an Edge-IoT framework and prototype based on blockchain and smart contracts*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1806.06185> arXiv



Curs RockChain: UNITATEA 5 RockChain. Exercițiu practic final: proiect integrativ



Această lucrare este licențiată sub [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

"Finanțat de Uniunea Europeană. Punctele de vedere și opiniile exprimate aparțin, însă, exclusiv autorului (autorilor) și nu reflectă neapărat punctele de vedere și opiniile Uniunii Europene sau ale Agenției Executive Europene pentru Educație și Cultură (EACEA). Nici Uniunea Europeană și nici EACEA nu pot fi considerate răspunzătoare pentru acestea."



Erasmus+



Transilvania
University
of Brasov





Contents

1. INTRODUCERE	4
2. FUNCȚIONALITĂȚILE PLATFORMEI ROCKCHAIN	4
2.1 Navigare generală	4
2.2 Modulele jocului	4
2.3 Rolurile utilizatorilor	6
2.4 Descărcare și instalare	7
3. MODELE ȘI FLUXURI DE LUCRU	7
3.1 Start și pregătire	8
3.2 Jocul pe rundă	8
3.3 Închiderea și evaluarea runde	9
3.4 Principii educaționale	9
4. STRUCTURA STUDIULUI DE CAZ	11
4.1 Componentele sistemului	11
4.2 Active digitale și produse ale jocului	11
4.3 Fluxul complet al unui joc	11
4.4 Puncte de control și conformitate	12
4.5 Raportare finală și vizualizare	12
5. PRACTICI DE RAPORTARE ȘI DOCUMENTARE	13
5.1 Blockchain pentru Mediu: Educație Interdisciplinară Deschisă pentru Generarea Schimbării Disruptive prin Aplicații DLT cu Impact	13
5.2 Abordare inovatoare de formare într-un mediu asistat tehnologic pentru managementul apei	14
5.3 Economia Circulară – Viitorul nostru durabil	16
5.4 AGRITECH - Alianța pentru Medii de Învățare Inovative în Agricultură Avansată prin Tehnologie și Management	18
5.5 Formare inovativă bazată pe tehnologia Blockchain aplicată gestionării deșeurilor	19
5.6 Dezvoltarea unui program european modular VET orientat pe rezultate de învățare și a resurselor educaționale în domeniul Blockchain pentru acoperirea competențelor tehnice, non-tehnice și interdisciplinare (orizontale).	22
5.7 Jocuri educaționale pentru gestionarea resurselor naturale	23



5.8 Dezvoltarea unui joc educațional pentru învățarea digitală în agroecologie în Europa.....	25
REFERINȚE.....	27

1. INTRODUCERE

Această unitate finală reunește cunoștințele dobândite pe parcursul întregului curs prin analiza aplicației RockChain, un joc educațional care folosește tehnologia Blockchain aplicată la gestionarea deșeurilor în industria pietrei naturale. Sunt prezentate funcționalitățile actuale ale aplicației, dinamica jocului, interfața, rolurile pe care și le pot asuma utilizatorii și câteva bune practici preluate din proiecte similare ale programului Erasmus+. Unitatea de curs se încheie cu o evaluare finală care ajută la consolidarea cunoștințelor acumulate.

2. FUNCȚIONALITĂȚILE PLATFORMEI ROCKCHAIN

RockChain este o platformă educațională cu abordare prin joacă, concepută pentru a ajuta studenții să înțeleagă funcționarea unei economii bazate pe Blockchain prin simularea unei piețe pentru piatra naturală, deșeuri industriale și procese de valorificare. În acest mediu, participanții devin jucători care trebuie să gestioneze resurse limitate, să ia decizii strategice și să aleagă între colaborare sau competiție pentru a obține cele mai bune rezultate.

Pe parcursul jocului, utilizatorii se familiarizează cu concepte esențiale precum trasabilitatea materialelor, valoarea reciclării, mineritul digital (bazat pe “proof of work”) și contractele inteligente. Dinamica jocului îmbină aspecte tehnice și economice, recreând situații tipice lanțului valoric al pietrei ornamentale într-un mediu interactiv și realist.

2.1 Navigare generală

Interfața RockChain este proiectată pentru o navigare simplă, folosind tab-uri plasate în partea de jos a ecranului. De acolo, jucătorii pot accesa principalele module ale jocului: *Piața*, *Profil*, *Statistici* și *Reciclare*.

În plus, există și alte ecrane care sunt activate în momente specifice ale jocului. De exemplu, *sala de așteptare* dinaintea începerii jocului, *spațiul de minat* unde se rezolvă problemele matematice sau *ecranul final* care afișează rezultatele la sfârșitul fiecărei runde. Aceste ecrane se încarcă automat datorită sistemului de evenimente în timp real, care folosește tehnologii precum *Firebase* și *WebSockets*.

2.2 Modulele jocului

Autentificare: modul de acces care permite utilizatorilor să se înregistreze sau să se autentifice în RockChain folosind adresa de email și parola. Asigură identificarea individuală pentru urmărirea jocurilor și statisticilor personalizate.



Bienvenido a RockChain

EN **ES** DE HR RO

Correo electrónico

Contraseña

Iniciar sesión

[Registrarse](#)

[¿Olvidaste tu contraseña?](#)

[Privacidad](#)



Start a RockChain

Your Game Code: 9HXSU3

Number of players: 1/10

Start Game

Join a Game Code

Enter 6-digit game code

Join Game

Sala de așteptare: primul spațiu vizibil după conectare, unde toți participanții sunt afișați în timp ce așteaptă ca moderatorul („*host*”) să pornească jocul.

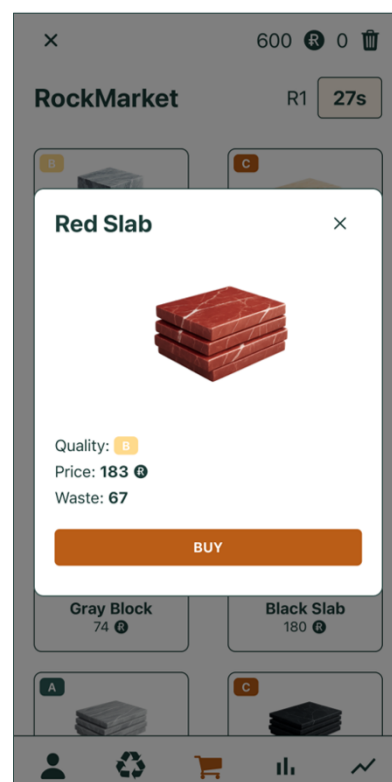
Piața: nucleul jocului. Aici jucătorii cumpără și vând produse asociate pietrei naturale: blocuri, deșeuri, materiale reciclate etc. Prețurile variază, iar fiecare decizie influențează evoluția jocului. Fiecare tranzacție generează un eveniment pe blockchain și poate declanșa o fază de minare.

Minare: după anumite tranzacții, se generează o problemă matematică ce simulează o *dovadă de lucru* (proof of work – PoW). Jucătorii concurează pentru a o rezolva primii, iar câștigătorul primește *RockCoins* (monede virtuale).

Statistici: oferă o imagine de ansamblu a performanței jucătorilor: clasament, resurse acumulate și operațiuni realizate.

Profil: inventarul digital al fiecărui jucător, unde pot fi verificate produsele deținute, resursele minate, monedele acumulate și istoricul acțiunilor.

Reciclare: modul care permite transformarea unor deșeuri sau subproduse în noi resurse sau *RockCoins*, promovând *economia circulară* în cadrul jocului.



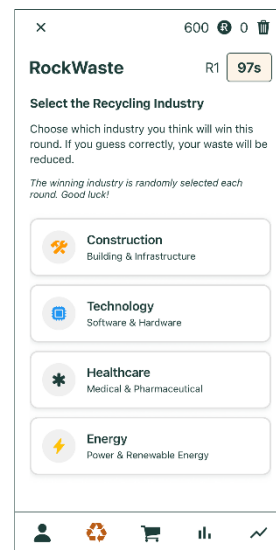
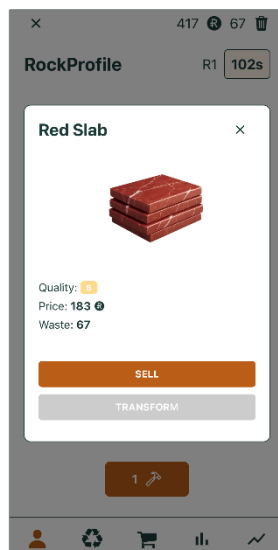
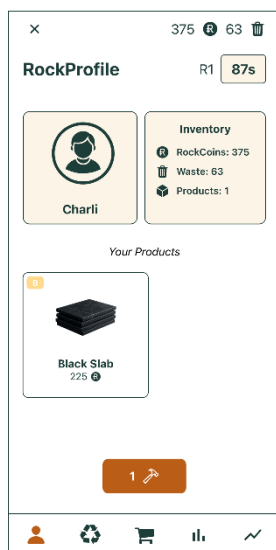
Sfârșitul runde: la finalul fiecărei runde, se afișează un rezumat: industria selectată, jucătorul care a câștigat minarea, evoluția soldului și pregătirea pentru următorul ciclu.



2.3 Rolurile utilizatorilor

Toți jucătorii au acces la aceleași funcționalități în timpul jocului, cu o singură diferență: creatorul sălii (*host*) poate porni jocul atunci când toți sunt pregătiți. Nu există ierarhii, asigurându-se astfel o experiență educațională echitabilă.

Starea jocului este gestionată în timp real printr-un sistem centralizat care actualizează dispozitivele jucătorilor folosind evenimente *Firebase* și *socket*. Acest sistem controlează aspecte precum progresul rundelor, disponibilitatea produselor și rezultatele mineritului.



2.4 Descărcare și instalare

RockChain se află în fază de testare și este disponibil pe Android și iOS. Poate rula și în modul de dezvoltare prin Expo. Modalități de acces:

- **Expo Go:** prin scanarea unui cod QR puteți testa aplicația fără a fi nevoie să o instalați complet
- **APK (Android):** instalare directă pentru teste interne
- **TestFlight (iOS):** acces pe bază de invitație, cu disponibilitate limitată.



Cerințe tehnice recomandate:

- Sistem de operare: minim Android 8 / iOS 13
- Conexiune internet stabilă (Wi-Fi sau date mobile)
- Rezoluție minimă ecran: 720x1280 px
- Spațiu pentru stocare: minim 200 MB

3. MODELE ȘI FLUXURI DE LUCRU

RockChain funcționează ca o simulare educațională în runde, combinând decizii economice, rezolvarea problemelor și gestionarea resurselor. Dinamica sa este ciclică,

dar flexibilă, deoarece urmărește recrearea unui lanț valoric digital care implică elemente de Blockchain și economie circulară.

3.1 Start și pregătire

Jucătorul accesează aplicația, se înregistrează sau se conectează și se alătură unei săli de așteptare, unde toți participanții la joc sunt grupați.

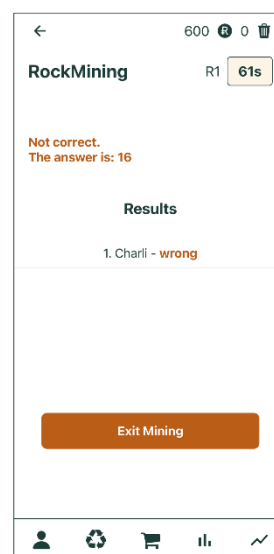
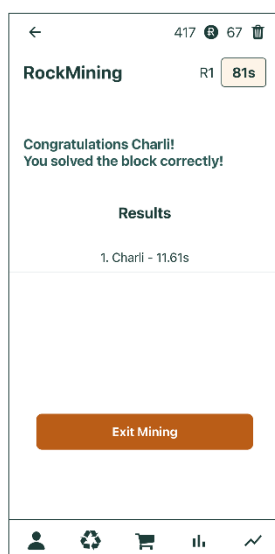
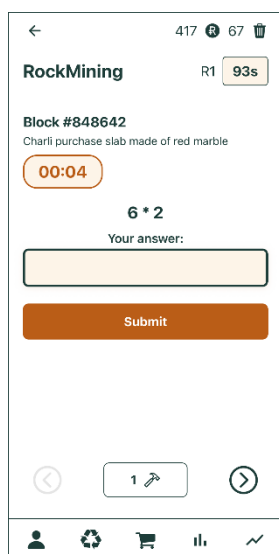
Odată ce toată lumea este conectată și pregătită, creatorul camerei (host) începe jocul.

În această fază, jucătorii pot vedea cine mai este conectat și pot avea un cronometru care indică cât timp mai este până la începerea jocului.

3.2 Jocul pe runde

Fiecare joc cuprinde mai multe runde cu aceeași structură:

- **Startul runde:** un cronometru devine vizibil pentru toți. În acest timp, jucătorii pot efectua liber acțiuni în diferite module.
- **Acțiuni strategice:** participanții trebuie să cumpere, să vândă, să transforme sau să exploateze produse legate de sectorul pietrei ornamentale. Fiecare decizie are un cost, un impact și posibile consecințe imediate:
 - o **Achizițiile și vânzările** generează tranzacții care influențează logica pieței.
 - o Unele tranzacții activează **faza de minare**, în care jucătorii concurează în timp real pentru a rezolva o problemă matematică. Primul care face acest lucru primește *RockCoins* drept recompensă.
 - o **Modulul de reciclare** permite transformarea produselor cu valoare scăzută în resurse utile sau *RockCoins*, promovând astfel logica economiei circulare.



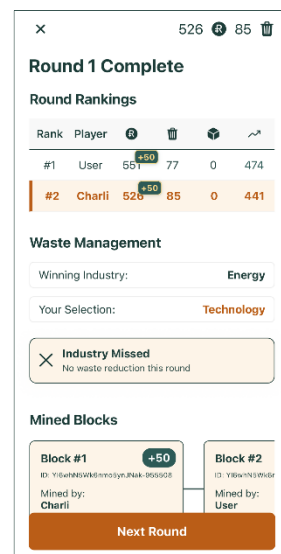
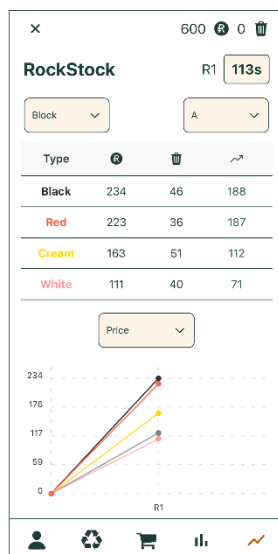
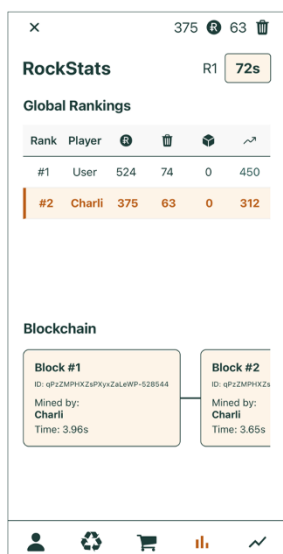
- **Actualizări în timp real:** toate acțiunile sunt reflectate imediat în profiluri și în secțiunea de statistici, facilitând compararea strategiilor și a soldurilor. Sistemul de socket-uri menține sincronizarea automată între toți participanții.
- **Sfârșitul runde:** când cronometrul ajunge la zero, operațiunile sunt blocate, iar jucătorii sunt direcționați automat către ecranul de închidere a runde.

3.3 Închiderea și evaluarea runde

Ecranul final al fiecărei runde arată rezultatele:

- Industria selectată aleatoriu (consumatoare de materiale reciclate).
- Jucătorul care a rezolvat provocarea de minerit (dacă există).
- Soldul actualizat al fiecărui participant: produse acumulate, RockCoins și eficiență.

Înainte de a începe următoarea rundă, fiecare jucător trebuie să confirme că este pregătit. Când toată lumea a făcut acest lucru, începe o nouă numărătoare inversă și ciclul se reia.



În general, un joc constă în 3 runde. La final, este prezentat un rezultat general care reflectă performanța fiecărui jucător și eficacitatea deciziilor sale strategice.

3.4 Principii educaționale

Dinamica RockChain a fost concepută cu obiective pedagogice clare, aliniate cu învățarea bazată pe experiență, economia circulară și alfabetizarea digitală. Mai mult decât un simplu mediu de joc, este conceput ca un instrument educațional care îi apropie pe cursanți de concepte complexe legate de sustenabilitate, trasabilitate și tehnologii emergente într-un mod practic și accesibil.

Principalele principii aplicate sunt următoarele:

- **Trasabilitate:** fiecare acțiune - cumpărare, vânzare, reciclare sau rezolvare a problemelor - este înregistrată imediat în profilul jucătorului. Acest lucru permite jucătorilor să observe consecințele deciziilor lor în timp real, să înțeleagă cum este construit un *blockchain* și să aprecieze importanța transparenței în procesele de producție. Este o modalitate eficientă de a experimenta cum funcționează un blockchain fără a fi nevoie de cunoștințe tehnice avansate.



- **Responsabilitate individuală și colectivă:** deși fiecare jucător își gestionează propriul inventar și resurse, deciziile sale au un impact asupra mediului comun: modifică prețurile pieței, afectează disponibilitatea materialelor și influențează rundele ulterioare. Această interdependență îi ajută pe jucători să înțeleagă logica sistemelor complexe și întărește nevoia de a echilibra câștigul personal cu sustenabilitatea comună.



- **Gamificare aplicată:** structura pe runde, recompensele *RockCoins*, mecanica competitivă de minare și clasamentele în timp real fac experiența motivantă. Aceste elemente încurajează participarea activă, concentrarea și angajamentul cursanților. În plus, feedback-ul imediat facilitează atât înțelegerea, cât și reținerea conținutului.



- **Ciclul de îmbunătățire:** fiecare rundă funcționează ca o nouă oportunitate. Jucătorii pot reflecta asupra deciziilor anterioare, își pot ajusta strategia și își pot îmbunătăți performanța. Această abordare iterativă îmbunătățește abilități precum gândirea critică, autoevaluarea și planificarea strategică, toate acestea fiind esențiale în contextele de formare profesională (VET/ADU).



Împreună, aceste principii fac din RockChain o platformă de învățare activă care permite dezvoltarea transversală a abilităților digitale, de mediu și sociale.

4. STRUCTURA STUDIULUI DE CAZ

RockChain permite recrearea unui joc complet de gestionare a deșeurilor aplicat în industria pietrei ornamentale. Jucătorii preiau rolul unor agenți economici într-un mediu bazat pe blockchain, unde trebuie să ia decizii strategice și să experimenteze dinamica pieței și sustenabilitatea.

Pentru a arăta cum funcționează, mai jos este descris un studiu de caz tipic și componentele acestuia.

4.1 Componentele sistemului

Jucătorii: participanți activi care gestionează resursele, cumpără și vând produse, participă la procesul de „minare” și urmăresc maximizarea performanței economice și de mediu.

Sistemul de joc: motorul logic care coordonează rundele, actualizează prețurile, controlează cronometrele și validează acțiunile în timp real folosind socket-uri și o bază de date.

Industria câștigătoare: la finalul fiecărei runde, un sector consumator de materiale reciclate este selectat aleatoriu. Jucătorii care au mizat pe acea industrie obțin profituri suplimentare.

4.2 Active digitale și produse ale jocului

Resursele disponibile în RockChain includ:

- **Blocuri de piatră** (brute sau prelucrate)
- **Deșeuri industriale**
- **RockCoins** (moneda virtuală internă)
- **Pașapoarte digitale** sau **Blocuri în blockchain** (asociate produselor achiziționate)

Fiecare activ poate fi stocat, transformat sau schimbat. Valoarea lui depinde atât de acțiunile jucătorilor, cât și de industria selectată la finalul fiecărei runde.

4.3 Fluxul complet al unui joc

Sala de așteptare: jucătorii se conectează, sunt afișați ca activi, iar jocul este pregătit.

Runda 1: se activează cronometrul. Participanții cumpără, vând, transformă sau reciclează. Fiecare acțiune generează un bloc în blockchain-ul jocului. Unele acțiuni pot declanșa o provocare de minare.

Minarea: este propusă o problemă matematică de tip „proof of work”. Primul care o rezolvă câștigă *RockCoins*.

Sfârșitul rundeii: este afișat un rezumat general. O industrie de reciclare este selectată aleatoriu, inventarele sunt actualizate, iar profiturile sunt calculate.

Ready-check: fiecare jucător confirmă că este gata să continue.

Rundele 2 și 3: ciclul se repetă cu noi oportunități strategice.

Sfârșitul jocului: sunt afișate clasamentele finale. Câștigător este jucătorul cu cel mai mare scor total, luând în considerare eficiența, reciclarea și monedele *RockCoins* acumulate.

4.4 Puncte de control și conformitate

Punctele de control funcționează ca repere care asigură progresul ordonat al jocului și respectarea regulilor:

- **Începutul rundeii** (cu cronometru comun)
- **Activarea minării** (provocare matematică)
- **Selectarea industriei câștigătoare** (aleator)
- **Evaluarea inventarului** (sold individual + bonusul industriei)
- **Confirmarea trecerii la următoarea rundă** (ready-check)

Toate acțiunile sunt înregistrate în *Firestore* și prin evenimente tip *socket*, permițând reconstrucția jocului, auditarea deciziilor și consolidarea trasabilității sistemului.

4.5 Raportare finală și vizualizare

La finalul jocului, este generat un raport vizual care include:

- Câștigătorul minării în fiecare rundă
- Industria selectată în fiecare rundă
- Inventarele finale ale tuturor jucătorilor
- Monedle *RockCoins* acumulate
- Jucătorul cu cea mai mare eficiență generală

Acest raport poate fi folosit pentru a stimula discuțiile la clasă, pentru a reflecta asupra strategiilor aplicate și pentru a evalua competențele dobândite de studenți.

5. PRACTICI DE RAPORTARE ȘI DOCUMENTARE

5.1 Blockchain pentru Mediu: Educație Interdisciplinară Deschisă pentru Generarea Schimbării Disruptive prin Aplicații DLT cu Impact

Context

Sustenabilitatea mediului este identificată ca una dintre cele mai urgente provocări globale, fiind strâns legată de sănătate, prosperitate și reziliența societății. Tehnologia registrului distribuit (DLT) oferă transparență, responsabilitate și imuabilitate, ceea ce o face un instrument promițător pentru stimularea schimbării comportamentale. Cu toate acestea, potențialul său în domenii non-financiare, în special în sustenabilitatea mediului, a fost subexplorat, iar curricula în învățământul superior rar o integrează cu domenii interdisciplinare.

Obiective

Proiectul își propune să consolideze învățământul superior european prin integrarea DLT cu Ingineria Mediului, Gândirea critică și Psihologia/Economia Comportamentală la nivel de studii de masterat. Scopul său este de a dezvolta curriculumuri și resurse digitale care să cultive o mentalitate „verde” și „decentralizată”, permițând studenților și profesioniștilor să proiecteze aplicații descentralizate care abordează strategic provocările de mediu.

Activități

BC4ECO implementează întâlniri transnaționale de proiect, școli de vară și workshop-uri de formare a profesorilor pentru a co-crea și valida cadrul său pedagogic. De asemenea, organizează evenimente multiplicatoare la conferințe europene pentru a implica părțile interesate și pentru a promova diseminarea și adoptarea rezultatelor în universități.

Impact

Proiectul stabilește un reper pentru educația interdisciplinară privind DLT aplicat sustenabilității mediului. Prin crearea unui curriculum inovator, MOOC-uri și resurse deschise, echipează viitorii profesioniști cu competențele necesare pentru a proiecta aplicații cu impact, reduce lacunele existente de competențe pe piața muncii și promovează un ecosistem digital orientat spre sustenabilitate.

Site-ul proiectului: <https://bc4eco.eu/>

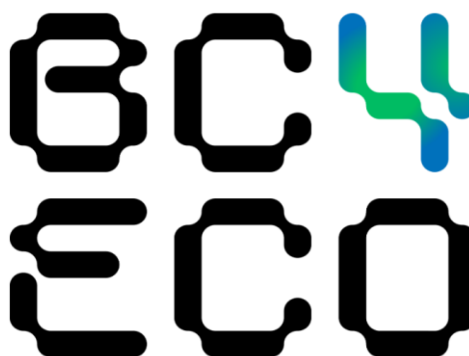


Figure 1. BC4ECO logo-ul proiectului

5.2 Abordare inovatoare de formare într-un mediu asistat tehnologic pentru managementul apei

Context

Schimbările climatice afectează atât disponibilitatea, cât și calitatea apei, cu impact asupra energiei, infrastructurii, sănătății umane, agriculturii și ecosistemelor. În Europa, două provocări majore sunt asigurarea calificării personalului și atragerea tinerilor profesioniști în domeniu. Pentru a atrage specialiști bine pregătiți, inițiativele educaționale trebuie să facă managementul apei în sectoarele conexe atractiv și să transforme cunoștințele academice, precum și competențele de bază și transversale de nivel înalt, în abilități practice și aplicabile.

Învățământul superior (HE) promovează conceptul de „Triunghi al Cunoașterii”, bazat pe inovare, antreprenoriat și colaborare universitate–industrie. Aceasta este cu atât mai important pentru sectoarele tradiționale legate de mediu, care au nevoie de schimbări în educație și formare pentru a pregăti viitoarea forță de muncă pentru noile cerințe generate de creșterea economică asociată schimbărilor climatice (de exemplu, surse de apă, turism).

Totodată, securitatea europeană și gestionarea resurselor de apă sunt factori esențiali pentru prosperitatea durabilă și contribuie la sănătatea economică, competitivitatea, creativitatea, inovarea, ocuparea forței de muncă și dezvoltare. Pregătirea profesională a personalului și reducerea șomajului în rândul tinerilor rămân priorități. Astfel, programele de formare trebuie să transforme cunoștințele teoretice și competențele avansate în abilități relevante, practice și adaptabile nevoilor reale ale pieței muncii.

Obiective

Proiectul Paradox a creat un curs dezvoltat de 5 instituții, 3 IMM-uri și o organizație a Camerei de Comerț, toate implicate în promovarea activităților educaționale în moduri complementare. Fiecare entitate participantă – personal, studenți și comunitate – este

vizată de acest proiect. Pornind de la acest obiectiv general, au fost definite mai multe obiective specifice:

1. Consolidarea capacității sectoriale: promovarea **colaborării active** între actori din triunghiul cunoașterii: instituții de învățământ superior (BUCKS, IHU, UPM, UTB, UNIPA), industrie (EVM, EYEBB, UMOU), Camera de Comerț (ACIF) și autorități locale/regionale, pentru a stimula responsabilitatea de mediu, modernizarea și internaționalizarea învățământului superior.
2. Dezvoltarea de **trasee flexibile de învățare**: crearea unor parcursuri care să recunoască și să dezvolte competențele principale ale studenților HE, precum internaționalizarea și învățarea digitală. Aceste trasee se bazează pe experiența anterioară și vizează îmbunătățirea competențelor și abilităților de nivel înalt, atât de specialitate, cât și transversale, cu accent pe management, antreprenariat, limbi străine și leadership, contribuind totodată la coeziunea societății prin creșterea mobilității în învățare și muncă.
3. Promovarea colaborării și mobilității: oferirea de oportunități sporite pentru studenți de a dobândi toate competențele specializate și transversale necesare și implicarea lor, împreună cu angajații partenerilor și alți factori interesați, în crearea resurselor educaționale și asigurarea relevanței acestora.

Implementare

Principalele activități ale proiectului Paradox au inclus:

- Studii comparative și investigații pentru a identifica competențele și abilitățile necesare în domeniul managementului mediului în Europa.
- Dezvoltarea unui program modular de formare cu mai multe metode de învățare (inclusiv certificări Industry 4.0 și Blockchain).
- Crearea de materiale, metodologii și instrumente educaționale.
- Construirea de rețele și consolidarea capacității instituționale.

Proiectul s-a încheiat cu organizarea a 6 Evenimente Multiplicatoare și o conferință.

Rezultate

Ca parteneriat strategic, Paradox a produs: un raport de studiu privind nevoile actuale de competențe în studiile de mediu europene, un curriculum de formare comun, conținut educațional și o platformă de e-learning disponibilă gratuit.

PARADOX a modernizat educația și a oferit noi oportunități industriei tradiționale, formând, evaluând și recunoscând competențele de mediu ale participanților. De asemenea, proiectul a inclus elemente de antreprenariat, limbi străine și competențe digitale.

Studentii HE, cadrele didactice și toți cei implicați în Paradox au avut oportunitatea de a-și dezvolta inițiativa, abilitățile antreprenoriale, competențele lingvistice și de angajabilitate în sectoare industriale relevante pentru multe regiuni europene.

Site-ul proiectului: <https://paradoxproject.eu/>

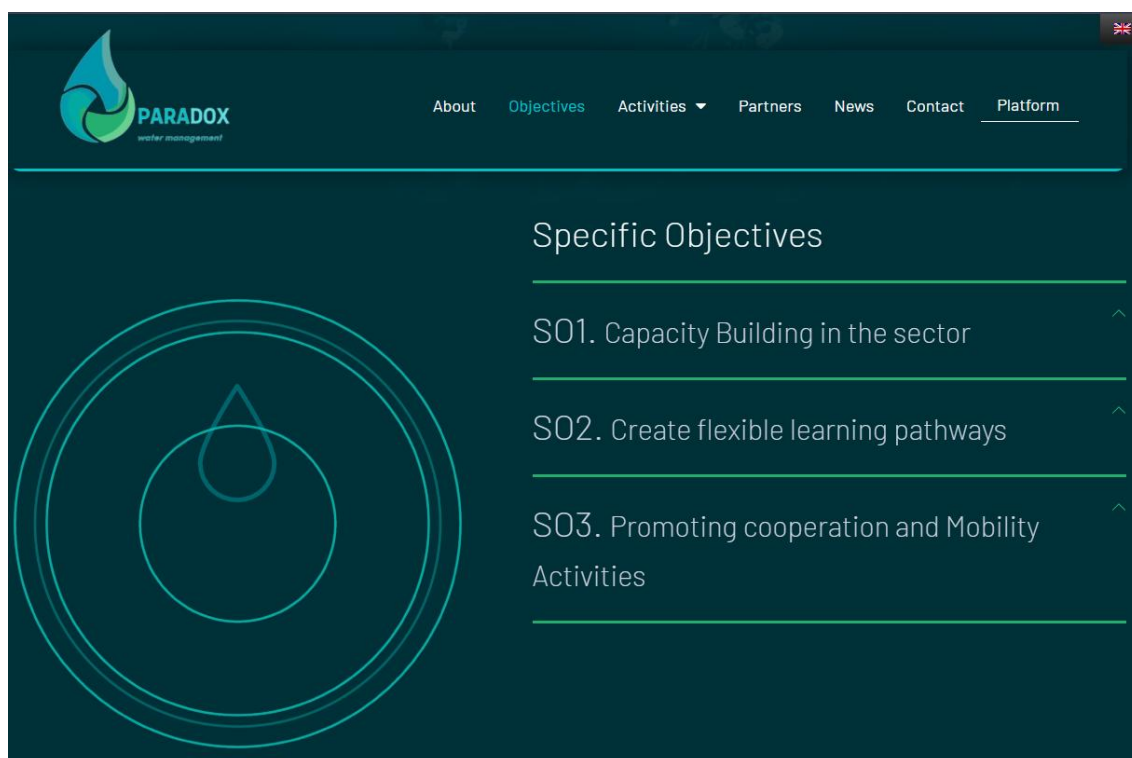


Figure 2. Site-ul proiectului Paradox. Obiective specifice.

5.3 Economia Circulară – Viitorul nostru durabil

Objective

Proiectul în desfășurare „Circular Economy: Our Sustainable Future (C.E.O. for Future)” urmărește să ofere tinerilor instrumente pentru a-și dezvolta competențe antreprenoriale, abilități digitale și strategii de advocacy pentru politici publice în domeniul economiei circulare. Proiectul promovează inovația orientată spre durabilitate, crește angajabilitatea tinerilor în industriile verzi și susține reducerea deșeurilor, eficiența resurselor și colaborarea între sectoare la nivel local și european.

Activități

Proiectul implementează trei activități principale, fiecare coordonată de un partener:

- Circular Economy Youth Innovation Lab – instruire practică, hackathoane și incubare de startup-uri.

- Green Policy & Community Engagement – advocacy pentru politici verzi, mese rotunde cu părțile interesate și campanii de conștientizare publică.
- Digital Solutions for Circular Economy – formare în soluții digitale pentru sustenabilitate, inclusiv AI, blockchain și tehnologii pentru economie circulară.

Fiecare activitate se desfășoară pe un ciclu de 8 luni și include mobilitate transnațională pentru 12 participanți.

Impact

- Peste 150 de tineri și lucrători de tineret instruiți în economie circulară și sustenabilitate digitală.
- Peste 5 startup-uri circulare conduse de tineri, stimulând antreprenoriatul ecologic.
- 3 recomandări de politici publice transmise autorităților locale pentru adoptarea de practici durabile.
- Dezvoltarea unui Circular Economy Policy Toolkit & Online Hub, pentru impact pe termen lung.
- Peste 500 de membri ai comunității implicați în campanii de conștientizare, promovând comportamente sustenabile și schimbări în politici.

Site-ul proiectului: <https://ceosforfuture.at/>

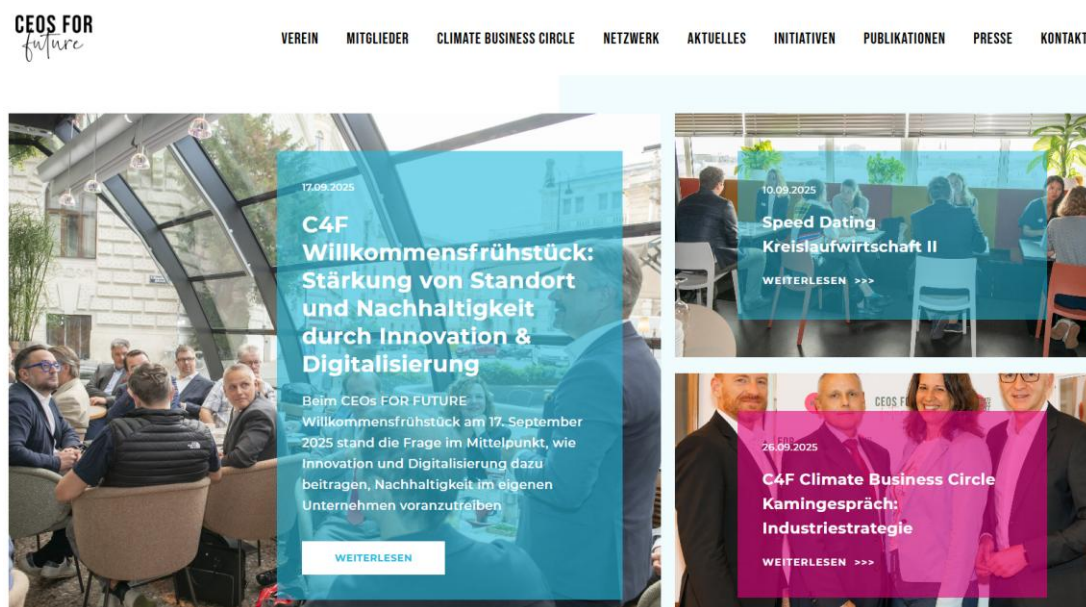


Figure 3. Site-ul proiectului C.E.O. for Future

5.4 AGRITECH - Alianța pentru Medii de Învățare Inovative în Agricultură Avansată prin Tehnologie și Management

Context

Proiectul AGRITECH răspunde necesității urgente de a moderniza educația și formarea profesională în agricultură, pentru a face față provocărilor legate de durabilitate și digitalizare. Agricultură, ca sector tradițional, este tot mai mult influențată de schimbările climatice, presiunile asupra mediului și apariția tehnologiilor disruptive. Prin integrarea domeniilor Deep Tech, cum ar fi inteligența artificială, blockchain, calcul cuantic și instrumente digitale imersive, AGRITECH își propune să reducă decalajele de competențe și să pregătească profesioniști capabili să promoveze inovația durabilă în agricultura europeană.

Objective

Proiectul urmărește transformarea educației agricole prin crearea unui ecosistem de învățare interdisciplinar care să combine competențe tehnice și non-tehnice. Principalul obiectiv este formarea unei noi generații de „AgriTech Managers” capabili să aplice tehnologii avansate în agricultura durabilă. AGRITECH promovează, de asemenea, creativitatea, antreprenoriatul și co-crearea prin incubatoare integrate în instituțiile de învățământ, în timp ce principiile responsabilității sociale corporative și dezvoltării durabile sunt integrate în programele de formare.

Activități

AGRITECH dezvoltă medii de învățare multidisciplinare în care studenții lucrează la proiecte reale, în colaborare cu parteneri din industrie și cercetare. Se creează noi metode de predare și instrumente de evaluare, folosind tehnologii precum gamificare, realitate virtuală și augmentată, și învățare adaptivă. Inițiativele de incubare sprijină inovațiile conduse de studenți, iar proiectele colaborative încurajează parteneriate între agricultură, tehnologie și educație.

Impact

Proiectul va oferi o curricula inovatoare, resurse digitale și modele de instruire care integrează blockchain și alte tehnologii emergente în agricultură. Se așteaptă să crească angajabilitatea participanților, să întărească capacitatea de inovare a Europei și să stabilească un reper pentru educația agricolă durabilă și orientată spre tehnologie. Prin combinarea digitalizării cu responsabilitatea față de mediu, AGRITECH ilustrează modul în care tehnologiile avansate pot moderniza un sector tradițional, într-un mod similar cu abordarea RockChain de aplicare a blockchain-ului și instrumentelor digitale în industria mineritului și a pietrei ornamentale.

Site-ul proiectului: <https://agritech-project.eu/>



Figure 4. AGRITECH logo

5.5 Formare inovativă bazată pe tehnologia Blockchain aplicată gestionării deșeurilor

Context

Implementarea practicilor durabile de gestionare a deșeurilor în cadrul economiei circulare este astăzi mai mult decât imperativă. În era Industriei 4.0, progresele tehnologice pot servi ca mecanisme de sprijin pentru gestionarea mai eficientă a deșeurilor. Blockchain se numără printre aceste tehnologii, având potențialul de a aduce beneficii atât societății, cât și mediului. Inițial, blockchain a fost dezvoltat pentru a susține și facilita sistemele de plăți electronice, însă în prezent poate fi aplicat în orice sector care dorește să câștige transparență, securitate și fiabilitate.

Blockchain este o bază de date virtuală distribuită, de regulă descentralizată, protejată criptografic și organizată în blocuri interconectate de tranzacții, principala sa caracteristică fiind imuabilitatea – odată înregistrate, datele nu pot fi modificate. În contextul gestionării deșeurilor municipale, blockchain poate fi un factor-cheie pentru transformarea încrederii într-un element central al economiei circulare, conferind organizațiilor de gestionare a deșeurilor rolul de „intermediar de încredere” în acest sistem.

Obiective

Proiectul BlockWASTE urmărește interoperabilitatea dintre gestionarea deșeurilor și tehnologia blockchain, pentru a promova economia circulară în managementul

deșeurilor municipale prin formarea de studenți și profesioniști din sectoarele implicate. Obiectivele principale sunt:

- Investigarea bunelor practici de gestionare a deșeurilor municipale în diverse orașe europene, pentru reintegrarea acestora în lanțul valoric și promovarea conceptului de „Orașe Circulare Inteligente”.
- Identificarea beneficiilor tehnologiei blockchain în procesul de management al deșeurilor municipale.
- Crearea unui plan de studiu pentru formarea cadrelor didactice și a profesioniștilor în domeniile Gestionării Deșeurilor, Economiei Circulare și Tehnologiei Blockchain.
- Dezvoltarea unui instrument interactiv bazat pe blockchain, pentru a crește vizibilitatea și transparența procesului de gestionare a deșeurilor și a promova forme mai circulare de management al acestora.

Grupurile țintă principale includ:

- Întreprinderi și IMM-uri, specialiști IT, profesioniști în urbanism și gestionarea deșeurilor;
- Universități (profesori, studenți și cercetători);
- Autorități publice.

Implementare

Principalele activități desfășurate în cadrul proiectului sunt:

- Studiu comparativ al legislației privind gestionarea deșeurilor municipale în țările partenere și în UE, precum și al tehnologiilor informaționale aplicate la nivel internațional;
- Dezvoltarea a trei manuale privind strategii de Economie Circulară aplicate gestionării deșeurilor municipale utilizând tehnologii blockchain;
- Studiu comparativ al programelor universitare din țările participante privind tehnologia blockchain și managementul deșeurilor municipale;
- Crearea unui curriculum universitar european pentru gestionarea deșeurilor municipale bazat pe tehnologia blockchain;
- Elaborarea unei baze de date cu informații privind generarea și tratarea deșeurilor municipale în Europa;
- Dezvoltarea unui instrument interactiv de e-learning care integrează module blockchain și managementul deșeurilor municipale;
- Crearea unei platforme de resurse educaționale deschise (OER), inclusiv o platformă colaborativă;
- Implementarea a trei cursuri pilot de formare;
- Activități de management al proiectului (monitorizare, control, asigurarea calității etc.);

- Activități de diseminare (organizarea a trei evenimente de multiplicare, dezvoltarea site-ului web, postări pe rețele sociale și site-urile partenerilor, articole în e-jurnale, prezentări la conferințe, cross-linking cu alte proiecte etc).

Rezultate

Proiectul a generat patru rezultate intelectuale principale:

1. Materiale de învățare interdisciplinare Blockchain – Managementul Deșeurilor Municipale: trei manuale separate pentru formarea studenților și profesioniștilor în interfața Blockchain și gestionarea deșeurilor municipale.
2. Curriculum european comun privind gestionarea deșeurilor municipale cu aplicarea tehnologiei Blockchain: curriculum-ul abordează competențele necesare pentru transformarea managementului liniar al deșeurilor în procese circulare. Accentul tehnic și tehnologic se pune pe instrumente și procese inovatoare, cu Blockchain și tehnologii de registre distribuite în prim-plan.
3. Instrument e-learning pentru gestionarea deșeurilor municipale bazat pe Blockchain, în spiritul economiei circulare: Două module diferite au fost dezvoltate.
4. Platformă de Resurse Educaționale Deschise (OER): Include o platformă colaborativă bazată pe proiecte Erasmus+ anterioare și toate materialele de suport pentru implementarea cursului BlockWASTE. Materialele de formare sunt accesibile oricărui utilizator.

Site-ul proiectului: <https://blockwasteproject.eu/>

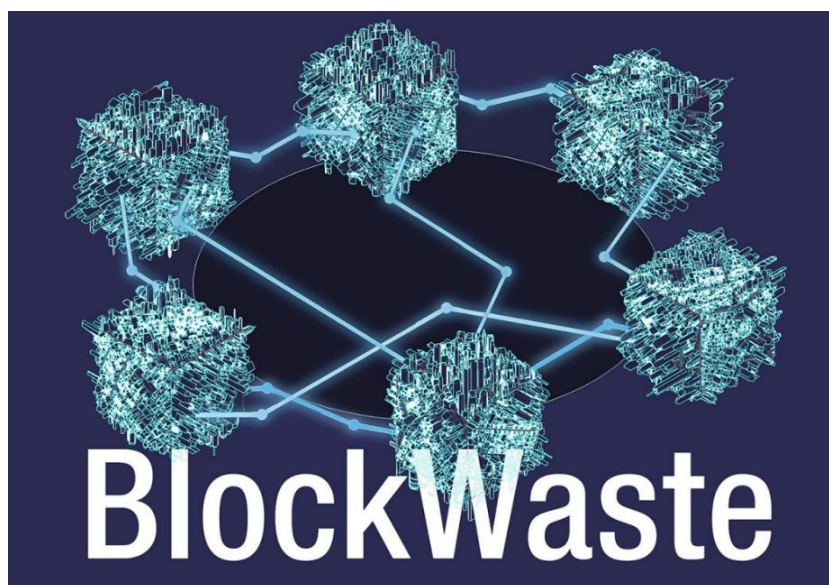


Figure 5. BlockWaste logo

5.6 Dezvoltarea unui program european modular VET orientat pe rezultate de învățare și a resurselor educaționale în domeniul Blockchain pentru acoperirea competențelor tehnice, non-tehnice și interdisciplinare (orizontale).

Objective

Proiectul urmărește dezvoltarea de materiale educaționale inovative în domeniul Blockchain, pentru a răspunde problemei principale a învățământului profesional și tehnic (VET) – neconcordanța competențelor absolvenților cu cerințele pieței muncii. Conținutul materialelor de formare va fi elaborat în contextul schimbărilor climatice, amprenteii de carbon, politicilor „Green EU” și egalității de gen în domeniul TIC. Prin acest proiect, se urmărește formarea de studenți calificați în Blockchain, cu certificări recunoscute care să aducă o contribuție pozitivă la forța de muncă.

Activități

Proiectul vizează dezvoltarea de materiale educaționale care să sprijine inovația și transformarea digitală în învățământul profesional. Pentru atingerea acestor obiective, au fost stabilite cinci pachete de lucru (WP – Work Packages):

WP1 – Managementul proiectului

WP2 – Cadrul Blockchain și programul modular VET

WP3 – Platformă de evaluare (cu AI)

WP4 – Platformă de e-learning bazată pe gamification

WP5 – Întâlniri și conferințe

Impact

Rezultatele anticipate ale proiectului includ.

1. Rezultate tangibile:

WP2 – Cadrul Blockchain și programul modular VET

WP3 – Platforma de evaluare (cu AI)

WP4 – Platforma de e-learning bazată pe gamification

2. Rezultate intangibile:

Creșterea competențelor și interesului în domeniul Blockchain

Contribuția la transformarea digitală a societății, în special în VET

Adaptarea programelor VET la cerințele pieței muncii

Actualizarea curriculumului VET conform inovațiilor generate de Industria 4.0

Site-ul proiectului: <https://bch4vet.eu/>



Figure 6. BCH4VET logo

5.7 Jocuri educaționale pentru gestionarea resurselor naturale

Context

Proiectul NATURE a fost inițiat ca răspuns la provocările identificate de grupul de parteneri în domeniul educației pentru gestionarea resurselor naturale. Lipsa cunoștințelor actualizate și necesitatea promovării înțelegerii problemelor de mediu în proiectele de afaceri sunt fundamentale pentru managementul durabil al resurselor. Proiectul răspunde nevoii de a crește conștientizarea privind schimbările climatice, protejarea mediului natural și menținerea calității vieții pentru generațiile prezente și viitoare. Inițiativele educaționale care pregătesc tinerii profesioniști să devină adulți responsabili și activi în domeniul sustenabilității mediului în toate aspectele vieții industriale și comunitare sunt esențiale. Predarea acestor competențe asigură relevanța tinerilor în domeniile lor și acțiuni responsabile în comunități.

Obiective

Proiectul și-a propus să ofere studenților și profesorilor universitari tehnologii digitale și metode care contribuie la creșterea calității educației în gestionarea resurselor naturale. Pașii esențiali pentru atingerea impactului proiectului au inclus:

Definirea unui cadru comun pentru dezvoltarea metodologiei de învățare prin jocuri educaționale pentru educația de mediu, prin explorare, colaborare și experimentare.

Crearea unui joc educațional care să fie utilizat în procesul de învățare pentru managementul mediului.

Implicarea studenților în scenarii inspirate din viața reală privind utilizarea responsabilă a resurselor naturale.

Furnizarea de materiale suport pentru profesori, sub formă de activități de învățare, videoclipuri și manual de referință, facilitând integrarea rezultatelor proiectului în practica didactică.

Implementare

Consortiul a dezvoltat și implementat mai multe activități:

- Cercetări internaționale pentru identificarea și cartografierea situației actuale în gestionarea resurselor naturale în țările partenere și la nivel european.
- Analiza și compararea experiențelor de „Educație de Mediu” în toate țările partenere, în raport cu tehnologiile digitale și metodele de creștere a calității educației în domeniu.
- Studiul tendințelor actuale privind utilizarea jocurilor în educația de mediu, care a condus la definirea cadrului comun pentru dezvoltarea metodologiei de învățare bazată pe jocuri pentru managementul resurselor naturale.

Echipa de tehnologii educaționale a definit scenariile de învățare, iar echipa de design și tehnologie a dezvoltat NATURE serious game, care promovează învățarea prin experimentare și practică. În faza finală, intervenția educațională NATURE a fost validată prin activități pilot cu studenți din Letonia, Grecia, Portugalia, Spania, Estonia și Italia, asigurând relevanța europeană a rezultatelor. Pentru diseminarea rezultatelor și implicarea grupurilor țintă în utilizarea ulterioară, au fost organizate evenimente de multiplicare în toate țările partenere.

Rezultate

Consortiul a implementat planul de acțiune și a obținut următoarele rezultate finale:

- Raportul „Cadru metodologic experiențial pentru dezvoltarea conștientizării, cunoștințelor și competențelor privind gestionarea responsabilă a resurselor naturale”, bazat pe analiza grupurilor de actori interesați și utilizabil ca instrument de referință pentru actualizarea curriculumului.
- Jocul digital NATURE și activități educaționale (scenarii de învățare și hărți inspirate din provocări reale) pentru instruirea privind gestionarea responsabilă a resurselor naturale, incluzând scenarii 3D, enciclopedie digitală și videoclipuri educaționale.
- Materiale de suport pentru instructori, sub formă de fișe de învățare pentru profesori, facilitând adoptarea designului experiențial propus și inspirând crearea de activități proprii de învățare.

Site-ul proiectului: <http://www.projectnature.eu/>



Figure 7. Testarea jocului NATURE și a logo-ului proiectului

5.8 Dezvoltarea unui joc educațional pentru învățarea digitală în agroecologie în Europa

Context

Agricultura europeană se confruntă cu multiple provocări, printre care producerea de alimente și produse nealimentare în cantitate și calitate suficiente, crearea de valoare adăugată pentru fermieri și actorii lanțului alimentar, precum și reducerea impactului agriculturii asupra mediului. Agroecologia, definită ca „studiul interacțiunilor dintre plante, animale, oameni și mediu în cadrul sistemelor agricole”, este considerată o opțiune esențială pentru reorientarea agriculturii europene în vederea depășirii acestor provocări majore.

Totuși, învățământul universitar european nu este încă pe deplin adaptat pentru a forma actualii și viitorii profesioniști în agricultură în domeniul agroecologiei. În special, abordările multidisciplinare sunt insuficient dezvoltate în curricula existente, iar metodele de predare actuale lipsesc adesea de dimensiunea interactivă și digitală, care sunt metode promițătoare de învățare. Sunt necesare urgent instrumente inovatoare care să permită cadrelor didactice universitare să ofere o formare multidisciplinară de calitate și atractivă în agroecologie pentru studenți și profesioniști în agricultură.

Obiective

Proiectul SEGAE își propune să faciliteze înțelegerea multidisciplinară și sistemică a agroecologiei pentru elevi de liceu, studenți și profesioniști în agricultură prin dezvoltarea unui instrument digital de instruire. În acest scop, a fost creat un consorțiu

format din șase universități europene: Universitatea din Liège (BE), Agrocampus Ouest (FR), Groupe ESA (FR), Oniris (FR), Universitatea Agricolă din Cracovia (PL) și Universitatea din Bologna (IT).

Descrierea jocului

Instrumentul se prezintă sub forma unui joc educațional, adică un joc de simulare pe calculator care ajută jucătorii să înțeleagă concret modul de implementare a agroecologiei într-o fermă. În joc, jucătorul gestionează o fermă virtuală combinând culturi agricole și creșterea vacilor pentru lapte, putând implementa și evalua impactul practicilor agricole asupra indicatorilor de sustenabilitate ecologică, economică și socială ai fermei.

Jucătorul poate lua decizii privind:

- Alegerea rasei de animale,
- Rația de hrană,
- Tipul de culturi,
- Metoda de lucrat solul, etc.,

și poate vedea imediat și pe termen lung efectele acestor decizii asupra diferiților indicatori. Jocul oferă patru tipuri de ferme europene ca set implicit: franceză, italiană, belgiană și poloneză.

Public țintă și obiective pedagogice

Jocul se adresează cadrelor didactice din universități și școli agricole, precum și consilierilor agricoli în formare continuă. Obiectivele pedagogice includ:

- Înțelegerea efectelor diferitelor practici agroecologice,
- Analiza globală a fermei,
- Gestionarea tranzițiilor agroecologice.

Un editor de scenarii permite profesorilor să dezvolte propriile scenarii pedagogice personalizate, adaptate obiectivelor de învățare și tipului de audiență.

Materiale suplimentare și impact

Jocul este însoțit de tutoriale video și de o platformă pedagogică care include:

- Ghid de predare pentru profesori,
- Fișe de exerciții gata de utilizare,
- Lecții despre diferitele dimensiuni ale agroecologiei tratate în joc.

Jocul, tutorialele și instrumentele de predare sunt disponibile gratuit în șase limbi: engleză, spaniolă, franceză, italiană, olandeză și poloneză.

Până în prezent, peste 800 de studenți au folosit jocul, iar o sesiune de formare cu 51 de studenți a demonstrat interesul educațional al jocului, rezultând și într-o publicație științifică (Jouan et al., 2020). Aproximativ 700 de profesori, cercetători și cadre didactice din învățământul superior și tehnic au beneficiat de informare sau instruire. De la lansarea sa online, jocul a fost utilizat de peste 4.800 de persoane.

Concluzie

Acest joc educațional contribuie la formarea elevilor, studenților și profesioniștilor în agricultură, sprijinind tranziția agroecologică a agriculturii europene.

Site-ul proiectului: <https://www.segae.org/>



Figure 8. Logoul proiectului.

REFERINȚE

- Erasmus+ (2017). SEGAE – Development of a serious game for digital learning in agroecology in Europe (Project 2017-1-FR01-KA203-037254). Erasmus+ Project Results Platform. European Commission. Retrieved October 3, 2025, from <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2017-1-FR01-KA203-037254>
- Erasmus+ (2020). BlockWASTE – Innovative training based on Blockchain technology applied to waste management (Project 2020-1-EL01-KA203-079154). Erasmus+ Project Results Platform. European Commission. Retrieved October 3, 2025, from <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2020-1-EL01-KA203-079154>

- Erasmus+ (2020). Innovative training approach in the technology-assisted environment for water management (Project 2020-1-UK01-KA203-078871). Erasmus+ Project Results Platform. European Commission. Retrieved October 3, 2025, from <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2020-1-UK01-KA203-078871>
- Erasmus+ (2021). Blockchain for the Environment: Open Interdisciplinary Education on Generating Disruptive Change through Impactful DLT Applications (Project 2021-1-DK01-KA220-HED-000027608). Erasmus+ Project Results Platform. European Commission. Retrieved October 3, 2025, from <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2021-1-DK01-KA220-HED-000027608>
- Erasmus+ (2021). Serious Games for Natural Resource Management (Project 2021-1-LV01-KA220-HED-000032033). Erasmus+ Project Results Platform. European Commission. Retrieved October 3, 2025, from <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2021-1-LV01-KA220-HED-000032033>
- Erasmus+ (2022). Developing a European learning outcome-oriented modular VET programme and educational resources on Blockchain to address technical, non-technical and cross-discipline (horizontal) skills requirements (Project 2022-1-NL01-KA220-VET-000087180). Erasmus+ Project Results Platform. European Commission. Retrieved October 3, 2025, from <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2022-1-NL01-KA220-VET-000087180>
- Erasmus+ (2024). AGRITECH – Alliance for Innovative Learning Environment in Advanced Agriculture through Technology and Management (Project 101187399). Erasmus+ Project Results Platform. European Commission. Retrieved October 3, 2025, from <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/101187399>
- Erasmus+ (2025). Circular Economy: Our Sustainable Future (Project 2025-1-DE04-KA210-YOU-000358253). Erasmus+ Project Results Platform. European Commission. Retrieved October 3, 2025, from <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2025-1-DE04-KA210-YOU-000358253>