

WP2-A1. Studiu comparativ al programelor de studiu axate pe tehnologia Blockchain din țările participante.



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 exclusiv autorului/autorilor și nu reflectă neapărat opiniile Uniunii Europene sau ale Agenției Executive Europene pentru Educație și Cultură (EACEA). Nici Uniunea Europeană, nici EACEA nu pot fi considerate responsabile pentru acestea."



Transilvania
University
of Brasov



Cuprins

1. INTRODUCERE	4
2. TEHNOLOGIA BLOCKCHAIN: O PREZENTARE GENERALĂ	4
2.1. Introducere în tehnologia blockchain	4
2.2. Aplicații ale tehnologiei blockchain	6
2.3. Impactul tehnologiei blockchain în sectorul profesional	7
2.4. Educația în domeniul blockchain și formarea profesională	8
2.5. Rolul tehnologiei blockchain în învățământul profesional și tehnic	10
3. PROGRAME DE STUDIU ÎN DOMENIUL BLOCKCHAIN	11
3.1. GERMANIA	11
3.1.1. Blockchain în învățământul profesional și tehnic (VET)	11
3.1.2. Blockchain în învățământul superior	13
3.2. SPANIA	14
3.2.1. Blockchain în învățământul profesional și tehnic (VET)	14
3.2.2. Blockchain în învățământul superior	16
3.3. ROMANIA	18
3.3.1. Blockchain în învățământul profesional și tehnic (VET)	19
3.3.2. Blockchain în învățământul superior	20
3.4. CROAȚIA	22
3.4.1. Blockchain in Vocational Education and Training (VET)	23
3.4.2. Blockchain în învățământul profesional și tehnic (VET)	24
4. ANALIZA REZULTATELOR	25
4.1. GERMANIA	25
4.1.1. Blockchain aplicat industriei și sustenabilității	26
4.1.2. Integrarea cu mediul înconjurător	26
4.1.3. Accent pe reglementare și conformitate	27
4.1.4. Proiecte finale și studii de caz	27
4.1.5. Concluzie generală	28
4.2. SPANIA	28
4.2.1. Blockchain aplicat industriei și sustenabilității	28
4.2.2. Integrarea blockchain-ului cu mediul	28
4.2.3. Accent pe legislație și conformitate	29
4.2.4. Proiecte finale și studii de caz	29

4.2.5.	Concluzii generale	29
4.3.	ROMÂNIA.....	29
4.3.1.	Blockchain aplicat industriei și sustenabilități	30
4.3.2.	Integrarea blockchain-ului cu mediul.....	30
4.3.3.	Accent pe legislație și conformitate	31
4.3.4.	Proiecte finale și studii de caz	31
4.3.5.	Concluzii generale	31
4.4.	CROAȚIA.....	32
4.4.1.	Blockchain aplicat industriei și sustenabilității	32
4.4.2.	Integrarea blockchain-ului cu mediul.....	33
4.4.3.	Accent pe legislație și conformitate	33
4.4.4.	Proiecte finale și studii de caz	34
4.4.5.	Concluzii generale	34
5.	BUNE PRACTICI	35
5.1.	Caracteristici comune ale unor programe de învățământ blockchain eficiente 35	
	Structură progresivă a învățării:.....	35
	Învățare bazată pe proiecte:	35
	Abordare interdisciplinară:	35
	Modularitate și flexibilitate:	36
5.2.	Lacune și lecții pentru un proiect axat pe piatră și economia circulară.....	36
	Sinteză a recomandărilor	37
6.	CONCLUZII	37
7.	REFERINȚE	39
	Germania – oferta de formare și contextul.....	39
	Spania – oferta de formare și contextul.....	41
	România – oferta de formare și contextul	42
	Croația – oferta de formare și contextul.....	43
	Sursele figurilor	44

1. INTRODUCERE

Acest document prezintă rezultatele activității WP2.A1, care se concentrează pe o analiză comparativă a programelor de studiu legate de tehnologia Blockchain din țările participante. Scopul acestui studiu este de a colecta și evalua ofertele educaționale actuale privind tehnologia Blockchain la nivelul țărilor partenere și al Uniunii Europene.

Raportul reunește și analizează programele educaționale și resursele de formare oferite de instituții în domeniul Blockchain. Prin examinarea rapoartelor naționale individuale, studiul își propune să evidențieze practicile de succes și să identifice domeniile în care sunt necesare îmbunătățiri sau actualizări ale programelor de studiu.

Raportul se încheie cu un rezumat al principalelor concluzii rezultate din analiza comparativă, care vor fundamenta dezvoltarea activității WP2.A3: „Definirea obiectivelor de învățare și a rezultatelor învățării ale curriculumului”.

2. TEHNOLOGIA BLOCKCHAIN: O PREZENTARE GENERALĂ

De la apariția sa în anul 2008, odată cu propunerea care a pus bazele funcționării Bitcoin (Nakamoto, 2008), tehnologia blockchain a evoluat de la o inovație asociată criptomonedelor la un instrument cu aplicații multiple în diferite sectoare. În esență, blockchain permite înregistrarea tranzacțiilor într-un mod descentralizat, într-o rețea distribuită, oferind securitate și transparență. Principala sa atractivitate constă în posibilitatea de a genera înregistrări care nu pot fi manipulate, reducând fraudă și îmbunătățind eficiența operațională în domenii precum finanțele, sănătatea, logistica și administrația publică (Frizzo-Barker et al., 2020; Tapscott & Tapscott, 2016).

În ultimii zece ani, utilizarea tehnologiei blockchain a crescut semnificativ și s-a extins către domenii precum contractele inteligente, verificarea identității digitale și finanțele descentralizate (DeFi). Pe măsură ce tot mai multe industrii adoptă această tehnologie, crește și necesitatea unor profesioniști instruiți, ceea ce reprezintă o provocare pentru sectorul educațional. Există nevoia de a oferi formare specializată, aliniată la cerințele pieței muncii, prin programe solide atât din punct de vedere tehnic, cât și teoretic (Fosso Wamba et al., 2020; Swan, 2015; Mougar, 2016).

2.1. Introducere în tehnologia blockchain

Blockchain este o tehnologie de tip registru distribuit (Distributed Ledger Technology – DLT), în cadrul căreia informația este stocată în blocuri care sunt interconectate în ordine cronologică. Conform Zheng et al. (2017) și IBM (n.d.), fiecare bloc conține un set de tranzacții sau înregistrări de date. Odată ce un bloc este validat de rețea, acesta este înregistrat permanent. Această structură face ca sistemul să fie extrem de sigur și transparent, întrucât modificarea informației dintr-un bloc ar presupune alterarea

tuturor blocurilor care îi succed, lucru practic imposibil din cauza nivelului de putere de calcul necesar (Tapscott & Tapscott, 2016).

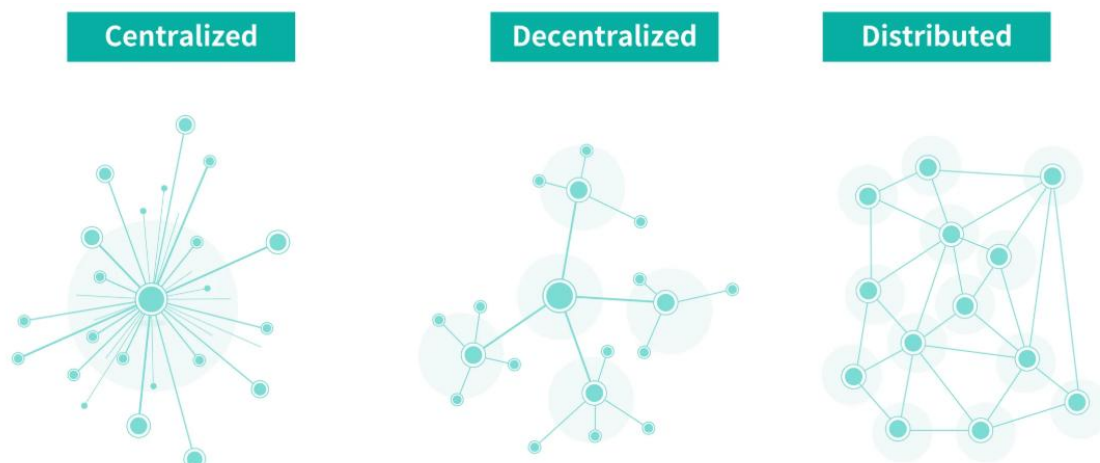


Figura 1: Sisteme centralizate / descentralizate / distribuite.

Elementele-cheie ale acestei tehnologii includ:

- **Descentralizarea:** Spre deosebire de sistemele tradiționale, în care informația este concentrată într-o singură entitate, blockchain distribuie datele între mai multe noduri sau participanți. Această arhitectură elimină necesitatea intermediarilor, precum băncile sau autoritățile, pentru validarea tranzacțiilor, făcând sistemul mai sigur și mai accesibil (Crosby et al., 2016; Swan, 2015).
- **Mecanismele de consens:** Pentru validarea tranzacțiilor, blockchain se bazează pe algoritmi de consens. Printre cei mai cunoscuți se numără Proof of Work și Proof of Stake, care garantează integritatea datelor prin acordul participanților din rețea (Mougayar, 2016; Zheng et al., 2017).

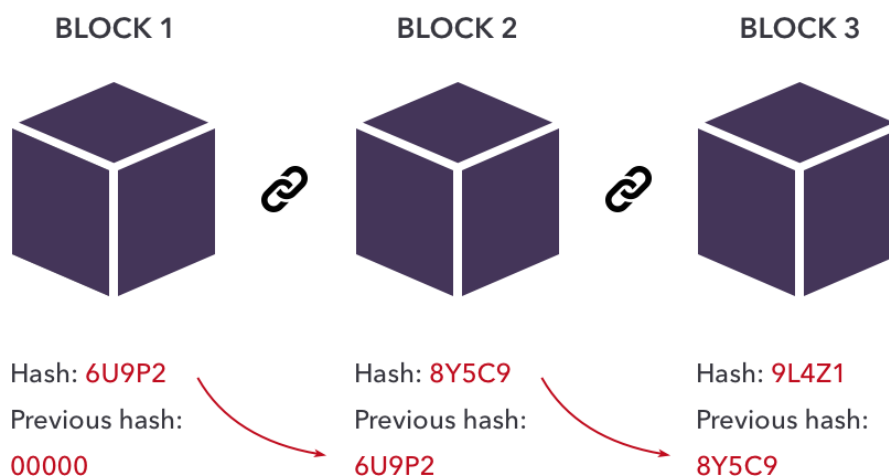


Figura 2: Funcția de dispersie (hashing) în blockchain.

- **Securitatea criptografică:** Fiecare bloc este legat de cel anterior printr-un cod unic (hash), generat cu ajutorul unor tehnici criptografice avansate. Acest lucru face practic imposibilă modificarea informațiilor înregistrate fără alterarea întregului lanț ulterior, ceea ce este nefezabil din punct de vedere tehnic (IBM, n.d.).
- **Imutabilitatea:** Odată ce informația este înregistrată pe blockchain, aceasta nu poate fi modificată cu ușurință. Această caracteristică este deosebit de utilă în sectoare în care fiabilitatea datelor este esențială, precum tranzacțiile financiare, dosarele medicale sau procesele electorale (Tapscott & Tapscott, 2016).
- **Transparența și încrederea:** În blockchain-urile publice, orice participant poate examina și verifica tranzacțiile, creând un mediu transparent și reducând necesitatea de a se baza pe o autoritate centrală. Rețeaua însăși asigură desfășurarea corectă și verificabilă a tuturor operațiunilor (Tapscott & Tapscott, 2016).

2.2. Aplicații ale tehnologiei blockchain

Tehnologia blockchain s-a dovedit a fi extrem de versatilă și este deja utilizată în diverse sectoare, mult dincolo de domeniul criptomonedelor. Câteva exemple specifice includ:

- **Finanțe:** Aceasta permite efectuarea plăților internaționale mai rapide și mai puțin costisitoare, prin eliminarea necesității intermediarilor, precum băncile (Tapscott & Tapscott, 2016; Wang et al., 2019).
- **Managementul lanțului de aprovizionare:** Contribuie la urmărirea produselor de la origine până la consumatorul final, reducând riscul de fraudă și sporind încrederea clienților (Francisco & Swanson, 2018; IBM, n.d.).
- **Sănătate:** Facilitează stocarea și partajarea în siguranță a datelor medicale. Acest lucru îmbunătățește accesul la informații relevante fără a compromite confidențialitatea pacienților (Agbo et al., 2019; Zheng et al., 2017).
- **Contracte inteligente:** Una dintre cele mai notabile aplicații ale acestei tehnologii este capacitatea de a crea acorduri care sunt executate automat atunci când sunt îndeplinite anumite condiții. Acest lucru simplifică procedurile în sectoare precum cel imobiliar, al asigurărilor și al serviciilor juridice, fără a fi necesară intervenția umană (Mougayar, 2016; Frizzo-Barker et al., 2020).

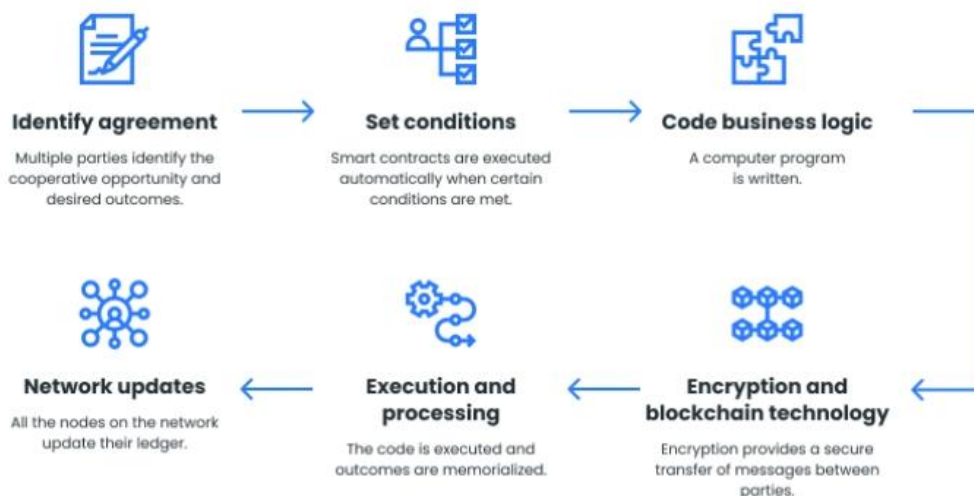


Figura 3: Cum funcționează contractele inteligente?

2.3. Impactul tehnologiei blockchain în sectorul profesional

Impactul tehnologiei blockchain depășește cu mult structura sa tehnică. Această tehnologie generează schimbări semnificative atât în contexte sociale, cât și industriale, datorită capacității sale de a crea sisteme descentralizate, sigure și transparente. Prin aceasta, contribuie la soluționarea unora dintre cele mai complexe provocări cu care se confruntă diferite industrii, cu beneficii care se extind și la nivelul societății în ansamblu.

- **Finanțe și incluziune:** În sectorul financiar, blockchain a făcut tranzacțiile internaționale mai rapide, mai sigure și mai puțin costisitoare, prin eliminarea intermediarilor, precum băncile, care provoacă adesea întârzieri și percep comisioane ridicate (Tapscott & Tapscott, 2016). Prin reducerea acestor bariere, se extind și posibilitățile de incluziune financiară, în special pentru persoanele sau întreprinderile care nu au acces la servicii bancare tradiționale (Swan, 2015). În plus, dezvoltarea finanțelor descentralizate (Decentralized Finance – DeFi) oferă unui număr tot mai mare de persoane din întreaga lume oportunitatea de a participa la piețe și de a-și gestiona activele în mod autonom (Mougayar, 2016).
- **Sănătate:** În sectorul sănătății, blockchain oferă o modalitate sigură de partajare a dosarelor medicale între profesioniști autorizați, fără a compromite confidențialitatea pacienților. Acest lucru îmbunătățește eficiența tratamentelor și asigură accesul medicilor la informații complete și actualizate (Zheng et al., 2017).
- **Lanțuri de aprovizionare:** Aplicată lanțurilor de aprovizionare, tehnologia blockchain permite urmărirea unui produs de la origine până la consumator. Această trasabilitate contribuie la reducerea fraudei și a contrafacerii, consolidează încrederea clienților și obligă companiile să își asume responsabilitatea pentru practici de producție etice (Zheng et al., 2017). De asemenea, simplifică procese precum verificarea originii, fiind deosebit de utilă

în sectoare precum industria alimentară, farmaceutică și cea a bunurilor de lux (Tapscott & Tapscott, 2016).

- **Contracte inteligente și sectorul juridic:** Contractele inteligente permit automatizarea acordurilor fără a fi necesari intermediari, precum avocații sau agenții, reducând birocrăția, costurile și riscul de fraudă. Acest lucru este deosebit de util în domenii precum sectorul imobiliar, asigurările și serviciile juridice, unde sunt gestionate procese sensibile și complexe (Tapscott & Tapscott, 2016).
- **Guvernare:** La nivel instituțional, blockchain poate spori transparența în administrația publică. De exemplu, utilizarea sa a fost analizată în sisteme de vot rezistente la manipulare și în verificarea operațiunilor guvernamentale, ceea ce ar putea contribui la combaterea corupției și la consolidarea încrederii publice (Zheng et al., 2017).

În concluzie, blockchain are potențialul de a transforma industrii întregi prin promovarea echității, transparenței și incluziunii. Capacitatea sa de a securiza, simplifica și descentraliza procesele o poziționează ca o tehnologie-cheie în evoluția digitală și în stimularea unei dezvoltări mai echitabile și mai eficiente.

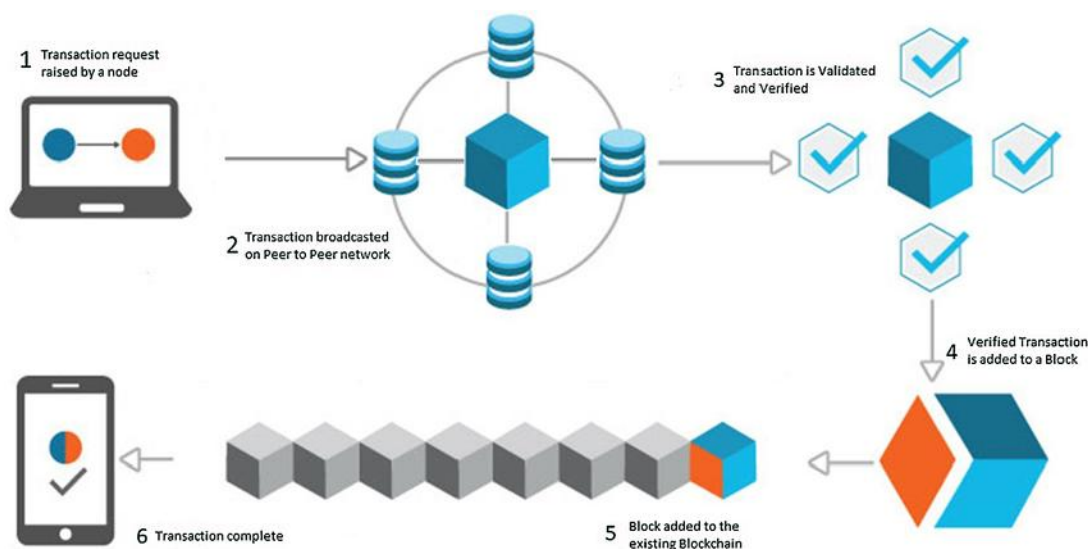


Figura 4: Diagrama fluxului unei tranzacții în blockchain.

2.4. Educația în domeniul blockchain și formarea profesională

Având în vedere faptul că tehnologia blockchain se află încă într-un stadiu incipient, necesitatea unor profesioniști specializați devine din ce în ce mai urgentă în toate sectoarele. Educația joacă un rol esențial în formarea persoanelor cu cunoștințele și competențele necesare pentru aplicarea eficientă a acestei tehnologii în contexte reale. Deși a început treptat să fie inclusă în programele universitare, în formarea profesională și în învățământul tehnic și profesional (Technical and Vocational Education and Training

– VET), aceasta se impune ca o modalitate practică și accesibilă de dobândire a competențelor în domeniul blockchain.

În general, programele de studiu combină o bază teoretică cu o abordare practică. Conținutul include, de regulă, fundamentele tehnologiilor de tip registru distribuit (Distributed Ledger Technologies – DLT), principiile esențiale ale criptografiei și dezvoltarea contractelor inteligente. După cum subliniază Mougayar (2016), aceste competențe vor fi foarte solicitate în sectoare precum finanțele, logistica, sănătatea și administrația publică. În plus, formarea în domeniul blockchain nu se limitează la aspectele tehnice, ci abordează și considerații juridice și etice, pregătind studenții să facă față provocărilor de reglementare și dilemelor profesionale din diferite medii de lucru.

Cu toate acestea, întrucât este vorba despre o tehnologie disruptivă, formarea în blockchain nu ar trebui să se adreseze exclusiv specialiștilor în tehnologia informației. Profesioniștii din domeniile afacerilor, juridic și financiar pot beneficia, de asemenea, de învățarea modului în care această tehnologie poate fi aplicată pentru îmbunătățirea eficienței operaționale și a transparenței. Din acest motiv, tot mai multe programe adoptă o abordare interdisciplinară, care combină competențele tehnice cu aplicațiile practice, în concordanță cu cerințele unei economii digitale aflate într-o continuă evoluție.

Având în vedere avansul rapid al tehnologiei, este esențial ca profesioniștii din domenii precum afacerile, logistica și securitatea cibernetică să înțeleagă în profunzime potențialul tehnologiei blockchain. Pentru a oferi o formare cuprinzătoare, cele mai solide programe îmbină teoria cu practica și permit studenților să lucreze cu platforme de referință din industrie. Acestea includ atât medii publice, precum Ethereum, cât și soluții enterprise mai controlate, cum ar fi Hyperledger. Această abordare mixtă le oferă o experiență versatilă, pregătindu-i să aplice tehnologia blockchain în mod eficient într-o varietate de contexte reale (Zheng et al., 2017).

	Public	Private	Hybrid	Consortium
 Permissioned/Permissionless	Permissionless	Permissioned	Permissioned & Permissionless	Permissioned
 Control	No control by a central authority	Control by a central authority	Control by a central authority	Control by multiple central authorities
 Main Advantages	 Independence  Transparency	 Performance  Scalability	 Performance  Low Cost	 Performance  Security
 Main Disadvantages	 Performance  Scalability Issues	 Security  Trust	 Transparency  Upgrading	 Transparency
 Examples	Bitcoin Litecoin	Hyperledger Fabric	XRP token	Corda Quorum

Figura 5: Tipuri de rețele blockchain.

2.5. Rolul tehnologiei blockchain în învățământul profesional și tehnic

Învățământul profesional și tehnic (Technical and Vocational Education and Training – VET) joacă un rol esențial în pregătirea profesioniștilor capabili să răspundă cererii tot mai mari de competențe în domeniul blockchain. Aceste programe sunt concepute pentru a oferi competențe practice, orientate spre piața muncii, aliniate la nevoile reale ale sectoarelor în care această tehnologie începe deja să aibă un impact semnificativ. Dincolo de formarea forței de muncă specializate, integrarea tehnologiei blockchain în formarea tehnică urmărește stimularea inovației și pregătirea industriilor pentru provocările tehnologice ale viitorului.

Aplicațiile blockchain sunt deosebit de relevante în domenii precum logistica, managementul lanțului de aprovizionare și finanțele digitale. În consecință, multe companii caută persoane care nu doar înțeleg modul de funcționare al acestei tehnologii, ci sunt capabile să o implementeze, să o gestioneze și să o mențină pentru a rămâne competitive pe piață. În acest context, formarea tehnică oferă o valoare adăugată prin concentrarea asupra dezvoltării competențelor practice, alături de cunoștințe specifice industriei. Aceasta include activități variind de la dezvoltarea contractelor inteligente și a aplicațiilor descentralizate (Decentralized Applications – DApps) până la gestionarea structurilor de guvernare în cadrul sistemelor blockchain.

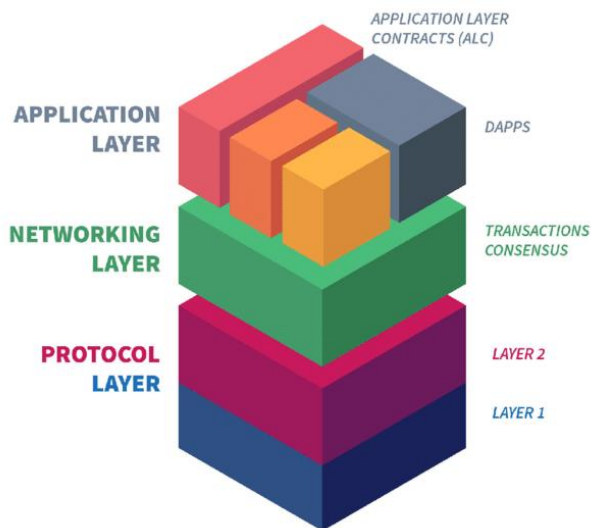


Figura 6: Arhitectura tehnologică blockchain.

Având în vedere evoluția rapidă a tehnologiei blockchain, instituțiile VET trebuie să își revizuiască și să își actualizeze frecvent programele de studiu pentru a ține pasul cu schimbările tehnologice. Această abordare dinamică permite absolvenților să intre pe piața muncii cu competențe actualizate, pregătite pentru aplicare imediată. În plus, aceste programe nu se limitează la a învăța utilizarea tehnologiei, ci promovează și o

perspectivă critică asupra impactului său industrial, precum și asupra provocărilor etice și de reglementare pe care le implică.

Integrarea tehnologiei blockchain în formarea profesională contribuie la reducerea decalajului dintre cunoștințele teoretice și aplicarea acestora în contexte reale. Studenții nu doar dobândesc competențe tehnice pentru implementarea soluțiilor, ci dezvoltă și o mentalitate orientată către inovare și rezolvarea problemelor. Acest lucru le permite să devină agenți ai schimbării în cadrul sectoarelor lor, contribuind la o adopție mai largă a tehnologiei blockchain și la transformarea industriilor și economiilor la nivel global.

3. PROGRAME DE STUDIU ÎN DOMENIUL BLOCKCHAIN

3.1. GERMANIA

Germania dispune de un sistem de învățământ profesional și tehnic dual (Technical and Vocational Education and Training – VET) foarte bine dezvoltat, completat de o rețea extinsă de universități și centre de cercetare aplicată. Modelul său dual este recunoscut la nivel internațional pentru combinarea formării practice în cadrul companiilor cu educația teoretică desfășurată în școli publice, în conformitate cu reglementări naționale care implică camerele de comerț, companiile și instituțiile de învățământ. Această structură permite alinierea adecvată a profilurilor profesionale la nevoile pieței muncii, ceea ce contribuie la menținerea unor niveluri scăzute ale șomajului în rândul tinerilor și la existența unei baze solide de competențe intermediare.

La nivel politic, în anul 2019, guvernul federal a adoptat o Strategie Națională Blockchain, cu obiectivul de „a stabili direcția pentru o economie bazată pe tokenuri”. Această strategie consideră tehnologia blockchain drept o tehnologie digitală-cheie pentru sectoare precum finanțele, industria, energia, mobilitatea și administrația publică.

În acest cadru, educația în domeniul blockchain din Germania a contribuit la conturarea unui ecosistem dinamic pentru dezvoltarea profesională și reconversia profesională. Cu toate acestea, oferta educațională rămâne în mare parte de natură „orizontală”: majoritatea programelor se concentrează pe tehnologiile de tip registru distribuit, criptomonede și inovația Web3, fără o legătură directă cu sectoare specifice, precum piatra naturală, mineritul sau materialele de construcții.

3.1.1. Blockchain în învățământul profesional și tehnic (VET)

În cadrul sistemului de formare profesională din Germania, tehnologia blockchain nu s-a impus încă drept o profesie recunoscută în formarea inițială (Ausbildungsberuf). În schimb, cea mai mare parte a formării în acest domeniu este asigurată prin formarea profesională continuă (Weiterbildung).

Aceste programe sunt oferite, de regulă, sub forma unor cursuri scurte și intensive, finalizate cu certificare, și sunt furnizate de entități precum camerele de comerț (IHK), academii private sau inițiative digitale finanțate de stat. Ele se adresează în principal profesioniștilor care doresc să își actualizeze competențele în domeniul tehnologiei informației sau persoanelor aflate în poziții de conducere, care au nevoie de o imagine de ansamblu asupra ecosistemului crypto. Scopul acestora este de a reduce decalajul dintre competențele tradiționale dobândite în formarea profesională și noile cerințe ale economiei bazate pe tokenuri.

Bitcoin, Blockchain & Co. [Tageskurs]

- **Institution:** HKBiS Handelskammer Hamburg Bildungs-Service (IHK-Seminar)
- **Link:** [HKBiS Course](#)
- **Descriere:** Un seminar scurt, cu prezență fizică (10 ore didactice), oferit ca seminar IHK în Hamburg. Acesta introduce participanții în concepte precum Bitcoin, criptomonede alternative, NFT-uri și principiile de bază ale tehnologiei blockchain. Accentul este pus pe înțelegerea modului în care aceste tehnologii se integrează în companiile moderne și în modelele de afaceri digitale.

Curs avansat de Python – Blockchain cu Python

- **Institution:** Cimdata Bildungsakademie
- **Link:** [Cimdata Python Course](#)
- **Descriere:** Un curs intensiv cu normă întreagă, desfășurat pe parcursul a patru săptămâni, care combină programarea avansată în Python cu dezvoltarea de aplicații blockchain. Curriculumul acoperă fundamentele criptografice, mecanismele de consens (Proof of Work vs. Proof of Stake), implementarea unui blockchain personalizat, dezvoltarea contractelor inteligente și integrarea portofelelor digitale.

Tehnologia blockchain (formare modulară)

- **Institution:** Cimdata Bildungsakademie
- **Link:** [Kursportal Schleswig-Holstein](#)
- **Descriere:** Un program modular de formare profesională continuă, cu o durată de 24 de săptămâni, recunoscut pentru voucherele agenției germane pentru ocuparea forței de muncă. Programul tratează tehnologia blockchain ca parte a unui profil mai larg de „competențe ale viitorului”, combinând concepte de tip registru distribuit cu dezvoltarea web (HTML5, React) și calculul în cloud. Participanții obțin un certificat Cimdata și pot dobândi calificări IHK.

Fundamente tehnice ale blockchain-ului și DLT

- **Institution:** OPEN vhb (Virtual University of Bavaria, TU München)
- **Link:** [OPEN vhb Course](#)
- **Descriere:** Un curs online gratuit, oferit de Universitatea Tehnică din München (TUM) în cadrul Strategiei Blockchain a Bavariei. Acesta furnizează o introducere structurată în elementele de bază ale criptografiei, straturile de protocol,

mecanismele de consens și implementarea contractelor inteligente. Sunt analizate sisteme concrete precum Bitcoin, Ethereum și Hyperledger.

3.1.2. Blockchain în învățământul superior

Germania se remarcă în Europa prin oferirea unor programe de masterat cuprinzătoare dedicate exclusiv tehnologiei blockchain, și nu doar prin includerea acesteia ca disciplină opțională în cadrul altor programe de studiu. Universitățile de Științe Aplicate (Fachhochschulen) și universitățile tehnice sunt lideri în acest domeniu, propunând programe academice riguroase care îmbină ingineria software, reglementarea juridică și managementul financiar.

Această specializare aprofundată permite formarea unor profesioniști înalt calificați, capabili să proiecteze arhitecturi distribuite complexe și modele economice bazate pe tokenuri.

Blockchain și tehnologii de tip registru distribuit (DLT), M.Sc.

- **Institution:** Mittweida University of Applied Sciences
- **Link:** [HS Mittweida Program](#)
- **Descriere:** Unul dintre primele programe de masterat specializate din Europa, dedicate în totalitate tehnologiei blockchain. Este un program orientat spre aplicații, care pregătește absolvenții pentru operarea infrastructurilor blockchain. Curriculumul include arhitecturi de tip registru distribuit (DLT), criptografie, economia tokenurilor și aspecte juridice, beneficiind de o cooperare strânsă cu industria, în special în domeniile fintech și Industria 4.0.

Tehnologia informației – Tehnologia blockchain, M.Eng.

- **Institution:** SRH University Heidelberg
- **Link:** [SRH Heidelberg Program](#)
- **Descriere:** Un program de masterat orientat spre practică, predat în limba engleză. Acesta combină ingineria software avansată și securitatea tehnologiei informației cu o specializare în sisteme blockchain. Modulele abordează dezvoltarea contractelor inteligente, aplicațiile descentralizate (DApps), performanța securității și modelele de afaceri bazate pe tokenizare. Studenții lucrează la proiecte aplicative, vizând roluri precum inginer blockchain sau arhitect de soluții.

Master în blockchain și active digitale, M.Sc.

- **Institution:** Frankfurt School of Finance & Management
- **Link:** [Frankfurt School](#)
- **Descriere:** Un program postuniversitar axat pe dimensiunile financiare și manageriale ale tehnologiei. Acesta acoperă piețele activelor digitale, custodia, conformitatea (compliance), finanțele descentralizate (DeFi) și fundamentele tehnice. Programul se adresează profesioniștilor din domeniul bancar și al consultanței care doresc să proiecteze produse financiare bazate pe blockchain.

Ingineria sistemelor bazate pe blockchain (module)

- **Institution:** Technical University of Munich (TUM)
- **Link:** [TUM sebis Chair](#)
- **Descriere:** Module specializate integrate în programele de studii de Informatică. Catedra de Ingineria Software oferă cursuri și laboratoare dedicate „Ingineriei sistemelor bazate pe blockchain”, care abordează protocoale de consens, identitatea descentralizată și guvernanta. Acestea sunt module orientate spre cercetare, disponibile studenților de la programele de masterat în informatică și sisteme informaționale.

3.2. SPANIA

Obiectivul principal al sistemului de formare profesională (Formación Profesional – FP) din Spania este de a dezvolta competențe și abilități în rândul studenților care răspund direct nevoilor pieței muncii. Conform cadrului educațional spaniol, FP este organizată pe două niveluri: formare profesională de nivel mediu și formare profesională de nivel superior. Ambele niveluri combină formarea practică, orientată spre angajare, în diferite domenii profesionale. Aceste programe sunt concepute în colaborare cu sectorul productiv, pentru a asigura o bună pregătire a absolvenților în vederea integrării pe piața muncii.

Odată cu avansul rapid al tehnologiei blockchain și cu prezența sa tot mai relevantă în sectoare precum finanțele, logistica și managementul lanțului de aprovizionare, a crescut gradul de conștientizare privind necesitatea integrării competențelor asociate acestei tehnologii în programele de formare profesională. Având în vedere că blockchain s-a impus ca un instrument-cheie pentru asigurarea tranzacțiilor sigure, transparente și descentralizate, companiile caută profesioniști capabili să o implementeze și să o gestioneze în medii reale de lucru.

Instituțiile spaniole au început recent implementarea unor cursuri de formare în domeniul blockchain, cu o orientare specifică către studenții din învățământul profesional și tehnic, care dețin competențe practice, imediat aplicabile pe piața muncii. Programele oferă studenților atât experiență teoretică, cât și practică, prin lucrul cu platforme blockchain precum Ethereum și Hyperledger, dezvoltarea de contracte inteligente, precum și abordarea considerațiilor etice și juridice legate de utilizarea acestei tehnologii.

3.2.1. Blockchain în învățământul profesional și tehnic (VET)

Ca răspuns la această cerere, unele instituții spaniole au început să ofere cursuri de formare în domeniul blockchain, destinate în mod specific studenților din învățământul profesional și tehnic. Aceste programe combină teoria cu practica, permițând studenților să lucreze cu platforme precum Ethereum și Hyperledger. Pe lângă

dobândirea competențelor privind dezvoltarea contractelor inteligente, cursurile abordează și aspecte etice și juridice asociate utilizării acestei tehnologii.

Curs în criptomonede: strategie, reglementare și psihologia investitorului

- **Institution:** CEF (Centro de Estudios Financieros)
- **Link:** [CEF Course](#)
- **Descriere:** Un curs online de scurtă durată (aprox. 20 de ore), adresat profesioniștilor din domeniul financiar care necesită o înțelegere actualizată a ecosistemului activelor cripto. Acesta acoperă fundamentele tehnologice ale blockchain-ului, rețele majore precum Bitcoin și Ethereum, precum și rolul burselor centralizate în raport cu cele descentralizate. În mod semnificativ, programa abordează cadrul european MiCA, reglementările spaniole și bunele practici în managementul riscului și psihologia investitorilor în piețe volatile.

Curs tehnic avansat în Blockchain

- **Institution:** INESEM Business School
- **Link:** [INESEM Course](#)
- **Descriere:** Un program online conceput pentru tehnicieni și profesioniști care urmăresc să lucreze cu infrastructuri blockchain. Acesta progresează de la fundamente conceptuale (DLT, mecanisme de consens, portofele digitale) către aplicații practice care implică contracte inteligente, NFT-uri și cazuri de utilizare DeFi. Cursul pune accent pe competențele aplicative, prin exerciții desfășurate atât pe rețele publice, cât și private.

Curs universitar în blockchain (certificare universitară + 5 ECTS)

- **Institution:** INESEM + Universidad Nebrija
- **Link:** [INESEM Accredited Course](#)
- **Descriere:** Un curs universitar de scurtă durată (5 ECTS), axat pe arhitectura blockchain, primitive criptografice, modele de tranzacționare și proiectarea contractelor inteligente. Studenții interacționează cu platforme precum Ethereum și altele similare. Programul este poziționat ca o opțiune formală de perfecționare pentru absolvenți și tehnicieni VET care doresc obținerea unei acreditări academice în domeniul fundamentelor blockchain.

Curs de specializare în Blockchain

- **Institution:** Deusto Formación
- **Link:** [Deusto Course](#)
- **Descriere:** Un curs profesional care combină o introducere în tehnologiile de tip registru distribuit cu module dedicate Web3, activelor cripto, tokenizării și contractelor inteligente. Programul oferă, de regulă, o certificare dublă (Deusto Formación și o universitate parteneră) și este puternic orientat către aplicații practice de afaceri, studii de caz și proiectarea de inițiative corporative bazate pe blockchain.

Blockchain: ecosistem și aplicații de afaceri

- **Institution:** Kursia Escuela de Formación
- **Link:** [Kursia Course](#)
- **Descriere:** Un curs online adresat managerilor, personalului din sectorul public și profesioniștilor care au nevoie de o înțelegere cuprinzătoare a tehnologiei blockchain, fără a intra în dezvoltare tehnică aprofundată. Acesta explică evoluția tehnologiei, tipurile de rețele și tokenomica, concentrându-se pe modele de afaceri, optimizarea proceselor și studii de caz reale din finanțe, administrație și industrie.

Curs de blockchain pentru afaceri

- **Institution:** IEBS Business School
- **Link:** [IEBS Course](#)
- **Descriere:** Un curs online de scurtă durată care explorează modul în care blockchain transformă modelele de afaceri și operațiunile organizaționale. Introduce fundamentele tehnologice, activele cripto și contractele inteligente, ghidând participanții în analiza propunerilor de valoare bazate pe blockchain și a aplicațiilor descentralizate (DApps). Se adresează antreprenorilor, consultanților și profesioniștilor din domeniul afacerilor digitale.

Curs despre Blockchain, Web3 și Metavers

- **Institution:** Campus Internacional de Blockchain
- **Link:** [Campus Blockchain Course](#)
- **Descriere:** Un program online specializat (aprox. 150 de ore), care combină conținut asincron cu sesiuni live. Acesta acoperă fundamentele tehnice, contractele inteligente, economiile bazate pe tokenuri, NFT-urile, DeFi și platformele de tip metavers. Programul este conceput explicit ca formare profesională pentru dezvoltatori, manageri de produs și inovatori care dezvoltă proiecte în ecosistemul Web3.

3.2.2. Blockchain în învățământul superior

În domeniul învățământului superior din Spania, mai multe universități au început să ofere programe specializate în tehnologia blockchain, cu scopul de a pregăti studenții pentru a face față provocărilor unui sector aflat într-o continuă expansiune. Aceste studii, desfășurate în majoritate la nivel de masterat, abordează atât aspectele tehnice, cât și pe cele economice și de reglementare ale acestei tehnologii. Scopul lor este de a forma profesioniști capabili să conducă proiecte în domenii precum fintech, transformarea digitală și finanțele descentralizate (DeFi).

Conținutul academic al acestor programe urmărește să realizeze un echilibru între teorie și practică, punând un accent deosebit pe dezvoltarea contractelor inteligente și pe proiectarea unor noi modele de afaceri bazate pe blockchain.

Master în Blockchain și Big Data

- **Institution:** Universidad Complutense de Madrid (UCM)
- **Link:** [Master UCM](#)
- **Descriere:** Program de masterat de 60 ECTS, oferit de Facultatea de Studii Statistice. Acesta combină într-un mod distinct formarea în tehnologia blockchain cu analiza Big Data. Studenții învață fundamentele rețelelor, dezvoltarea contractelor inteligente și a aplicațiilor descentralizate (DApps), dobândind în același timp competențe în analiza datelor, programare și procesare în timp real. Programul este orientat spre practică și include mentori din ecosistemul blockchain spaniol.

Master în tehnologii Blockchain și contracte inteligente

- **Institution:** Universidad de Salamanca
- **Link:** [USAL Master](#)
- **Descriere:** Program de masterat în format mixt/online (60 ECTS), care oferă o formare cuprinzătoare. Acesta îmbină module tehnice (DLT, criptografie, Ethereum, Bitcoin) cu conținut economic, de afaceri și juridic/reglementar. Asociat inițiativei CyberChain a universității, programul se adresează absolvenților din domeniile TIC, economie, afaceri și drept, interesați de specializarea în transformarea digitală.

Master în Blockchain, contracte inteligente și economia crypto

- **Institution:** Universidad de Alcalá
- **Link:** [UAH Master](#)
- **Descriere:** Program de masterat de formare continuă (60 ECTS), care oferă o perspectivă integrată asupra blockchain-ului, organizațiilor autonome descentralizate (DAOs), contractelor inteligente și activelor virtuale. Curriculumul este structurat pe o triplă perspectivă: tehnică (infrastructură, tokenomică), economico-financiară (DeFi, noi modele de afaceri) și juridico-reglementară (reglementări UE/spaniole). Programul este livrat integral online și se adresează profesioniștilor din domeniile TIC, afaceri și drept.

Master în blockchain și inovare digitală / diplomă

- **Institution:** Universitat Politècnica de València (UPV)
- **Link:** [UPV Diploma](#)
- **Descriere:** UPV oferă un parcurs modular de formare, care include un Master în blockchain și inovare digitală, precum și o diplomă de 30 ECTS. Aceste programe acoperă principalele variante de blockchain, criptomonedele, analiza datelor pentru Web3 și aplicațiile de afaceri ale NFT-urilor și metaversului, punând accent pe proiecte practice și pe roluri profesionale.

Master în Blockchain, active crypto și tokenizare

- **Institution:** Universidad Nebrija
- **Link:** [Nebrija Master](#)

- **Descriere:** Program oficial de masterat de 60 ECTS, axat atât pe aspectele tehnologice, cât și pe cele de afaceri ale blockchain-ului. Studenții studiază rețele publice și private (Bitcoin, Ethereum, Hyperledger), criptografia și dezvoltarea contractelor inteligente, alături de module juridice și de afaceri privind tokenizarea și finanțele digitale. Programul este puternic orientat spre angajabilitate, prin colaborări cu parteneri industriali.

Master în tehnologia Blockchain și criptoconomie

- **Institution:** Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
- **Link:** [Master UPV/EHU](#)
- **Descriere:** Program de masterat multidisciplinar de 60 ECTS, axat pe piloni fundamentali precum Bitcoin, criptografia, complexitatea algoritmică, teoria jocurilor, sistemele monetare și aspectele juridice. Programul include activități de programare în medii precum Bitcoin, Ethereum și Hyperledger. Se adresează absolvenților de științe și inginerie care doresc o specializare în Industria 4.0, finanțe sau servicii juridice.

3.3. ROMANIA

Obiectivul principal al sistemului de învățământ profesional și tehnic (Technical and Vocational Education and Training – VET) din România este de a oferi studenților competențe practice care răspund nevoilor pieței muncii. Acesta combină trasee de formare inițială la nivelul învățământului secundar superior cu un sector universitar divers și cu o gamă în creștere de programe de dezvoltare profesională continuă și de perfecționare. În ultimii ani, strategiile naționale de digitalizare și specializare inteligentă s-au concentrat pe competențele digitale avansate ca factor-cheie pentru creșterea competitivității și a inovării.

În acest context mai larg, tehnologia blockchain a început să se poziționeze ca un domeniu emergent, dar în rapidă expansiune. Începând aproximativ cu anul 2017, universități, centre de cercetare și furnizori de formare specializată din România au început să includă module și programe axate pe această tehnologie. Această evoluție este susținută de un ecosistem activ, care include peste 100 de companii și proiecte-pilot legate de blockchain, în sectoare precum fintech, identitate digitală, guvernare electronică, energie și educație (Holotescu et al., 2021). Ca urmare, s-a înregistrat o cerere în creștere pentru competențe specializate în tehnologiile de tip registru distribuit (Distributed Ledger Technologies – DLT), contracte inteligente și active cripto.

Ca răspuns la această evoluție, diverse departamente de informatică, inginerie, economie și finanțe au început să ofere cursuri sau module specifice dedicate tehnologiei blockchain, atât în programele de licență, cât și în cele de masterat. În plus, există programe executive, cursuri de scurtă durată și formări online. Inițiative strategice precum proiectul EBSI4RO (Connecting Romania through Blockchain) integrează

utilizarea blockchain-ului într-o agendă mai amplă de transformare digitală, promovând adoptarea Infrastructurii Europene de Servicii Blockchain (European Blockchain Services Infrastructure – EBSI) pentru utilizarea securizată a acreditărilor digitale și pentru stimularea inovării în sectorul public (EBSI4RO, 2022).

Deși adoptarea acestei tehnologii a avansat mai mult în învățământul superior și în dezvoltarea profesională continuă decât în formarea profesională inițială (nivelurile ISCED 3 și 4), oferta de cursuri de scurtă durată, mini-MOOC-uri și programe executive continuă să se extindă. Acest lucru facilitează accesul la formare specializată pentru profesioniștii din domeniul IT, personalul din sectorul public și antreprenori.

3.3.1. Blockchain în învățământul profesional și tehnic (VET)

Deși în România nu există încă calificări formale specifice în domeniul blockchain la nivelul învățământului profesional și tehnic secundar superior (formare profesională inițială – VET inițial), este disponibilă o gamă largă de programe postuniversitare, de formare continuă și de formare executivă. Aceste inițiative joacă un rol esențial în actualizarea competențelor și reconversia profesională a adulților (formare profesională continuă – VET continuu).

În general, aceste programe sunt intensive și pot avea o durată cuprinsă între câteva săptămâni și trei luni. Ele combină conținut teoretic de bază cu studii de caz și sesiuni practice de laborator, permițând participanților să dobândească cunoștințe care pot fi aplicate imediat în mediul lor profesional.

Antreprenoriat în Blockchain

- **Institution:** West University of Timișoara (postgraduate programme)
- **Link:** <https://admitere.uvt.ro/program/antreprenoriat-in-blockchain/>
- **Descriere:** Program postuniversitar în cadrul Facultății de Matematică și Informatică, conceput ca formare profesională continuă pentru absolvenți și profesioniști din domeniile TIC, finanțe, drept, administrație publică și alte sectoare. Programul combină: fundamentele tehnice ale blockchain-ului în sisteme descentralizate și cu permisiuni; oportunități antreprenoriale; modele de afaceri descentralizate; precum și module opționale privind aplicații în finanțe, energie, lanțuri de aprovizionare și educație, alături de programarea aplicațiilor blockchain pe diferite platforme. Certificatele de absolvire sunt emise și înregistrate pe blockchain, ceea ce face ca acest program să reprezinte o referință națională în îmbinarea dezvoltării competențelor cu acreditări digitale demonstrabile.

Tehnologia Blockchain: aplicare și inovare pentru transformarea afacerilor

- **Institution:** Executive Blockchain Laboratory (ICI Bucharest)
- **Link:** <https://www.executiveblockchainlaboratory.ro/executive-courses.php>
- **Descriere:** Curs executiv online cu durata de opt săptămâni, organizat de Executive Blockchain Laboratory al Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare

în Informatică (ICI București). Se adresează directorilor executivi, managerilor și factorilor de decizie din mediul de afaceri și administrația publică. Modulele abordează: fundamentele tehnologiei blockchain; arhitecturi blockchain pentru afaceri și securitate cibernetică; cazuri de utilizare în lanțurile de aprovizionare; arhitecturi de reziliență a sistemelor și de guvernare; precum și modele de afaceri bazate pe tokenuri și criptoconomie, în parteneriat cu Old Dominion University, Modex, Tailpath și Institutul de Criptoconomie al Universității din Viena (WU Vienna). Cursul se concentrează explicit pe strategii și inovare, sprijinind participanții în proiectarea de soluții bazate pe blockchain pentru propriile organizații.

EBSI4RO – Conectarea României prin Blockchain (mini-MOOC-uri și micro-acreditări)

- **Link:** <https://ebsi4ro.ro/romanian-blockchain-ecosystem/>
- **Descriere:** EBSI4RO este un proiect finanțat de Uniunea Europeană care pilotează utilizarea Infrastructurii Europene de Servicii Blockchain (European Blockchain Services Infrastructure – EBSI) pentru emiterea diplomelor și a micro-acreditărilor în România. Printre rezultatele proiectului se numără mai multe mini-MOOC-uri online, găzduite pe platforma Unicampus, axate pe tehnologia blockchain, cazuri de utilizare EBSI și acreditări verificabile pentru servicii publice și educație. Aceste cursuri pun accent pe integritatea datelor, servicii transfrontaliere de încredere și alinierea la prioritățile politicilor digitale ale UE și emit insigne digitale și certificate ancorate în blockchain.

Blockchain Intelligence Academy (BIA)

- **Institution:** ICI Bucharest & ChainArgos
- **Link:** <https://ici.ro/en/blockchain-intelligence-academy-bia/>
- **Descriere:** Inițiativă de formare public–privată axată pe analiza blockchain-ului, investigații privind activele cripto și criminalistică digitală, destinată autorităților de reglementare, instituțiilor financiare și agențiilor de aplicare a legii. Academia oferă cursuri modulare despre ecosistemul blockchain, urmărirea tranzacțiilor, conformitatea cu normele AML/CFT și pregătirea probelor pentru instanță. Deși nu este specifică unui sector anume, această focalizare pe guvernare, risc și conformitate este ușor transferabilă către activități de trasabilitate și monitorizare în industriile extractive.

3.3.2. Blockchain în învățământul superior

În domeniul învățământului superior, universitățile din România au integrat treptat cursuri și module specifice dedicate tehnologiei blockchain, contractelor inteligente și activelor cripto, atât în programele de licență, cât și în cele de masterat. Aceste discipline sunt integrate în principal în programe de studii precum informatică, tehnologia informației, inginerie și economie.

În plus, multe dintre aceste inițiative academice sunt susținute de grupuri de cercetare specializate și de alianțe strategice cu companii din sector. Acest lucru permite realizarea unei conexiuni directe între conținutul teoretic și nevoile reale ale pieței muncii.

Blockchain: fundamente și aplicații

- **Institution:** Alexandru Ioan Cuza University of Iași (Faculty of Computer Science)
- **Link:** https://edu.info.uaic.ro/blockchain/Blockchain_2024_2025_EN.pdf
- **Descriere:** Curs la nivel de masterat, oferit în cadrul mai multor programe de studii (Ingineria software, Sisteme distribuite, Securitatea informației, Studii avansate în informatică). Cursul acoperă: concepte de sisteme distribuite; mecanisme de consens și toleranță la defecte; primitive criptografice; principalele platforme blockchain publice și cu permisiuni; dezvoltarea contractelor inteligente (de exemplu, Ethereum); precum și evaluarea blockchain-ului ca infrastructură pentru diverse aplicații. Cursul a fost recunoscut de Asociația Patronală a Industriei de Software și Servicii din România (ANIS) ca inițiativă didactică inovatoare.

Blockchain: contracte inteligente

- **Institution:** Babeș-Bolyai University of Cluj-Napoca (Faculty of Mathematics and Computer Science)
- **Link:** https://www.cs.ubbcluj.ro/files/curricula/2025/syllabus/IG_sem6_MLE5157_en_craciunf_2025_10056.pdf
- **Descriere:** Curs opțional de licență (programul de Informatică), dedicat tehnologiei blockchain și contractelor inteligente. Programa include: introducere în fundamentele blockchain-ului; Bitcoin și Ethereum; modelul de execuție al contractelor inteligente; tipare de proiectare în Solidity; aplicații descentralizate (DApps); aspecte de securitate în Ethereum; strategii de minerit; și protocoale de consens. Activitățile de laborator ghidează studenții prin configurarea clienților Ethereum, utilizarea unor instrumente precum Ganache și Remix, precum și dezvoltarea și testarea contractelor inteligente.

Blockchain și Big Data în aplicații medicale

- **Institution:** National University of Science and Technology Politehnica Bucharest (Electronic, Telecommunications and Information Technology Faculty)
- **Link:** <https://etti.upb.ro/en/category/cursuri/master-cursuri/eim/>
- **Descriere:** Curs de nivel masterat în domeniul ingineriei biomedicale. Acesta abordează scenarii Big Data în domeniul sănătății (dosare medicale electronice, date din telemedicină, baze de date pentru studii clinice) și explorează modul în care tehnologia blockchain poate fi utilizată pentru a susține aplicații medicale distribuite, schimbul securizat de date și integritatea dosarelor medicale. Sesiunile de laborator se concentrează pe construirea și evaluarea soluțiilor de management al datelor susținute de blockchain, în contexte realiste de e-sănătate.

Blockchain, criptografie cuantică și securitatea plăților electronice / comerțului electronic

- **Institution:** Bucharest University of Economic Studies (Cybersecurity master)
- **Link:** <https://ism.ase.ro/curricula/cybersecurity-curricula-2022-2024/> ism.ase.ro
- **Descriere:** Curs din cadrul programului de masterat în securitatea TIC / securitate cibernetică. Conform programei oficiale, acesta combină tehnologiile blockchain cu criptografia cuantică și sistemele de plată securizate, abordând securitatea plăților online și offline, contractele inteligente și comerțul electronic securizat. Cursul oferă o perspectivă solidă juridico-tehnică și orientată spre conformitate, relevantă pentru transparența financiară, redevențe și taxe în industrii cu utilizare intensivă a resurselor.

3.4. CROAȚIA

În Croația, educația în domeniul blockchain începe să prindă contur ca parte a unui proces mai amplu de transformare digitală, atât în învățământul profesional și tehnic (VET), cât și în învățământul superior. Inițiative naționale precum programul „e-Școală” și strategia „Croația Digitală” creează premisele pentru integrarea tehnologiilor avansate în programele de studiu. La nivelul VET, reformele recente s-au concentrat pe competențe digitale transversale, deși nu există încă module specifice dedicate blockchain-ului în cadrul calificărilor oficiale. În prezent, formarea în acest domeniu s-a dezvoltat în principal prin cursuri de scurtă durată și prin educația non-formală a adulților, oferite de entități private.

În ceea ce privește sectorul pietrei naturale, Croația dispune de o instituție-cheie: Klesarska škola Pučišća (Școala de Pietrărie din Pučišća), care face parte din proiectul RockChain. Această școală reprezintă un reper european și a participat la proiecte de digitalizare precum BIMSTONE. Cu toate acestea, accentul actual rămâne pus pe meșteșug și siguranță, fără a include, pentru moment, conținuturi legate de tehnologia blockchain. Acest fapt confirmă că proiectul RockChain nu va duplica inițiativele existente, ci le va completa, acoperind o nevoie specifică situată la intersecția dintre meșteșugurile tradiționale și tehnologiile de trasabilitate.

În ceea ce privește sectorul pietrei naturale, Croația dispune de o instituție-cheie: Klesarska škola Pučišća (Școala de Pietrari din Pučišća), care face parte din proiectul RockChain. Această școală reprezintă un reper la nivel european și a fost implicată anterior în proiecte de digitalizare, precum BIMSTONE. Cu toate acestea, accentul actual al instituției rămâne orientat preponderent către meșteșug, competențe practice și siguranța în muncă, fără a include, în prezent, conținut educațional legat de tehnologiile blockchain. Această situație confirmă faptul că RockChain nu dublează inițiativele existente, ci le completează, adresând o nevoie specifică situată la intersecția dintre meșteșugurile tradiționale din sectorul pietrei naturale și tehnologiile digitale de trasabilitate.

3.4.1. Blockchain in Vocational Education and Training (VET)

În Croația, învățământul profesional și tehnic (VET) nu dispune încă de programe de studiu oficiale care să abordeze în mod specific tehnologia blockchain în cadrul sistemului public. Din cauza acestei absențe, responsabilitatea furnizării formării în acest domeniu a revenit sectorului privat și centrelor de educație a adulților.

Cursurile existente sunt, în general, de scurtă durată, intensive și orientate către îmbunătățirea rapidă a competențelor. În cea mai mare parte, acestea se concentrează pe două direcții principale: pe de o parte, componenta financiară a blockchain-ului, precum criptomonede și finanțele descentralizate (DeFi), adresată persoanelor interesate de investiții sau de autoînvățare; pe de altă parte, aplicațiile de afaceri ale acestei tehnologii, destinate antreprenorilor și managerilor de tehnologie din organizații.

Curs "Blockchain, criptomonede, DeFi"

- **Institution:** Učilište Astera (Strukovno učilište Krešimir)
- **Link:** [Učilište Astera](#)
- **Descriere:** Curs de nivel introductiv, cu o durată de 20 de ore, care urmărește familiarizarea participanților cu tehnologia blockchain și criptomonedele. Curriculumul acoperă noțiuni de bază despre blockchain, mecanismele tranzacțiilor, stocarea datelor și finanțele descentralizate (DeFi). De asemenea, oferă pași practici pentru securizarea portofelelor digitale și navigarea pe piețele crypto.

Blockchain în aplicații de afaceri

- **Institution:** Mirakul Edukacijski centar
- **Link:** [Mirakul Seminars](#)
- **Descriere:** Seminar de specialitate care prezintă blockchain-ul ca tehnologie distribuită pentru descentralizarea proceselor de afaceri. Programul analizează algoritmi de consens, integritatea datelor, semnăturile digitale și compară blockchain-ul cu bazele de date tradiționale. Accentul este pus în mod semnificativ pe contractele inteligente și pe cazuri reale de utilizare în mediul de afaceri.

Introducere în blockchain și contracte inteligente

- **Institution:** Web3.0 Workshops, Digitalna Dalmacija
- **Link:** [Digitalna Dalmacija](#)
- **Descriere:** Atelier orientat spre practică, desfășurat în cadrul ciclului WEB3.0. Din punct de vedere teoretic, explică tranzacțiile descentralizate și rolul condițiilor codificate în software. Din punct de vedere practic, participanții lucrează cu limbajul **Solidity** pentru a crea tokenuri ERC-20 și pentru a implementa contracte inteligente pe rețele de test Ethereum, abordând aspecte legate de taxele de tip *gas* și vulnerabilitățile de securitate.

3.4.2. Blockchain în învățământul superior

Spre deosebire de formarea profesională, instituțiile de învățământ superior din Croația au integrat cu succes conținuturi dedicate tehnologiei blockchain ca discipline opționale în cadrul unor programe de studii consacrate, în special în domeniile ingineriei și informaticii. Aceste module oferă o formare academică solidă, care depășește speculația de piață și se concentrează pe aspecte esențiale precum arhitectura sistemelor, criptografia și ingineria software.

Datorită acestei integrări, viitorii ingineri și specialiști în domeniul financiar nu doar dobândesc cunoștințe practice, ci și o bază teoretică solidă, care le permite să proiecteze, să auditeze și să aplice soluții descentralizate într-un mod sigur și bine fundamentat.

Registre distribuite și criptomonede

- **Institution:** University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing (FER)
- **Link:** [FER Course Details](#)
- **Descriere:** Curs postuniversitar de specialitate de 4 ECTS, care oferă o înțelegere aprofundată a tehnologiilor de tip registru distribuit (DLT). Programa acoperă structuri de date distribuite, sisteme de luare a deciziilor și tipuri de arhitecturi. Literatura de bază include standarde tehnice consacrate, precum *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies* (Narayanan et al.) și *Mastering Ethereum* (Antonopoulos & Wood).

Tehnologia Blockchain și criptomonedele (DR4I-11-18)

- **Institution:** Josip Juraj Strossmayer University of Osijek (FERIT)
- **Link:** [FERIT Curriculum \(PDF\)](#)
- **Descriere:** Curs opțional de 5 ECTS în cadrul programului de masterat în Inginerie Calculatoare. Acesta introduce rețelele peer-to-peer (P2P), sistemele bazate pe grafuri aciclice direcționate (DAG) și distincția dintre lanțurile publice și cele private. Conținutul include funcții hash, algoritmi de consens și aplicații practice, susținute prin prelegeri și exerciții de laborator.

FinTech I – Transformarea serviciilor financiare

- **Institution:** Algebra Bernays University
- **Link:** [Algebra University](#)
- **Descriere:** Modul din cadrul programului de licență *Economia afacerilor digitale*. Acesta analizează modul în care tehnologiile digitale remodelează serviciile financiare și le permite studenților să exploreze tendințele fintech, realizând conexiuni între perspectivele de management economic și fundamentele tehnologice ale finanțelor descentralizate și ale criptomonedelor.

4. ANALIZA REZULTATELOR

Acest capitol prezintă o analiză comparativă a programelor de educație în domeniul blockchain din țările participante. Obiectivul principal este evaluarea gradului în care programele de studiu existente sunt aliniate cu obiectivele strategice ale proiectului.

Prin intermediul unei analize sistematice a abordărilor academice, a competențelor dobândite și a aplicațiilor practice, analiza urmărește identificarea atât a bunelor practici, cât și a lacunelor semnificative. Aceste constatări constituie baza pentru formularea unor recomandări concrete menite să îmbunătățească integrarea tehnologiei blockchain în programele de formare. În plus, studiul evidențiază modul în care formarea profesională actuală abordează — sau, în unele cazuri, nu reușește să abordeze — principalele provocări din domenii-cheie în care finanțele, tehnologia și sustenabilitatea mediului se intersectează.

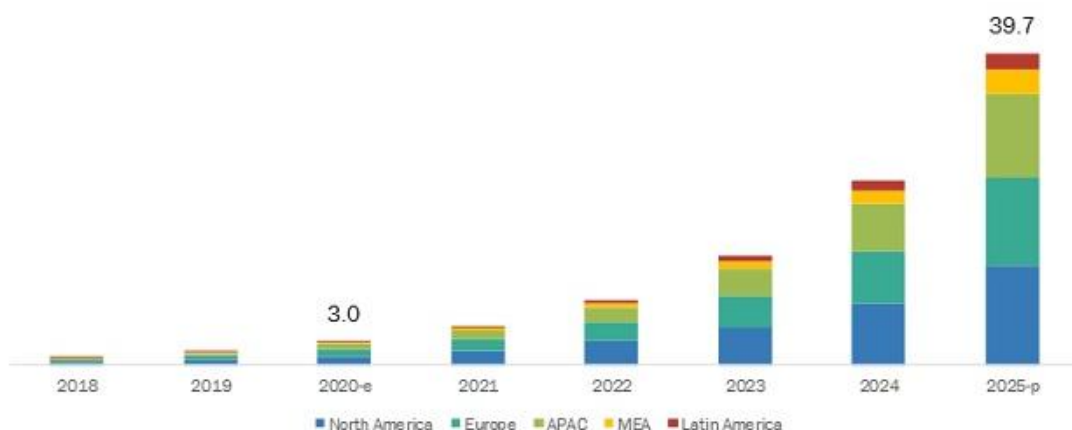


Figura 7: Piața blockchain, pe regiuni (miliarde USD).

4.1. GERMANIA

Obiectivul principal al proiectului RockChain este dezvoltarea unui curriculum specializat în domeniul blockchain, axat pe industria pietrei naturale, cu un accent deosebit pe gestionarea deșeurilor și sustenabilitate. Germania reprezintă un context foarte favorabil pentru această inițiativă, întrucât dispune de o ofertă largă și avansată de programe de formare în domeniul blockchain, incluzând programe de masterat specializate, cursuri intensive de formare profesională continuă și MOOC-uri susținute de strategii digitale regionale.

Cu toate acestea, la fel ca în celelalte țări partenere ale proiectului, niciunul dintre aceste programe nu este orientat în mod specific către sectorul pietrei naturale, exploatarea de carieră sau gestionarea deșeurilor industriale. Majoritatea se concentrează pe competențe transversale de nivel înalt, precum infrastructurile de tip registru distribuit,

activele cripto, contractele inteligente și inovația Web3. Deși aceste cunoștințe pot fi adaptate la scenarii din minerit și economia circulară, ele nu sunt încă aplicate direct în aceste contexte.

4.1.1. Blockchain aplicat industriei și sustenabilității

Programele din Germania prezintă o orientare puternică către aplicații reale în industrie și mediul de afaceri, însă se concentrează în principal pe sectoare precum finanțele, logistica, producția industrială și administrația publică. De exemplu, programul de masterat de la Universitatea din Mittweida pregătește studenții pentru proiectarea și operarea infrastructurilor blockchain în domeniul fintech și al Industriei 4.0, cu accent pe economia tokenurilor și proiectarea aplicațiilor. În mod similar, programul SRH Heidelberg vizează profiluri precum inginer blockchain sau arhitect de soluții, punând accent pe securitatea și performanța sistemelor.

Cursurile de formare profesională continuă, precum cele oferite de Fraunhofer FIT și Cimdata, se concentrează pe optimizarea proceselor de afaceri și pe înregistrarea securizată a tranzacțiilor. Competențele predate (precum cartografierea proceselor, tokenizarea activelor și integritatea datelor) sunt direct aplicabile lanțurilor de trasabilitate industrială. Deși programele actuale nu menționează în mod explicit blocurile de piatră din cariere sau deșeurile din piatră, principiile tehnice necesare sunt deja prezente.

În plus, Strategia Națională Blockchain a Germaniei (2019) poziționează această tehnologie ca un instrument transversal pentru sectoare precum energia, mobilitatea și industria. Acest lucru creează un cadru de reglementare favorabil proiectelor-pilot axate pe sustenabilitate. Deși programele educaționale continuă să utilizeze studii de caz generice, precum plățile sau identitatea digitală, această strategie deschide calea pentru introducerea unor studii de caz axate pe analiza fluxurilor de materiale, contabilizarea emisiilor de carbon și reducerea deșeurilor în industrii cu consum intensiv de resurse.

4.1.2. Integrarea cu mediul înconjurător

Temele economiei circulare și ale sustenabilității nu ocupă încă un loc central în programele de formare blockchain din Germania. Programele specializate tind să prioritizeze eficiența, automatizarea și încrederea digitală, în detrimentul indicatorilor de mediu sau al evaluărilor ciclului de viață (Life Cycle Assessment – LCA). Cu toate acestea, există elemente-cheie care pot servi drept bază pentru curriculumul RockChain:

- Lanțuri de aprovizionare și Industria 4.0: Programe precum cele de la Mittweida și Frankfurt School explorează tokenizarea activelor, care poate fi ușor adaptată pentru urmărirea blocurilor de carieră sau a fracțiilor de deșeuri.
- Integritatea datelor și conformitatea: Cursuri precum cele oferite prin OPEN vhb sau TUM pun accent pe imuabilitatea și trasabilitatea datelor, elemente esențiale pentru raportări de mediu fiabile și pașapoarte digitale ale produselor.

- Strategii digitale regionale: Inițiative precum Block.Chain.Trust din Bavaria promovează utilizarea blockchain-ului ca infrastructură digitală de încredere, cu potențial pentru proiecte de trasabilitate de mediu în sectorul manufacturier.

Deși referințele directe la materiile prime secundare sunt rare, fundamentele tehnice și de reglementare necesare pentru dezvoltarea unor module de mediu specifice în contextul pietrei naturale sunt deja existente.

4.1.3. Accent pe reglementare și conformitate

Programele din Germania acordă o importanță deosebită aspectelor de reglementare, conformitate și management al riscurilor, în special în sectorul financiar. De exemplu, programul de masterat *Blockchain & Digital Assets* de la Frankfurt School dedică o parte semnificativă a curriculumului aspectelor legate de custodie, guvernare și riscurile asociate activelor cripto. În mod similar, seminarele HKBiS abordează probleme juridice legate de utilizarea blockchain-ului în mediul de afaceri.

Aceste competențe juridico-tehnice sunt extrem de valoroase pentru sectorul pietrei naturale, care funcționează sub reglementări stricte de mediu și siguranță. Printre conceptele ușor aplicabile se numără:

- înregistrări imuabile pentru inspecții miniere sau autorizații;
- garanții sau obligațiuni tokenizate pentru aspecte de mediu;
- verificarea automată a conformității cu reglementările prin intermediul contractelor inteligente.

Ceea ce lipsește în prezent este o legătură clară între aceste capabilități orientate spre conformitate și cerințele specifice ale legislației miniere și de mediu.

4.1.4. Proiecte finale și studii de caz

Învățământul superior din Germania integrează frecvent proiecte aplicative și studii de caz ca parte a metodologiei didactice. La Mittweida și SRH Heidelberg, de exemplu, studenții colaborează cu companii pentru dezvoltarea unor aplicații blockchain concrete. În formarea profesională continuă, instituții precum Fraunhofer FIT și Cimdada se concentrează pe prototipare și proiectarea contractelor inteligente.

Aceste formate oferă o oportunitate excelentă pentru proiectul RockChain, fără a fi necesară modificarea structurii programelor existente. Printre adaptările posibile se numără:

- Reorientarea proiectelor: focalizarea proiectelor finale pe trasabilitatea produselor din piatră și a deșeurilor.
- Proiectarea mecanismelor de stimulare: regândirea exercițiilor de afaceri pentru a include stimulente tokenizate orientate spre prevenirea generării de deșeuri.
- Studii de caz de reglementare: orientarea analizelor de conformitate către industriile extractive și construcțiile circulare, în locul sectorului financiar.

Metodologia există deja; este necesară doar ajustarea focusului tematic.

4.1.5. Concluzie generală

Formarea în domeniul blockchain din Germania este avansată, diversificată și bine aliniată cu strategiile digitale ale țării. Programele analizate oferă o bază tehnică solidă în criptografie, un accent clar pe aplicații industriale (în special în Industria 4.0) și o orientare puternică către conformitate, reglementare și managementul datelor.

Cu toate acestea, oferta rămâne una generalistă. Sustenabilitatea mediului apare mai degrabă ca un beneficiu secundar (prin îmbunătățiri ale eficienței sau trasabilității) decât ca un obiectiv explicit de învățare. Pentru proiectul RockChain, nu este necesară crearea unor programe de studiu noi de la zero. Strategia cea mai eficientă constă în valorificarea acestei infrastructuri „orizontale” existente și completarea ei cu conținut specializat.

Prin introducerea unor module opționale sau studii de caz axate pe piatra naturală și economia circulară, RockChain poate pregăti absolvenții să aplice tehnologia blockchain nu doar în domeniul financiar, ci și pentru provocările reale ale sustenabilității în extracția și prelucrarea pietrei și în gestionarea eficientă a deșeurilor din piatră.

4.2. SPANIA

Obiectivul principal al proiectului RockChain este dezvoltarea unui curriculum specializat în tehnologia blockchain, axat pe industria pietrei naturale și cu o componentă puternică de gestionare a deșeurilor și de practici sustenabile. În acest scop, a fost realizată o analiză comparativă a diferitelor programe de formare în domeniul blockchain din Spania, pentru a identifica elementele transferabile și pentru a evalua în ce măsură acestea abordează aspecte legate de activitățile miniere sau de mediu.

4.2.1. Blockchain aplicat industriei și sustenabilității

Niciunul dintre programele analizate nu abordează în mod direct industriile extractive sau valorificarea deșeurilor. Cu toate acestea, programe precum Masterul în Blockchain și Big Data de la Universitatea Complutense din Madrid (UCM) sau Masterul în Blockchain și Web3 de la Universitatea Europeană includ module solide dedicate aplicațiilor industriale și de afaceri. Aceste conținuturi sunt foarte ușor de adaptat, întrucât logica lanțurilor de aprovizionare industriale poate fi aplicată și practicilor miniere sustenabile, precum și gestionării deșeurilor în industria pietrei.

4.2.2. Integrarea blockchain-ului cu mediul

Deși sectoare precum cel al pietrei naturale nu sunt menționate în mod explicit, programele analizate pun un accent deosebit pe transparență și trasabilitate, două caracteristici-cheie ale tehnologiei blockchain, extrem de utile pentru monitorizarea impactului asupra mediului. De exemplu, cursul Blockchain and Business Ecosystems

oferit de Kursia se concentrează pe îmbunătățirea managementului afacerilor, ceea ce oferă o bază solidă pentru dezvoltarea unor soluții de trasabilitate a resurselor, esențiale pentru măsurarea și reducerea impactului în operațiunile miniere.

4.2.3. Accent pe legislație și conformitate

Cursul CEF privind aspectele juridice ale blockchain-ului oferă o prezentare cuprinzătoare a cadrului de reglementare, un element critic pentru sectorul minier, în special în ceea ce privește gestionarea deșeurilor și obligațiile legale. Alte programe, precum cele oferite de Blockchain Intelligence, includ de asemenea module esențiale dedicate legislației. Acestea permit profesioniștilor să implementeze sisteme care asigură transparența și trasabilitatea în gestionarea deșeurilor miniere, în conformitate cu cele mai stricte reglementări europene.

4.2.4. Proiecte finale și studii de caz

Multe programe universitare, precum masteratul în Blockchain și active cripto de la Universitatea Nebrija, se finalizează cu proiecte aplicative sau studii de caz. Această etapă reprezintă o oportunitate semnificativă: studenții pot fi îndrumați să dezvolte soluții specifice pentru industria pietrei naturale. Acest lucru încurajează aplicarea imediată a cunoștințelor dobândite în contexte reale, precum trasabilitatea materialelor sau implementarea unor sisteme circulare pentru gestionarea deșeurilor din cariere.

4.2.5. Concluzii generale

Deși cursurile actuale nu se concentrează în mod direct pe industria pietrei sau pe provocări de mediu specifice, acestea includ elemente-cheie — precum trasabilitatea, transparența și gestionarea resurselor — care sunt perfect aplicabile acestui sector. Capacitățile tehnologiei blockchain de a urmări originea materialelor, de a automatiza procesele prin contracte inteligente și de a asigura conformitatea cu reglementările o transformă într-un instrument cu un potențial semnificativ de a transforma activitățile miniere într-un mod sustenabil. În plus, integrarea Big Data și a analizei datelor în programe precum cele ale UCM este deosebit de relevantă pentru optimizarea proceselor, reducerea amprentei de mediu și îmbunătățirea valorificării deșeurilor.

În concluzie, analiza sugerează existența unui potențial ridicat pentru adaptarea conținuturilor actuale sau pentru dezvoltarea unor module complementare specifice. Aceste module ar trebui să valorifice principiile fundamentale ale blockchain-ului pentru a răspunde direct nevoilor particulare ale sectorului minier, cu un accent clar pe sustenabilitatea mediului.

4.3. ROMÂNIA

Analiza ofertelor educaționale în domeniul blockchain din România evidențiază un ecosistem dinamic și aflat într-o evoluție constantă. Cu toate acestea, niciunul dintre

programele identificate nu este axat în mod direct pe exploatarea pietrei naturale sau pe gestionarea deșeurilor din cariere. Majoritatea programelor actuale acordă prioritate aplicațiilor de afaceri, securității digitale, inovării în sectorul public și studiilor de caz practice din domenii precum energia, sănătatea și finanțele.

4.3.1. Blockchain aplicat industriei și sustenabilități

Programele din România prezintă un accent clar pe aplicațiile din lumea reală în mediul de afaceri și industrie. Un exemplu relevant este cursul postuniversitar Antreprenoriat în blockchain de la Universitatea de Vest din Timișoara, care combină fundamentele tehnologiilor de tip registru distribuit cu module specializate în domenii precum finanțele, energia și lanțurile de aprovizionare. Această abordare încurajează participanții să proiecteze modele de afaceri inovatoare și soluții adaptate unor sectoare specifice.

La nivel executiv, cursul Tehnologia blockchain: aplicații și inovare pentru transformarea afacerilor, coordonat de ICI București, se adresează managerilor și factorilor de decizie din companii și instituții publice. În acest caz, accentul nu este pus pe aspectele tehnice, ci pe transformarea organizațională, modelele de afaceri bazate pe tokenuri și reproiectarea proceselor.

Deși aceste programe nu se concentrează în mod explicit pe minerit sau pe prelucrarea pietrei, accentul pus pe managementul proceselor și pe lanțurile de aprovizionare este extrem de ușor adaptabil. Metodologiile utilizate pentru urmărirea bunurilor în logistică sau pentru proiectarea mecanismelor de stimulare în piețele energetice pot fi aplicate eficient la urmărirea fluxului de materiale — de la carieră la unitatea de procesare — sau la conceperea unor scheme de stimulare tokenizate pentru promovarea reutilizării deșeurilor și a practicilor circulare în sectorul pietrei ornamentale.

4.3.2. Integrarea blockchain-ului cu mediul

Deși sustenabilitatea mediului nu reprezintă încă un obiectiv central în programele blockchain din România, există puncte strategice de intrare. În cadrul cursului Antreprenoriat în blockchain, un modul opțional dedicat energiei permite studenților să exploreze subiecte precum tranzacționarea energiei electrice din surse regenerabile, contabilizarea emisiilor de carbon și rețelele inteligente (*smart grids*), toate fiind strâns legate de eficiența resurselor și politicile climatice.

La nivel de ecosistem, raportul Romanian Blockchain Ecosystem evidențiază inițiative precum platforma RED a companiei Restart Energy, care combină blockchain-ul și Internetul Lucrurilor (IoT) pentru a permite tranzacționarea *peer-to-peer* a energiei verzi. De asemenea, sunt menționate proiecte-pilot de trasabilitate în sectorul agroalimentar, dezvoltate în cadrul programelor AgTech. Deși aceste teme nu sunt încă pe deplin integrate în programele educaționale, ele demonstrează potențialul tehnologiei blockchain de a sprijini tranziția energetică, trasabilitatea și economia circulară.

Proiectul EBSI4RO consolidează această direcție prin oferirea de mini-MOOC-uri dedicate Infrastructurii Europene de Servicii Blockchain (EBSI), acreditărilor verificabile și priorităților digitale ale Uniunii Europene. Deși aceste formări nu sunt orientate direct către mediu, ele dezvoltă capacități-cheie precum schimbul fiabil de date și interoperabilitatea transfrontalieră, utile pentru raportarea de mediu, documentarea transferurilor de deșeuri și urmărirea materiilor prime secundare în industria pietrei.

4.3.3. Accent pe legislație și conformitate

Unul dintre punctele forte ale educației din România îl constituie accentul pus pe securitate, conformitate cu reglementările și utilizările investigative ale tehnologiei blockchain. De exemplu, cursul Blockchain, criptografie cuantică și securitatea plăților electronice / comerțului electronic de la Academia de Studii Economice din București (ASE), inclus în programul de masterat în securitate IT&C, combină blockchain-ul cu sisteme de plată securizate, contracte inteligente și aspecte de reglementare ale mediului digital. Acest tip de formare este deosebit de valoros pentru sectorul minier, unde transparența redevențelor, concesiunilor și taxelor este esențială.

În paralel, Blockchain Intelligence Academy (BIA), un parteneriat public–privat între ICI București și ChainArgos, oferă formare specializată în domeniul activelor crypto, investigațiilor digitale și criminalisticii blockchain. Aceste competențe pot fi aplicate în proiectarea unor modele de guvernare pentru deșeurile miniere, asigurând trasabilitatea fluxurilor de materiale și respectarea strictă a reglementărilor europene de mediu.

4.3.4. Proiecte finale și studii de caz

Majoritatea programelor din România combină cursurile teoretice cu activități practice de laborator, proiecte sau studii de caz. Un exemplu este cursul Blockchain și Big Data în aplicații medicale de la Universitatea Politehnica din București, unde studenții sunt solicitați să proiecteze și să testeze aplicații distribuite pentru dosare medicale, integrând blockchain-ul, Big Data și protecția vieții private.

Mini-MOOC-urile EBSI4RO sunt, de asemenea, structurate în jurul unor activități practice și sarcini care conduc la obținerea de micro-acreditări. În același timp, cursul Antreprenoriat în blockchain încurajează dezvoltarea de soluții aplicate unor sectoare specifice, precum energia sau lanțurile de aprovizionare. Combinarea acestor formate cu proiecte reale din ecosistemul românesc, cum ar fi piața energiei verzi sau instrumentele de trasabilitate, creează un mediu favorabil introducerii metodologiilor bazate pe proiecte, orientate către cariere, unități de procesare și fluxuri de deșeuri.

4.3.5. Concluzii generale

În concluzie, programele de formare în domeniul blockchain existente în România nu abordează încă în mod direct exploatarea pietrei naturale sau gestionarea deșeurilor

industriale. Cu toate acestea, ele prezintă mai multe puncte forte care se aliniază obiectivelor proiectului RockChain:

- Aplicabilitate practică și orientare sectorială: Se acordă prioritate aplicațiilor din lumea reală în sectoare precum finanțele, energia, sănătatea și lanțurile de aprovizionare, ceea ce facilitează adaptarea conținutului la contextul carierelor și al prelucrării pietrei.
- Accent pe securitate și conformitate: Datorită cursurilor specializate și activității Blockchain Intelligence Academy, există o bază solidă pentru proiectarea unor sisteme care să asigure trasabilitatea și transparența licențelor miniere și a gestionării deșeurilor.
- Formare bazată pe proiecte: Cursurile universitare existente și mini-MOOC-urile includ deja componente practice care pot fi reorientate către scenarii de economie circulară în industria pietrei.
- Conectarea cu infrastructuri europene: Relația strânsă cu EBSI facilitează interoperabilitatea datelor și a serviciilor la nivel european, esențială pentru urmărirea materialelor reciclate și a produselor din piatră în cadrul pieței unice.

Prin urmare, în cazul României, nu este necesară construirea de la zero a unui curriculum blockchain destinat sectorului minier. O strategie mai eficientă constă în extinderea programelor existente prin module și studii de caz specifice pietrei naturale, deșeurilor de carieră și sustenabilității mediului, valorificând expertiza deja consolidată a țării în domenii precum integritatea datelor, contractele inteligente, identitatea digitală și reglementarea.

4.4. CROAȚIA

Analiza ofertelor educaționale din Croația evidențiază un peisaj fragmentat, dar aflat în evoluție. Formarea în domeniul blockchain este disponibilă în principal prin cursuri de scurtă durată, orientate spre practică, și prin module specializate integrate în programe universitare din domenii precum informatica sau afacerile digitale. Cu toate acestea, în prezent nu există programe legate în mod direct de sectorul pietrei naturale sau de gestionarea deșeurilor industriale. Majoritatea formărilor se concentrează pe criptomonedă, finanțe descentralizate (DeFi) și aplicații de afaceri.

În pofida acestui fapt, strategii naționale precum „Digital Croatia” și inițiativele din domeniul inteligenței artificiale creează un mediu favorabil extinderii acestor competențe către noi domenii, precum managementul carierelor și economia circulară.

4.4.1. Blockchain aplicat industriei și sustenabilității

Niciunul dintre programele identificate nu abordează în mod direct piatra naturală, activitățile de extracție sau reutilizarea deșeurilor. Cursuri precum Tečaj Blockchain, kriptovalute, DeFi (Učilište Astera) se concentrează pe fundamentele blockchain-ului și

pe managementul financiar (de exemplu, portofele și active cripto). În mod similar, seminarul Blockchain u poslovnim primjenama organizat de centrul educațional Mirakul prezintă blockchain-ul ca instrument pentru înregistrarea securizată a tranzacțiilor și automatizarea proceselor de afaceri.

La nivel universitar, cursuri precum Distributed Ledgers and Cryptocurrencies (Universitatea din Zagreb, FER) și Blockchain Technology (FERIT) analizează în profunzime funcționarea tehnică a mecanismelor de consens și a arhitecturilor distribuite. Modulul FinTech I de la Algebra Bernays University plasează blockchain-ul în contextul transformării digitale a serviciilor financiare.

Este important de menționat că toate aceste programe au în comun un accent puternic pe transparență, trasabilitate și securitatea înregistrării tranzacțiilor. Aceste capacități sunt pe deplin transferabile către lanțurile valorice industriale, inclusiv extracția, prelucrarea pietrei și fluxurile de deșeuri, chiar dacă nu sunt încă predate în acest scop specific.

4.4.2. Integrarea blockchain-ului cu mediul

În prezent, sustenabilitatea și economia circulară nu ocupă un loc central în cursurile de blockchain din Croația. Majoritatea conținuturilor se concentrează pe eficiența financiară și ecosistemele Web3, cu referințe indirecte la sustenabilitate (precum îmbunătățirea proceselor sau reducerea intermediarilor).

Cu toate acestea, contextul politic este în evoluție. Strategia „Digital Croatia 2032” identifică blockchain-ul drept o tehnologie-cheie pentru economia digitală și serviciile publice. În paralel, proiectele-pilot recente din 53 de școli profesionale, care integrează inteligența artificială, demonstrează deschiderea către includerea tehnologiilor emergente în programele educaționale. Acest cadru favorizează introducerea unor soluții precum trasabilitatea de mediu sau pașapoartele digitale ale produselor în sectoare cu utilizare intensivă a materialelor.

În sectorul pietrei ornamentale, proiectul INCLUSIVestone a introdus deja instrumente digitale precum simulatoarele de realitate virtuală pentru formarea profesională. Această experiență demonstrează că partenerii croați lucrează deja cu medii de formare bazate pe date și pot completa acum această bază cu sisteme de trasabilitate bazate pe blockchain, care închid circuitul dintre inovația digitală și sustenabilitatea mediului.

4.4.3. Accent pe legislație și conformitate

Deși nu există cursuri specifice dedicate legislației miniere, mai multe programe abordează aspecte juridice și de conformitate dintr-o perspectivă generală. Seminarele orientate spre afaceri (precum cele oferite de Mirakul) tratează subiecte precum semnăturile digitale și integritatea datelor, elemente-cheie pentru procesele de audit. Modulele FinTech, precum cele oferite de Algebra Bernays, explorează cadrele de reglementare asociate activelor digitale și protecției consumatorilor.

În plus, cadrul Croatia Digital promovează infrastructuri digitale sigure și soluții open-source pentru sectorul public. Aceste direcții de acțiune sunt deosebit de relevante pentru minerit și gestionarea deșeurilor, unde sistemele de trasabilitate trebuie să respecte reglementări europene stricte de mediu. Competențele de bază în managementul securizat al datelor și trasabilitate sunt deja prezente și pot fi ușor orientate către conformitatea cu reglementările în contexte extractive.

4.4.4. Proiecte finale și studii de caz

Numeroase cursuri din Croația includ componente practice. Atelierele organizate de Digitalna Dalmacija permit participanților să programeze contracte inteligente folosind limbajul Solidity. La nivel universitar (FER, FERIT), studenții lucrează în laboratoare și la proiecte în care proiectează aplicații descentralizate.

Acest format este ideal pentru reorientarea studiilor de caz. În loc să se concentreze exclusiv pe tokenuri financiare, studenții ar putea dezvolta sisteme de urmărire pentru operațiunile din cariere sau pentru lanțurile de aprovizionare ale produselor din piatră. Integrarea sarcinilor practice privind trasabilitatea bazată pe blockchain ar permite conectarea operațiunilor fizice cu înregistrări digitale fiabile.

4.4.5. Concluzii generale

În Croația, educația în domeniul blockchain nu abordează încă în mod direct sectorul pietrei naturale. Oportunitățile de formare sunt împărțite între cursuri scurte, nereglementate, și module universitare specializate în inginerie. Cu toate acestea, există mai multe puncte forte care coincid cu obiectivele proiectului RockChain:

- Formare practică: o tradiție solidă a atelierelor și a învățării bazate pe proiecte, atât în formarea profesională, cât și în mediul universitar;
- Orientare spre afaceri: atenție acordată optimizării proceselor și integrității datelor, esențiale pentru trasabilitatea industrială;
- Sprijin instituțional: existența unei strategii naționale care promovează explicit competențele digitale avansate;
- Experiență anterioară în sector: utilizarea instrumentelor digitale în formarea profesională din sectorul pietrei.

Prin urmare, nu este necesară crearea de la zero a unui nou sistem educațional. Strategia cea mai eficientă constă în extinderea programelor tehnice și de afaceri existente prin module specifice dedicate operațiunilor din cariere și sustenabilității. Acest lucru permite Croației să valorifice experiența deja acumulată pentru a răspunde provocărilor reale ale sectorului pietrei ornamentale dintr-o perspectivă mai sustenabilă și mai tehnologică.

5. BUNE PRACTICI

O analiză comparativă a programelor de studiu în domeniul blockchain din Spania, România, Croația și Germania evidențiază mai multe elemente comune celor mai eficiente programe din învățământul profesional și tehnic, învățământul superior și formarea profesională continuă. În același timp, aceasta scoate în evidență curențe recurente, deosebit de relevante pentru un proiect axat pe piatra naturală, economia circulară și gestionarea deșeurilor.

5.1. Caracteristici comune ale unor programe de învățământ blockchain eficiente

Structură progresivă a învățării:

Programele eficiente tind să urmeze o ordine logică: mai întâi sunt abordate fundamentele tehnice și conceptuale (precum registrele distribuite, criptografia, mecanismele de consens și contractele inteligente), apoi platformele (blockchain-uri publice și private, cadre enterprise), iar în final aplicațiile în sectoare specifice (finanțe, logistică sau identitate digitală). Această succesiune este observată în programele de masterat din Spania, cursurile din România, modulele universitare din Croația și programele de masterat din Germania.

Învățare bazată pe proiecte:

Un alt element constant este importanța practicii. În Spania, România și Germania, cursurile teoretice sunt combinate cu laboratoare, studii de caz și proiecte finale. Studenții proiectează contracte inteligente, lucrează cu rețele de testare și analizează modele de afaceri reale. Chiar și în Croația, atelierele de scurtă durată includ exerciții practice, precum configurarea portofelelor sau executarea tranzacțiilor. Acest lucru demonstrează că o educație blockchain cu adevărat utilă nu se limitează la teorie, ci include experimentarea cu date reale sau simulate.

Abordare interdisciplinară:

Fiecare țară aduce o nuanță diferită interdisciplinarității:

- Spania: blockchain-ul este asociat cu afacerile și transformarea digitală.
- România: asociere cu securitatea cibernetică, conformitatea și analiza criminalistică.
- Croația: integrare cu afacerile digitale și ecosistemele Web3.
- Germania: conexiune cu Industria 4.0 și știința datelor.

În toate cazurile, blockchain-ul este predat ca o infrastructură care interacționează cu procesele organizaționale și cadrul de reglementare, nu ca un subiect tehnic izolat.

Modularitate și flexibilitate:

Coexistența programelor de masterat cuprinzătoare, a cursurilor executive, a MOOC-urilor și a micro-acreditărilor permite adresarea atât a persoanelor aflate la început de drum, cât și a celor care doresc să își actualizeze sau să își extindă competențele.

5.2. Lacune și lecții pentru un proiect axat pe piatră și economia circulară

În pofida acestor aspecte pozitive, analiza evidențiază o lacună constantă în programele celor patru țări: majoritatea sunt neutre din punct de vedere sectorial sau axate pe domeniul financiar. Atunci când sunt abordate aspecte legate de mediu sau economia circulară, acestea apar de regulă în contexte precum piețele energetice sau trasabilitatea agroalimentară, și nu în legătură cu resursele minerale sau materialele de construcții. Nu a fost identificat niciun curriculum care să abordeze în mod sistematic aplicațiile blockchain pentru piatra naturală, deșeurile de carieră sau produsele reciclate pe bază de piatră.

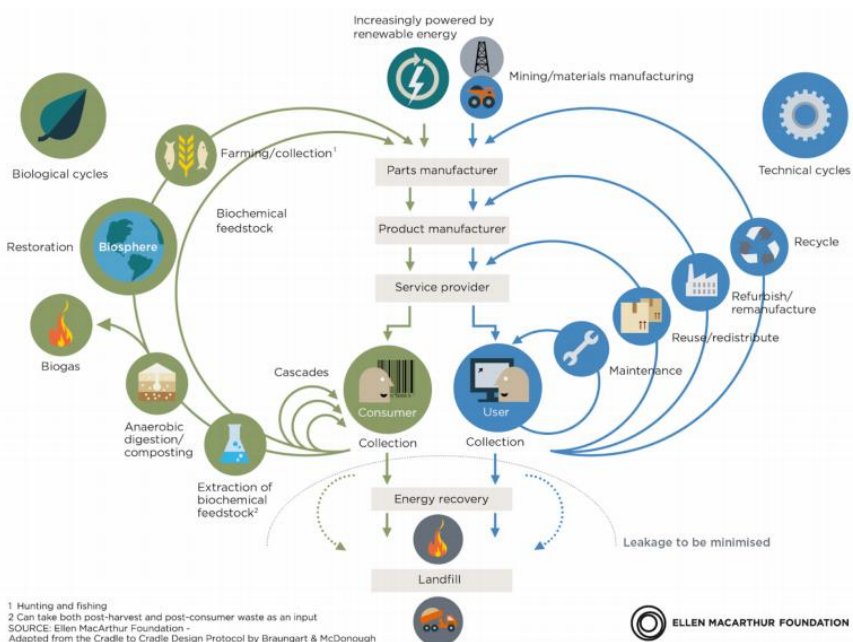


Figure 8: Diagrama fluture a economiei circulare

Chiar și în aceste condiții, mai multe caracteristici ale ofertei educaționale existente sunt foarte utile pentru proiectul RockChain:

- **Trasabilitate și conformitate:** Accentul pus pe auditabilitate și integritatea datelor, prezent în programele orientate spre afaceri (în special în Germania și România), este direct aplicabil raportărilor de mediu, documentării deșeurilor și pașapoartelor digitale ale produselor (Digital Product Passports – DPP).
- **Metodologii pedagogice:** Utilizarea proiectelor și a studiilor de caz în învățământul superior oferă un cadru deja validat. În cadrul RockChain, ar fi

suficientă înlocuirea scenariilor financiare cu situații reale care implică cariere, unități de procesare și fluxuri de deșeuri.

- **Alinierea la Uniunea Europeană:** Conexiunea cu agendele digitale europene (precum formările legate de EBSI în România sau strategiile naționale din Germania) oferă o bază solidă pentru integrarea cerințelor de transparență și circularitate în conținuturi specifice sectorului.

Sinteză a recomandărilor

Pe baza analizei, bunele practici sugerează următoarea foaie de parcurs pentru RockChain:

- **Menținerea unei progresii clare:** pornirea de la fundamentele tehnice și avansarea către cazuri aplicate în minerit.
- **Asigurarea componentelor practice:** includerea de laboratoare și utilizarea platformelor din lumea reală, precum Ethereum sau Hyperledger.
- **Încadrarea într-un context sectorial:** predarea blockchain-ului în cadrul economiei circulare și al reglementărilor de mediu.
- **Valorificarea flexibilității:** utilizarea unor formate modulare, compatibile cu structurile de formare profesională și de învățământ superior.

Principala oportunitate pentru RockChain constă în combinarea acestor elemente pedagogice bine consolidate cu o abordare explicită și inovatoare a lanțului valoric al pietrei ornamentale, acoperind astfel o lacună care nu a fost încă abordată în țările partenere.

6. CONCLUZII

O analiză comparativă a programelor de studiu legate de blockchain din Spania, România, Croația și Germania evidențiază un peisaj educațional dinamic, dar încă incomplet. Pe de o parte, blockchain-ul nu mai este un subiect marginal și este deja bine reprezentat în programe de masterat, cursuri executive și micro-acreditări. Pe de altă parte, această prezență rămâne în mare parte „orizontală”: programele se concentrează pe infrastructuri generice, criptomonede și identitate digitală, cu cazuri de utilizare mai frecvente în finanțe și administrația publică decât în sectoare industriale specifice, precum piatra naturală sau mineritul.

Un rezultat-cheie al acestui studiu este tensiunea dintre maturitatea tehnică a programelor și lipsa lor de focalizare sectorială. Țările partenere dispun de o experiență semnificativă în fundamentele blockchain-ului, securitate cibernetică și reglementare. Cu toate acestea, aceste competențe ajung rareori la profilurile profesionale centrale pentru acest proiect: operatori de cariere, procesatori de piatră sau cursanți din învățământul profesional în meserii din construcții. Problema nu este lipsa educației

blockchain în general, ci faptul că aceasta nu este aliniată cu cei care au cea mai mare nevoie de ea și cu provocările reale de sustenabilitate ale sectorului.

Din punct de vedere metodologic, programele analizate arată o preferință clară pentru combinarea teoriei cu practica. Utilizarea laboratoarelor, hackathoanelor sau a studiilor de caz de afaceri indică faptul că blockchain-ul este predat ca o disciplină experimentală. Această abordare de tip „învățare prin practică” se potrivește în mod deosebit nevoilor sectorului pietrei naturale, unde scenariile realiste — precum urmărirea unui bloc de la extracție la transformare — contribuie la demistificarea tehnologiei.

Importanța acordată aspectelor de securitate, auditabilitate și conformitate în aceste ecosisteme educaționale răspunde unor preocupări tipice sectorului financiar, însă este la fel de relevantă pentru minerit, un domeniu puternic reglementat, cu cerințe stricte privind protecția mediului și trasabilitatea deșeurilor. Baza de formare existentă în jurul „înregistrărilor de încredere” constituie un bun punct de plecare. Ceea ce lipsește este legătura dintre aceste competențe generale de reglementare și cadrele juridice specifice care guvernează resursele minerale și gestionarea deșeurilor.

Din perspectiva formării profesionale, persistă o barieră semnificativă: majoritatea cursurilor avansate sunt destinate studenților universitari sau profilurilor TIC. Există o lipsă de formări structurate dedicate lucrătorilor tehnici sau proprietarilor de întreprinderi mici și mijlocii din sectoare tradiționale. Pentru a valorifica potențialul economiei circulare în industria pietrei, traseele de formare trebuie adaptate — în termeni de limbaj, cerințe și modularitate — astfel încât să fie accesibile și persoanelor fără pregătire tehnologică.

În ansamblu, studiul concluzionează că cea mai promițătoare direcție nu este replicarea programelor blockchain generice, ci completarea acestora. Țările partenere dispun deja de o bază tehnică și pedagogică solidă. Provocarea strategică pentru RockChain este de a transpune aceste puncte forte în învățare specifică sectorului: conectarea conceptelor blockchain direct la lanțul valoric de la carieră la piață, la fluxurile de deșeuri și la obiectivele economiei circulare din industria construcțiilor. Procedând astfel, proiectul va deschide un nou domeniu de aplicare, încă absent din ofertele naționale, fără a pierde coerența cu tendințele educaționale identificate în această analiză.

7. REFERINȚE

- Agbo, C. C., Mahmoud, Q. H., & Eklund, J. M. (2019). Blockchain technology in healthcare: A systematic review. *Healthcare*, 7(2), 56. <https://doi.org/10.3390/healthcare7020056>
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation Review*, 2, 6–10. <https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/AIR-2016-Blockchain.pdf>
- Francisco, K., & Swanson, D. (2018). The supply chain has no clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency. *Logistics*, 2(1), 2. <https://doi.org/10.3390/logistics2010002>
- Fosso Wamba, S., Queiroz, M., & Trinchera, L. (2020). Dynamics between blockchain adoption determinants and supply chain performance: An empirical investigation. *International Journal of Production Economics*, 229, 107791. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107791>
- Frizzo-Barker, J., Chow-White, P. A., Adams, P. R., & Mentanko, J. (2020). Blockchain as a disruptive technology for business: A systematic review. *International Journal of Information Management*, 51, 102029. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.10.014>
- IBM. (n.d.). *What is blockchain technology?* Retrieved from <https://www.ibm.com/topics/what-is-blockchain>
- Mougayar, W. (2016). *The business blockchain: Promise, practice, and the application of the next Internet technology*. Wiley.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin Random House.
- Wang, Y., Han, J. H., & Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: A systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 62–84. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0148>
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352–375. <https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.10016848>

Germania – oferta de formare și contextul

- Bayerisches Staatsministerium für Digitales. (2023). *Kostenfreie Online-Kurse zur Blockchain-Technologie*. Bavarian State Ministry for Digital Affairs. <https://www.stmd.bayern.de>

- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2017). *The German vocational training system*. BMBF. <https://www.bmbf.de>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019). *Blockchain strategy of the Federal Government: We set out the course for the token economy*. BMWi. <https://www.bmwk.de>
- Cimdata Bildungsakademie. (n.d.). *Python Aufbaukurs – Blockchain mit Python*. Cimdata Bildungsakademie GmbH. <https://www.cimdata.de/weiterbildung/python-aufbaukurs-blockchain-mit-python>
- Cimdata Bildungsakademie. (n.d.). *Blockchain-Technologie [Weiterbildungspaket]*. Kursportal Schleswig-Holstein. <https://bildungsgutschein.kursportal.info/k1001216401>
- Federal Institute for Vocational Education and Training. (2019). *The German VET system* [Web section]. BIBB. <https://www.bibb.de/en/50.php>
- FinTech News Switzerland. (2022, October 5). *Frankfurt School of Finance & Management launches Master in Blockchain & Digital Assets*. <https://fintechnews.ch>
- Frankfurt School of Finance & Management. (n.d.). *Master in Blockchain & Digital Assets (M.Sc.)* [Programme information]. Frankfurt School of Finance & Management. <https://www.frankfurt-school.de>
- Fraunhofer Institute for Applied Information Technology FIT. (2024). *Blockchain Professional – Weiterbildung*. <https://www.fit.fraunhofer.de/de/weiterbildung/weiterbildung-blockchain.html>
- HKBiS Handelskammer Hamburg Bildungs-Service gGmbH. (n.d.). *Bitcoin, Blockchain & Co.* [Tageskurs]. <https://hkbis.de/kurs/bitcoin-blockchain-co-tageskurs/>
- Mittweida University of Applied Sciences. (n.d.). *Blockchain & Distributed Ledger Technologies (DLT), M.Sc.*
- SRH University Heidelberg. (n.d.). *Information Technology – Blockchain Technology (M.Eng.)*. <https://www.srh-hochschule-heidelberg.de/en/degree-programmes/information-technology-blockchain-technology-meng>
- Technical University of Munich. (n.d.). *Decentralized platforms and ecosystems* [Research & teaching overview]. Chair of Software Engineering for Business Information Systems (sebis). <https://www.cs.cit.tum.de/sebis/research/decentralized-platforms-and-ecosystems/>
- Virtuelle Hochschule Bayern. (n.d.). *Technische Grundlagen von Blockchain und Distributed Ledger Technologien* [OPEN vhb course]. <https://open.vhb.org/blocks/occoursemetaselect/detailpage.php?id=289>

Spania – oferta de formare și contextul

- INESEM Business School. (n.d.). *Curso Superior en Criptomonedas y Finanzas Descentralizadas* [Online course]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.inesem.es/curso-criptomonedas-finanzas-descentralizadas>
[INESEM Business School](#)
- Deusto Formación. (n.d.). *Curso Experto en Blockchain* [Online expert programme]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.deustoformacion.com/cursos/curso-experto-en-blockchain>
[t.signalplus.com](https://www.deustoformacion.com/cursos/curso-experto-en-blockchain)
- Kursia Escuela de Formación. (n.d.). *Curso de Blockchain* [Short vocational course]. Retrieved December 9, 2025, from <https://web.kursia.es/producto/curso-de-blockchain/> [Kursia](#) | [Escuela de Formación](#)
- IEBS Digital School. (n.d.). *Máster en Blockchain y Fintech* [Online master's programme]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.iebschool.com/programas/master-fintech-blockchain-banca-digital/> [IEB School](#)
- Blockchain Intelligence Law Institute. (n.d.). *Curso Certificado Experto/a Legal en Blockchain & Web 3.0, Smart Contracts, Tokenización y Criptoactivos* [Specialised legal course]. Retrieved December 9, 2025, from <https://blockchainintelligence.es/oferta/cursos/curso-experto-legal-en-blockchain-smart-contracts-e-icos/> [Blockchain Intelligence](#)
- Universidad Complutense de Madrid. (n.d.). *Máster en Blockchain y Big Data* [Título propio de posgrado]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.masterblockchainucm.com/> [Máster Blockchain y Big Data UCM](#)
- Universidad de Salamanca. (2025). *Máster de Formación Permanente en Tecnologías Blockchain y Smart Contracts* [Hybrid/online master's programme]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.usal.es/master-en-tecnologias-blockchain-y-smart-contracts-semipresencial-y-online> [Universidad de Salamanca](#)
- Universidad de Alcalá. (n.d.). *Máster en Blockchain, Smart Contracts y Criptoeconomía* [Online master's programme]. Retrieved December 9, 2025, from <https://masterethereum.com/> [Master Ethereum](#)
- Universidad Nebrija. (n.d.). *Máster en Blockchain, Criptoactivos y Tokenización* [University master's degree]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.nebrija.com/programas-postgrado/master/blockchain-criptoactivos-tokenizacion/> [Nebrija](#)
- Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Informática. (2025). *Introducción a la tecnología blockchain y smart contracts (804997)* [Elective course in the Computer Engineering degree]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.ucm.es/estudios/grado-ingenieriadecomputadores-plan-804997> [Universidad Complutense de Madrid](#)

- Universidad Complutense de Madrid, Escuela de Práctica Jurídica. (n.d.). *Diploma de Alta Especialización en Blockchain* [Postgraduate legal diploma]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.epj.es/oferta-formativa/cursos-de-alta-especializacion/diploma-de-alta-especializacion-en-blockchain/>

România – oferta de formare și contextul

- Alexandru Ioan Cuza University of Iași. (2024). *Blockchain: Foundations and Applications – Course description*. Retrieved December 9, 2025, from https://edu.info.uaic.ro/blockchain/Blockchain_2024_2025_EN.pdf
- Alexandru Ioan Cuza University of Iași, Faculty of Computer Science. (2025). *FII Student Guide 2025–2026* [PDF]. Retrieved December 9, 2025, from https://www.info.uaic.ro/wp-content/uploads/2025/11/2025-2026_Ghidul-studentului-FII_EN.pdf
- Babeș-Bolyai University. (2025). *Blockchain: Smart Contracts – Syllabus* [Undergraduate course, Mathematics and Computer Science]. Retrieved December 9, 2025, from https://www.cs.ubbcluj.ro/files/curricula/2025/syllabus/IG_sem6_MLE5157_e_n_craciunf_2025_10056.pdf
- Bucharest University of Economic Studies. (2022). *Cybersecurity – Master Curriculum 2022–2024* [Study plan]. Retrieved December 9, 2025, from <https://ism.ase.ro/curricula/cybersecurity-curricula-2022-2024/>
- EBSI4RO. (2022). *Cursuri EBSI4RO – Tehnologia Blockchain* [Mini-MOOCs]. UniCampus. Retrieved December 9, 2025, from <https://unicampus.ro/cursuri/course/index.php?categoryid=13>
- Executive Blockchain Laboratory – ICI Bucharest. (2021). *Blockchain Technology: Application and Innovation of Transformational Business* [Executive course]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.executiveblockchainlaboratory.ro/executive-courses.php>
- Holotescu, C. (2021). *Romanian blockchain ecosystem* [Project report, EBSI4RO]. Retrieved December 9, 2025, from <https://ebsi4ro.ro/romanian-blockchain-ecosystem/>
- National Institute for Research & Development in Informatics – ICI Bucharest. (2021, April 26). *Executive Blockchain Laboratory – ICI Bucharest presents the video course “Blockchain Technology: Application and Innovation towards Transformational Business”*. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.ici.ro/en/events/executive-blockchain-laboratory-ici-bucharest-presents-the-video-course-in-the-english-language-blockchain-technology-application-and-innovation-towards-transformational-business/>
- National Institute for Research and Development in Informatics – ICI Bucharest. (n.d.). *Blockchain Intelligence Academy (BIA)*. Retrieved December 9, 2025, from <https://bia.ici.ro/>

- National Institute for Research & Development in Informatics – ICI Bucharest, & ChainArgos. (2024). *Blockchain Intelligence Academy – BIA* [Training programmes]. Retrieved December 9, 2025, from <https://ici.ro/en/blockchain-intelligence-academy-bia/>
- National University of Science and Technology Politehnica Bucharest. (2022). *Blockchain and Big Data in Medical Applications* [Course description, EIM master]. Retrieved December 9, 2025, from <https://etti.upb.ro/en/category/cursuri/master-cursuri/eim/>
- National University of Science and Technology Politehnica Bucharest, Faculty of Electronics, Telecommunications and Information Technology. (2022). *EIM master courses – Biomedical Engineering* [Course catalogue]. Retrieved December 9, 2025, from <https://etti.upb.ro/en/category/cursuri/master-cursuri/eim/>
- West University of Timișoara, Faculty of Mathematics and Informatics. (2025). *Antreprenoriat în Blockchain – Postgraduate programme description*. Retrieved December 9, 2025, from <https://admitere.uvt.ro/program/antreprenoriat-in-blockchain/>

Croația – oferta de formare și contextul

- Algebra Bernays University. (n.d.). *Economics of digital business – FinTech I: Transformation of financial services* [Undergraduate programme description]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.algebra.hr/sveuciliste/en/undergraduate-university-programme/economics-of-digital-business/>
- Dalmacija. (n.d.). *WEB3.0 workshops – Uvod u Blockchain i pametne ugovore* [Web3 training series]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.digitalnadalmacija.hr/Web3>
- INCLUSIVestone Consortium. (n.d.). *INCLUSIVestone project – Reports and training materials* [Project website]. Retrieved December 9, 2025, from <https://inclusivestone.eu/reports>
- Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek. (2015). *Graduate university study programme in Computer Engineering* (incl. course DR4I-11-18 Blockchain Technology and Cryptocurrencies). Retrieved December 9, 2025, from <https://www.ferit.unios.hr/2021/dokumenti/801/Graduate%20university%20study%20programme%20in%20Computer%20Engineering%20-%20202015.pdf>
- Mirakul Edukacijski centar. (n.d.). *Blockchain u poslovnim primjenama* [Specialist seminar]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.mirakul.hr/seminari/blockchain-u-poslovnim-primjenama/>

- Učilište Astera. (n.d.). *Tečaj "Blockchain, kriptovalute, DeFi"* [Course description]. Retrieved December 9, 2025, from <https://ucilisteastera.hr/courses/tecaj-blockchain-kriptovalute-defi/>
- University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing. (2025). *Distributed ledgers and cryptocurrencies* [Postgraduate course description]. Retrieved December 9, 2025, from https://www.fer.unizg.hr/en/course/dlac_b
- Various authors. (n.d.). *The stonemasons of Pučišća, Croatia* [Video and related materials on the Pučišća stonemasonry school]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.youtube.com/watch?v=-MJ5eUJqkhg>
- European Commission / Cedefop. (2024). *Croatia introduces AI-related content in VET curricula* [News item on AI pilots in VET]. Retrieved December 9, 2025, from <https://www.cedefop.europa.eu/>
- European Commission. (2023). *Digital Croatia strategy up to 2032* [Policy document on digital transformation and skills]. Retrieved December 9, 2025, from <https://digital.gov.hr/>

Sursele figurilor

- **Figura 1:** <https://store.dcentwallet.com/blogs/post/key-concepts-of-blockchain-centralization-vs-decentralization-vs-distributed?srsId=AfmBOopUXoKsZbZ9O1v7DmKTI0htkQiY3eNmac0x5Ry8KX8LcQghwpRN>
- **Figura 2:** <https://www.helius.dev/blog/cryptographic-tools-101-hash-functions-and-merkle-trees-explained>
- **Figura 3:** <https://binariks.com/blog/smart-contracts-blockchain-examples/>
- **Figura 4:** https://www.researchgate.net/figure/Transaction-flow-in-a-Blockchain_fig1_342012510
- **Figura 5:** <https://blog.cfte.education/types-of-blockchain-networks/>
- **Figura 6:** <https://www.researchgate.net/publication/347198560/figure/fig1/AS:1023621556359169@1621061805118/Blockchain-technology-stack.png>
- **Figura 7:** <https://www.iebschool.com/hub/blockchain-cadena-bloques-revoluciona-sector-financiero-finanzas/>
- **Figura 8:** <https://vietnamcirculareconomy.vn/circular-economy-and-the-role-of-standards/?lang=en>