

## WP4-A2. Usavršen alat za e-učenje.



Ovo djelo licencirano je pod [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

*"Financirano sredstvima Europske unije. Izneseni stavovi i mišljenja su stavovi i mišljenja autora i ne moraju se podudarati sa stavovima i mišljenjima Europske unije ili Europske izvršne agencije za obrazovanje i kulturu (EACEA). Ni Europska unija ni EACEA ne mogu se smatrati odgovornima za njih."*



Transilvania  
University  
of Brasov



## Sadržaj

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD .....                                                       | 3  |
| 2. PRISTUP RAFINIRANJU .....                                        | 4  |
| 2.1. Izvori povratnih informacija .....                             | 4  |
| 2.2. Kriteriji koji se koriste za prioritiziranje poboljšanja ..... | 5  |
| 3. GLAVNA POBOLJŠANJA KOJA SU IMPLEMENTIRANA.....                   | 7  |
| 3.1. Pedagoške i dizajnerske prilagodbe igara .....                 | 7  |
| 3.2. Poboljšanja UX/UI i korisničkog putovanja .....                | 8  |
| 3.3. Tehnička stabilnost i popravci performansi .....               | 8  |
| 4. KRATKA POTVRDA PROČIŠĆENE VERZIJE .....                          | 10 |
| 4.1. Sažetak malih testova i reakcije korisnika .....               | 10 |
| 4.2. Preostala ograničenja i otvorene točke za pilote .....         | 11 |
| 5. ZAKLJUČCI I SLJEDEĆI KORACI .....                                | 13 |

## 1. UVOD

Ovo izvješće sažima konačne nalaze WP4. O2: Poboljšana verzija RockChain alata za e-učenje. U cjelokupnom okviru RockChain projekta, ova aktivnost izravno se nadovezuje na bazu podataka i pozadinsku arhitekturu isporučenu u WP4. A1 i fokusira se na pretvaranje te tehničke jezgre u robusniji i upotrebljiviji alat za e-učenje. Usklađivanjem postojeće ozbiljne igre s funkcionalnim i pedagoškim zahtjevima projekta, aktivnost osigurava da multiplayer sesije, tržišna dinamika i rudarski događaji učinkovito podržavaju učenje o upravljanju ukrasnim kamenim otpadom i kružnoj ekonomiji u stvarnim pilot okruženjima.

Ključni zadatak WP4. A2 je usavršavanje početnog prototipa RockChaina u stabilnu, na učenje orijentiranu aplikaciju. Umjesto uvođenja nove arhitekture, ova aktivnost konsolidira i proširuje prethodni rad istovremeno rješavajući pedagoške potrebe, korisničko iskustvo i tehničku stabilnost. Ovaj napor uključuje integraciju ključnih značajki učenja, poput praćenja napretka i obrazovnih povratnih informacija, uz pojednostavljenje cjelokupnog tijeka igre, uključujući prijavu, čekaonice i prijelaze u krugove, kako bi se olakšala navigacija odraslim učenicima s heterogenim digitalnim vještinama. Nadalje, ponašanje sustava tijekom izvođenja je ojačano kako bi se osigurao dosljedan rad u realnim uvjetima, posebno rješavajući izazove vezane uz dosljednost tajmera, rukovanje ponovnim povezivanjem i sinkronizaciju između autoritativnog poslužitelja i Firestorea.

U tom kontekstu, izvješće namjerno ne ponavlja puni tehnički opis sloja podataka već dokumentiran u WP4. O1. Umjesto toga, pruža fokusiran prikaz kako su postojeće backend komponente (Firestore baza podataka, Firebase Functions i WebSocket server na Google Cloud Runu) usavršene i proširene kako bi funkcionirale kao integrirani alat za e-učenje. Dokument detaljno opisuje iterativni pristup i izvore povratnih informacija koji su usmjeravali te promjene, specifična poboljšanja provedena na pedagoškoj i tehničkoj razini te rezultate kratke validacije temeljene na malim testovima. Time je WP4. A2 povezuje produkcijski spreman backend s interaktivnim RockChain alatom koji će biti specificiran, dokumentiran i implementiran u kasnijim WP4 aktivnostima i pilot radnjama WP5.

## 2. PRISTUP RAFINIRANJU

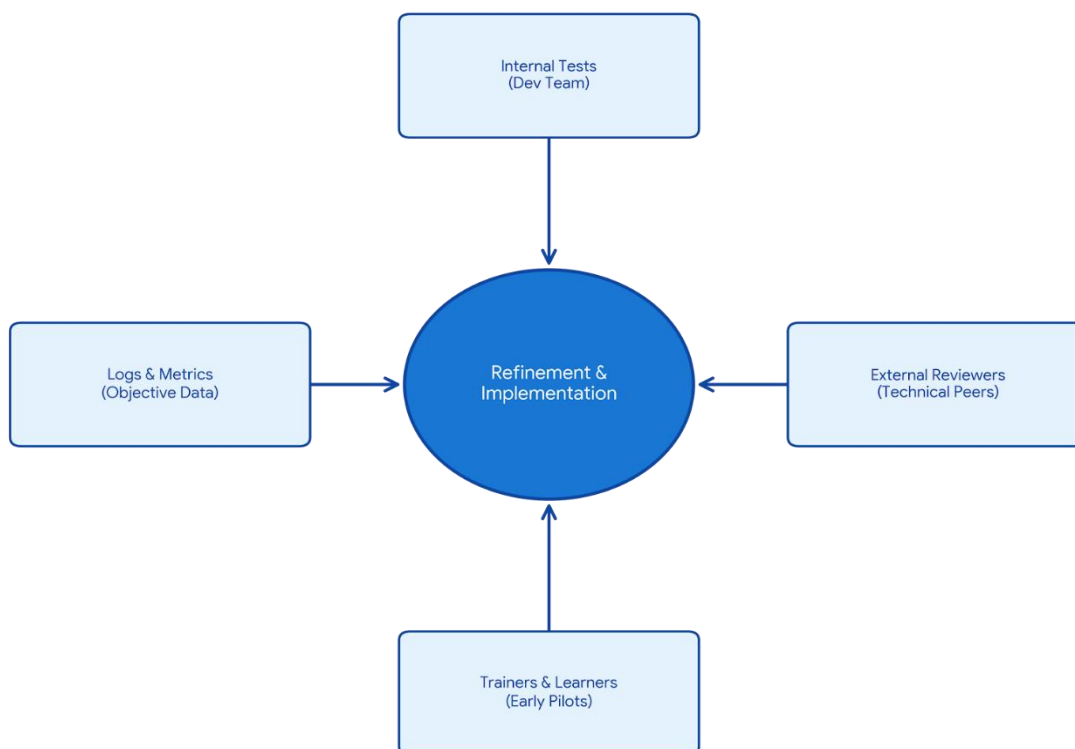
WP4. A2 je slijedio iterativni pristup usavršavanja, a ne potpuni redizajn. Počevši od produkcijski spremnog backenda isporučenog u WP4. O1, tim je pokrenuo niz kratkih ciklusa u kojima su male grupe korisnika i tehničkih recenzenta komunicirale s alatom RockChain, dok su programeri pratili ponašanje putem logova i metrika. Svaki ciklus proizveo je ograničen skup konkretnih promjena koje su odmah potvrđene u sljedećem krugu, uz izričito ograničenje očuvanja osnovnog podatkovnog modela i arhitekture definirane u WP4. O1.

### 2.1. Izvori povratnih informacija

Dorade implementirane u WP4. A2 su vodila četiri glavna kanala povratne informacije:

- Interni razvojni i integracijski testovi: Glavni razvojni tim provodio je ponovljene end-to-end sesije (od prijave do kraja igre) na različitim uređajima i u različitim mrežnim uvjetima. Ti su testovi bili usmjereni na prepoznavanje uvjeta utrke, nedosljednosti u tajmerima, navigacijskih problema i desinkronizacije između WebSocket servera i Firestorea. Nalazi su nadopunjeni ciljanim pregledima koda konteksta upravljanja stanjem i logike rukovanja socketima.
- Vanjski tehnički recenzenti: Osim osnovnog tima, projekt je uključivao malu skupinu kolega programera s iskustvom u aplikacijama u stvarnom vremenu i mobilnom UX-u. Ti vanjski recenzenti ispitivali su upotrebu utičnica, strategije ponovnog povezivanja, sinkronizaciju odbrojavanja i strukturu navigacijskog sloja te predložili konkretna poboljšanja poput robusnijeg upravljanja životnim ciklusom utičnica, jasnije razdvajanja između autoritativnog i lokalnog stanja te pojednostavljenja određenih UI tokova za korisnike koji nisu stručnjaci.
- Treneri i odrasli polaznici u ranim pilot sesijama: Organizirane su kratke, neformalne sesije s trenerima i malim grupama odraslih učenika sličnih ciljnoj skupini RockChaina. Sudionici su bili zamoljeni da dovrše pojednostavljene runde igre, dok su treneri promatrali gdje korisnici oklijevaju ili postaju zbunjeni (npr. tijekom uvođenja, pridruživanja igri, razumijevanja čekaonice, tumačenja tajmera ili čitanja povratnih informacija s tržišta/rudarenja). Njihovi komentari i opaženo ponašanje dali su izravne informacije o upotrebljivosti, jasnoći poruka i kognitivnom opterećenju.
- Tehnički zapisi i metrike u runtimeu: I klijent i autoritativni poslužitelj bili su opremljeni laganim logiranjem. Prikupljene su metrike vezane uz stabilnost veze, događaje ponovnog povezivanja, pomak tajmera, duplicirane događaje i uvjete pogrešaka. Ti objektivni signali pomogli su potvrditi ili nijansirati anegdotske povratne informacije te dati prioritet pitanjima koja su najviše utjecala na stabilnost (na primjer, pojave neusklađenih odbrojavanja ili ponovljenih izračuna nagrada).

Zajedno su ti izvori dali uravnotežen pogled koji je kombinirao korisničko iskustvo (treneri i polaznici), tehničku ispravnost (interni i vanjski programeri) i dokaze u izvođenju (zapisi i metrike).



Slika 1: Izvori povratnih informacija

## 2.2. Kriteriji koji se koriste za prioritiziranje poboljšanja

Zbog vremena i resursa dostupnih za WP4. A2 su bili ograničeni, nisu svi nalazi mogli biti odmah riješeni. Tim je stoga primijenio jednostavan skup kriterija za određivanje prioriteta koje dorade implementirati u ovoj aktivnosti:

- Utjecaj na učenje i facilitaciju: Promjene koje su izravno utjecale na sposobnost trenera da provedu sesiju ili na razumijevanje polaznika što treba učiniti smatrane su visokim prioritetom. To uključuje jasnije kružne prijelaze, eksplicitnije povratne poruke, glađe uvođenje i predvidljivije iskustvo u čekaonici.
- Stabilnost i rizik za pilot sesije: Problemi koji bi mogli prekinuti sesiju igre ili ozbiljno poremetiti sinkronizaciju (npr. nedosljednosti u tajmeru, nepouzdana ponovno povezivanje socketa, duplicirane nagrade) rješavani su prije

kozmetičkih ili isključivo estetskih poboljšanja. Cilj je bio osigurati da budući piloti ne budu ugroženi tehničkom nestabilnošću.

- Trošak implementacije naspram koristi: Poboljšanja koja su nudila jasnu korist uz relativno mali napor implementacije bila su prioritetizirana ispred nametljivijih promjena koje bi zahtijevale velike prepisivanja koda ili izmjene Firestore sheme. Gdje god je bilo moguće, osmišljena su poboljšanja za ponovno korištenje struktura podataka i arhitekture uspostavljene u WP4. O1.
- Usklađivanje s nadolazećim WP4 i WP5 aktivnostima: Prednost je dana poboljšanjima koja će podržati i kasniji rad: definiranje funkcionalnih specifikacija i smjernica, integracija analitike učenja i pilot implementacija WP5. Na primjer, dodavanje ili konsolidacija zbirki i događanja usmjerenih na napredak učenja bilo je prioritetno ispred isključivo vizualnih promjena jer to jača i pedagošku evaluaciju i buduće izvještavanje.

Primjena ovih kriterija osigurala je da WP4. A2 je proizveo fokusiran skup poboljšanja s opipljivim utjecajem na upotrebljivost učenja i tehničku robusnost, dok je alat ostao kompatibilan s backendom i dizajnom baze podataka već uspostavljenim u prethodnoj aktivnosti.

### 3. GLAVNA POBOLJŠANJA KOJA SU IMPLEMENTIRANA

Rad na doradi u WP4. A2 nije mijenjao osnovni koncept RockChaina niti backend arhitekturu definiranu u WP4. O1. Umjesto toga, fokusirala se na to kako se igra ponaša, kako se osjeća za korištenje i koliko jasno podržava namjeravane ishode učenja u realnim uvjetima treninga. Glavne promjene mogu se podijeliti u tri područja.



Slika 2: Tri stupa profinjenosti

#### 3.1. Pedagoške i dizajnerske prilagodbe igara

Iz perspektive učenja, cilj je bio olakšati razumijevanje namjere svakog elementa igre i ojačati vezu između radnji u igri i pojmova kružne ekonomije. Nekoliko promjena doprinosi tome:

- Jasniji ciljevi i kadriranje rundi. Informacije prikazane na početku igre i u svakoj rundi su dorađene tako da učenici znaju što se od njih očekuje (učinkovito koristiti resurse, smanjiti rasipanje, obratiti pažnju na određene industrije) i kako struktura rundi podržava te ciljeve.
- Prilagođeni tempo za odrasle s raznolikim digitalnim vještinama. Pregledani su brojači rundi, izazovi rudarenja i tržišni događaji kako bi se smanjio nepotreban stres, a istovremeno održao osjećaj konkurencije. Trajanje i učestalost događaja podešeni su tako da imaju dovoljno vremena za čitanje, razmišljanje i djelovanje.
- Snažnija povezanost s kružnim gospodarstvom. Kratka objašnjenja i poruke u igri sada naglašavaju zašto se određene radnje nagrađuju (recikliranje, transformacija materijala, odabir određenih industrija), čineći vezu s

upravljanjem otpadom u stvarnom svijetu i učinkovitošću korištenja resursa jasnijom.

- Više transparentnih nagrada i logike na kraju runde. Način na koji se izračunavaju i prikazuju pobjedničke industrije i bonusi je razjašnjen, kako bi rezultati djelovali manje nasumično, a učenici bolje razumjeli posljedice svojih odluka.

Zajedno, ove prilagodbe izoštravaju RockChain kao strukturiranu aktivnost učenja, a ne samo kao natjecateljsku igru.

### 3.2. Poboljšanja UX/UI i korisničkog putovanja

Druga skupina poboljšanja usmjerena je na korisničko putovanje kroz ekrane i faze, s ciljem smanjenja prepreka i smanjenja potrebe za stalnom intervencijom fasilitatora, osobito za odrasle korisnike koji prvi put putuju.

Ključna poboljšanja uključuju:

- Dosljedne informacije o zaglavlju i statusu. Zajednički naslov sada prikazuje ključne elemente (preostalo vrijeme, ključne resurse, ključne indikatore) u stabilnom formatu na glavnim ekranima igre, smanjujući kognitivno preopterećenje tijekom brzih rundi.
- Jasnija navigacija između faza. Prijelazi između čekaonice, tržnice, rudarstva i prikaza na kraju runde postali su jasniji kroz prilagođene tipke, oznake i međuporuke, kako bi učenici razumjeli kada faza završava i što će se dogoditi sljedeće.
- Bolja povratna informacija u stanjima učitavanja i čekanja. Vizualni indikatori i kratke objašnjavajuće poruke sada označavaju točke sinkronizacije i korake obrade, smanjujući dojam da se sustav "zamrznuo" i pomažući grupama da ostanu koordinirane.
- Pojednostavljeni tekstovi i raspored. Formulacija, istaknutost ključnih radnji i poruke o pogreškama revidirani su kako bi bili pristupačniji korisnicima s različitim razinama digitalnog poznavanja.

Kao rezultat toga, RockChain je lakši za uvođenje, glađi za izvođenje u kratkim treninzima i jasniji iz perspektive učenika.

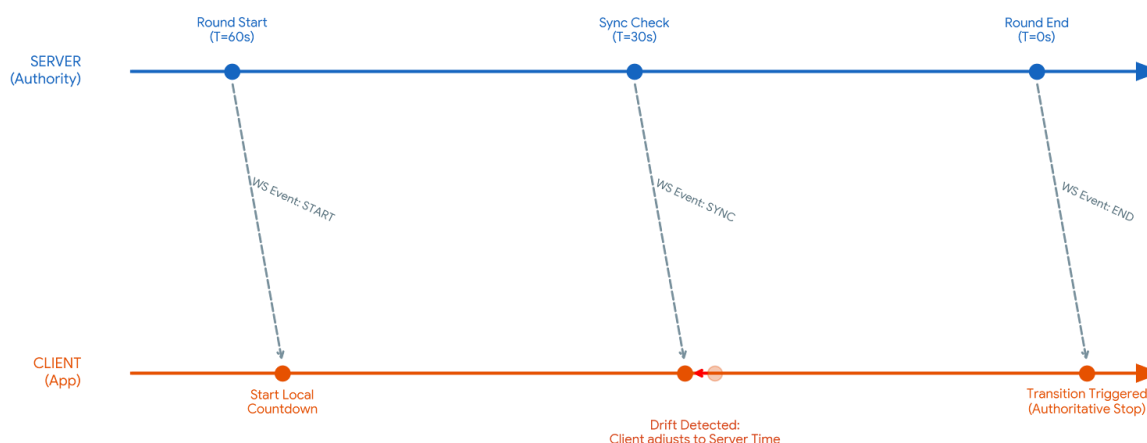
### 3.3. Tehnička stabilnost i popravci performansi

Na kraju, WP4. A2 je uveo ciljana tehnička poboljšanja za jačanje stabilnosti i performansi u realnim uvjetima učionice, bez promjene temeljne Firestore + Functions + WebSocket arhitekture opisane u WP4. O1.

Najrelevantnija rješenja su:

- Robusnija logika timera i sinkronizacije. Rukovanje brojačima rundi i sinkroniziranim događajima revidirano je kako bi se smanjile razlike između uređaja i izbjegle situacije u kojima igrači ostaju zaglavljani u stanju čekanja ili vide nedosljedna odbrojavanja.
- Čišće rukovanje podacima i propagacija u stvarnom vremenu. Interakcije između React Native klijenta, Firestore i servera u stvarnom vremenu prilagođene su kako bi se smanjile redundantne operacije, izbjegle uvjeti utrke i osiguralo da ažuriranja (transakcije, odgovori na rudarenje, prijelazi rundi) dosljedno stižu do svih igrača.
- Poboľjšano rukovanje i oporavak od grešaka. Poruke o pogreškama sada su informativnije, a gdje god je moguće, dodana su i rezervna ponašanja, što olakšava trenerima tumačenje problema tijekom pilot-projekata i programerima otklanjanje neočekivanih mrežnih ili državnih problema.
- Podešavanje performansi za tipične veličine grupa. Testovi s realnim brojem istovremenih sudionika i standardnim mrežama u učionici doveli su do malih prilagodbi usmjerenih na smanjenje kašnjenja, timeouta i nepotrebnog prijenosa podataka.

Ova tehnička usavršavanja pružaju čvršću osnovu za WP4 i WP5, osiguravajući da se poboljšana verzija RockChaina može koristiti kao stabilna referentna implementacija za specifikacije, smjernice za obuku i pilot implementaciju.



Slika 3: Dijagram linija odbrojavanja

## 4. KRATKA POTVRDA PROČIŠĆENE VERZIJE

WP4. A2 je uključivao laganu, ali ciljanu fazu validacije kako bi se potvrdilo da gore opisana poboljšanja čine RockChain upotrebljivijim i pouzdanijim u realnim scenarijima treniranja, bez uvođenja regresija u osnovnoj arhitekturi koju isporučuje WP4. O1. Umjesto velikog pilota, ova je validacija bila u obliku malih sesija od početka do kraja i tehničkih provođenja osmišljenih za testiranje usavršenog alata u uvjetima sličnim onima očekivanim u WP5.

### 4.1. Sažetak malih testova i reakcije korisnika

Aktivnosti validacije kombinirale su tri komplementarne perspektive:

- Tehnički pregledi od početka do kraja od strane razvojnog tima: Tim je provodio ponovljene pune sesije (prijava → kreiranje igre/pridruživanje → čekaonici → nekoliko rundi → kraju igre) na različitim uređajima i mrežama. Ove vožnje korištene su za provjeru da:
  - Igre su se mogle stvarati i redovito pridruživati.
  - Odbrojavanja i prijelazi krugova ponašali su se očekivano.
  - Ponovno povezivanje i odgođeni klijenti nisu igrače ostavili trajno zaglavljenima.
  - Podaci upisani u Firestore (igre, korisnici, blokovi rudarenja, napredak učenja) odgovarali su očekivanim ishodima svake runde.
- Fokusirana ispitivanja s trenerima i malim grupama odraslih učenika: Organizirane su kratke vježbe u kojima su treneri i ograničen broj odraslih sudionika, slično ciljnoj skupini projekta, koristili RockChain u kontroliranom okruženju. Od njih je zatraženo:
  - Prijavite se, pridružite se zajedničkoj igri i završite pojednostavljene runde.
  - Komunicirajte s tržišnim, rudarskim i reciklažnim značajkama.
  - Interpretirajte sažetke na kraju runde i osnovne povratne informacije.

Opažanja iz tih ispitivanja ukazuju da:

- Uvođenje i pridruživanje igri postalo je jednostavnije, s manje pitanja o tome "što pritisnuti sljedeće".
- Čekaonica i prijelazi krugova bili su lakši za pratiti zahvaljujući jasnijim porukama i predvidljivijem vremenu.

- Sudionici su bolje razumjeli zašto su nagrađeni za određene radnje (npr. smanjenje otpada, odabir određenih industrija), a treneri su mogli koristiti te rezultate kao polazište za raspravu.
- Runtime logovi i metrike iz rafinirane verzije: Tijekom tehničkih i korisnički usmjerenih sesija, klijentski i serverski logovi pratili su za:
  - Događaji povezivanja i ponovnog povezivanja.
  - Odstupanja i odbrojavanja u odbrojavanju.
  - Duplicirani ili nedostajući događaji rundi.
  - Uvjeti pogreške u Firestore zapisima i izračunima nagrade.

U usporedbi s ranijim internim verzijama, poboljšana verzija pokazivala je manje nedosljednosti u tajmerima i stanjima rundi, pouzdanije ponovno povezivanje s real-time serverom te smanjenje rubnih slučajeva u kojima igrači nisu sinkronizirani ili nisu dobivali rezultate završnih rundi.

Zajedno, ova mala testiranja sugeriraju da su dorade u WP4. A2 je poboljšao i korisničko iskustvo i tehničko ponašanje RockChaina, pružajući stabilniji i razumljiviji alat za buduće pilote.

## 4.2. Preostala ograničenja i otvorene točke za pilote

Istovremeno, validacija je namjerno ostala ograničena u opsegu, a nekoliko otvorenih točaka rezervirano je za WP4. Pilot aktivnosti A6–A7 i WP5:

- Opseg i raznolikost korisnika: Poboljšana verzija testirana je s malim grupama i kontroliranim okruženjima, ali još ne s većim, heterogenijim kohortama u svim partnerskim zemljama. Ponašanje pod vršnim opterećenjem, raznolikom infrastrukturom učionice i različitim stilovima nastavnika još uvijek treba promatrati.
- Formalna evaluacija upotrebljivosti i pristupačnosti: Dosadašnje povratne informacije bile su kvalitativne i promatračke. Sustavnije testiranje upotrebljivosti – na primjer, strukturirani upitnici ili procjene temeljene na zadacima s odraslima starijima od 45 godina i niskim digitalnim vještinama – provodit će se u kasnijim aktivnostima kako bi se potvrdile i usavršile trenutne UX odluke.
- Analitika učenja i alati usmjereni prema trenerima: Strukture podataka za praćenje napretka u učenju i ključnih događaja u igri sada su na snazi, ali nadzorne ploče i alati za izvještavanje usmjereni na trenere još su u ranoj fazi.

Pilot-projekti će se koristiti za identifikaciju koji su indikatori najkorisniji i kako ih treba vizualizirati za netehničke edukatore.

- Preostali rubni slučajevi i mrežna ograničenja: Iako su glavni problemi stabilnosti riješeni, povremeni rubni slučajevi i dalje se mogu pojaviti zbog loše povezanosti, brzih korisničkih akcija ili neočekivanih zatvaranja aplikacija. WP5 će pružiti širu bazu dokaza za odlučivanje su li potrebne dodatne zaštitne mjere ili zamjene.
- Fino podešavanje sadržaja i lokalizacije: Trenutna verzija podržava više jezika i osnovne objašnjavajuće tekstove, ali formulacija, primjeri i tempo mogu i dalje zahtijevati prilagodbe nakon što se RockChain koristi u različitim nacionalnim i sektorskim kontekstima.

Iz tih razloga, rafinirana verzija proizvedena je u WP4. A2 treba promatrati kao implementaciju spremnu za pilot: dovoljno stabilan za korištenje u stvarnim kolegijima, ali namjerno otvoren za daljnja poboljšanja temeljena na strukturiranim povratnim informacijama iz WP5. Pilot-projekti će stoga imati dvostruku ulogu – i kao obrazovne aktivnosti i kao produžena faza validacije koja će informirati sve završne prilagodbe alata i njegovih pratećih materijala.

## 5. ZAKLJUČCI I SLJEDEĆI KORACI

WP4. A2 je usavršio početni prototip RockChaina u e-learning alat spreman za pilote, izravno nadograđujući backend i podatkovni sloj isporučen u WP4. A1 bez mijenjanja osnovnih arhitektonskih izbora (Firestore, Firebase Functions i autoritativni WebSocket server koji koristi React Native klijent). Fokus ove aktivnosti bio je učiniti postojeći sustav više poput strukturiranog alata za učenje nego kao čista igra: razjašnjavanje kako se radnje odnose na koncepte kružne ekonomije, smanjenje prepreka u korisničkom putovanju za odrasle s heterogenim digitalnim vještinama te rješavanje konkretnih pitanja stabilnosti, sinkronizacije i rješavanja pogrešaka koja su se pojavila u ranim testovima. Kao rezultat toga, RockChain je sada predvidljiviji za izvođenje u učionici ili radionici i lakše ga je razumjeti trenerima i polaznicima, krug po krug.

Dorade implementirane u WP4. A2 također pruža mnogo jasniju sliku o tome što alat zapravo treba raditi u praksi. Podešavanjem toka igre, stabilizacijom ključnih tokova podataka i konsolidacijom značajki usmjerenih na učenje poput praćenja napretka i povratnih poruka, ova verzija RockChaina učinkovito djeluje kao "radna specifikacija" iz koje se može izvesti formalnija dokumentacija. Informirat će funkcionalne specifikacije u WP4-A3, navodeći koja su ponašanja i strukture podataka ključne, a koje opcionalne, te će usmjeravati smjernice u WP4-A4, nudeći konkretne primjere kako uvesti RockChain, upravljati rundama i analizirati rezultate s odraslim polaznicima u različitim kontekstima treninga. Za WP4-A5, koherentna i stabilna referentna implementacija značajno smanjuje tehnički rizik i omogućuje partnerima da se usmjere na pakiranje, doradu i dovršavanje interaktivnog alata (resursi, prijevodi, konfiguracija) umjesto da preispituju osnovne mehanizme.

Gledajući unaprijed prema WP5, alatu koji proizlazi iz WP4. A2 je zamišljen kao polazište za pilotsko raspoređivanje: tehnički dovoljno robustan za korištenje na stvarnim tečajevima, ali namjerno otvoren za daljnje prilagodbe. Pilot-projekti će pružiti šire i raznovrsnije dokaze — iz različitih zemalja, institucija i profila učenika — o tome kako se RockChain ponaša u stvarnim uvjetima i kako podržava učenje o upravljanju ukrasnim kamenim otpadom i kružnim strategijama. U tom smislu, WP4. A2 označava prijelaz: od dizajniranja i stabilizacije tehničkih i pedagoških temelja alata do korištenja RockChaina u autentičnim obrazovnim okruženjima, gdje se fokus sve više može pomaknuti s "da sve funkcionira" na maksimiziranje njegovog obrazovnog utjecaja i izvlačenje lekcija za buduću upotrebu i moguće produženja nakon trajanja projekta.