



Finalni izveštaj

o sprovođenju projekta VR4Clima

Uredila Laboratorija za inteligentne sisteme Univerziteta u Tesaliji

Lamia, 2026

Ovaj vodič je objavljen u okviru projekta „Podizanje svesti o klimatskim promenama i prirodnim katastrofama korišćenjem virtuelnih svetova – VR4Clima“ (Climate Change and Natural Disasters Awareness Raising using Virtual Worlds - VR4Clima), koji je finansiran iz programa Evropske unije Erasmus+(2023-1-EL01-KA220-SCH-000155463).

Naslov

Finalni izveštaj o sprovođenju projekta VR4Clima

Godina

2026.

Izdavač

Atanasios Kakaruntas (Athanasios Kakarountas), Univerzitet u Tesaliji, Grčka

Angeliki Karageorgopulu (Angeliki Karageorgopoulou), Univerzitet u Tesaliji, Grčka

Recenzenti

Jovana Jankov, Center for Promotion of Science, Serbia

Manolis Voutsakis, National Technical University of Athens, Greece

Sonal Ahuja, VRAcademi Limited, Ireland

Maria Zarkada, 16th Experimental Primary School of Lamia, Greece

Natalia Budinski, Petro Kuzmjak School, Serbia

Design and layout

University of Thessaly, Greece

Licence

CREATIVE COMMONS BY-NC-SA 4.0 DEED

Attribution-Noncommercial-Share Alike 4.0 International

Slobodni ste da:

Delite — umnožavate i redistribuirate materijal u bilo kom mediju ili formatu.

Prilagođavate — menjate, transformišete i nadograđujete materijal.

Davalac licence ne može opozvati ove slobode sve dok se pridržavate uslova licence.

Pod sledećim uslovima:

- Autorstvo — Morate navesti adekvatne zasluge, obezbediti link do licence i naznačiti da li su napravljene izmene. To možete uraditi na bilo koji razuman način, ali ne tako da sugerišete da davalac licence podržava Vas ili Vaše korišćenje dela.
- Nekomercijalno — Materijal ne smete koristiti u komercijalne svrhe.
- Deliti pod istim uslovima (ShareAlike) — Ako menjate, transformišete ili nadograđujete materijal, svoje doprinose morate distribuirati pod istom licencom kao što je i original.

- Bez dodatnih ograničenja — Ne smete primenjivati pravne uslove ili tehnološke mere koje pravno sprečavaju druge da rade bilo šta što licenca dozvoljava.

Napomene:

- Niste dužni da se pridržavate licence za materijal koji je u javnom domenu ili gde je Vaše korišćenje dozvoljeno primenjivim izuzetkom ili ograničenjem.
- Ne daju se nikakve garancije. Licenca Vam možda neće dati sve dozvole neophodne za svrhu u koju želite da koristite materijal. Na primer, druga prava kao što su pravo javnosti, privatnost ili moralna prava mogu ograničiti Vaše korišćenje materijala.

Izjava o odricanju odgovornosti (Disclaimer): Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija odražava isključivo stavove autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj. Broj projekta: 2023-1-EL01-KA220-SCH-000155463

Table of Contents

[Table of Contents](#)

[Poglavlje 1: Uvod i kontekst javnih politika](#)

[1.1. Kontekst projekta](#)

[1.2. Hitna potreba za promenama u obrazovanju](#)

[1.2.1. Učiniti nevidljivo vidljivim](#)

[1.2.2. Dovođenje globalnih kriza u učionicu](#)

[1.2.3. Povećanje angažovanja učenika i poboljšanje akademskog uspeha](#)

[1.3. Uloga pilot-testiranja u kreiranju javnih politika](#)

[1.4. Obim i ciljevi istraživanja](#)

[Poglavlje 2: Konceptualni okvir: 3D dizajn i VR u učionici](#)

[2.1. Pedagoški pristupi: Kako 3D dizajn i VR dopunjuju tradicionalne STEM lekcije.](#)

[2.2. Pregled literature: Prednosti i potencijalni nedostaci XR-a \(proširene realnosti\) u osnovnom i srednjem obrazovanju na osnovu postojećih istraživanja.](#)

[2.2.1. Pedagoške koristi i prednosti](#)

[2.2.2. Operativne slabosti i izazovi u sprovođenju](#)

[2.3. Kontekst integracije: Kako je tehnologija praktično ugrađena u svakodnevne školske procese partnerskih institucija](#)

[Poglavlje 3: Metodologija i prikupljanje podataka](#)

[3.1. Kvalitativno prikupljanje podataka](#)

[3.2. Kvantitativno prikupljanje podataka](#)

[Poglavlje 4: Projekatne aktivnosti i analiza sprovođenja](#)

[4.1. Hronološki opis aktivnosti](#)

[4.2. Obim uspešnosti po aktivnostima:](#)

[4.2.1. Primena 3D obrazovne igre o održivosti i medijskih sadržaja](#)

[4.2.2. VR kurs i obuke za nastavnike](#)

[4.2.3. Evropsko takmičenje škola i arhiva Virtuelnog sveta](#)

[4.3. Sinteza školskih izveštaja:](#)

[Poglavlje 5: Rezultati evaluacije i ključni nalazi](#)

[5.1 Uticaj na učenje učenika i ocene iz STEM predmeta:](#)

[5.2. Percepcije nastavnika i učenika](#)

[5.2.1. Percepcije učenika: Od apstraktne anksioznosti do akcije](#)

[5.2.2. Percepcije nastavnika: Izgradnja digitalnog samopouzdanja i fokus u učionici](#)

[5.3. Sveobuhvatna SWOT analiza](#)

[5.3.1. Unutrašnji faktori: Snage i slabosti](#)

[Snage \(Ono što je prošlo dobro\)](#)

[Slabosti \(Ono što je predstavljalo problem\)](#)

[5.3.2. Spoljašnji faktori: Šanse i pretnje](#)

[Šanse \(Mogućnosti za razvoj\)](#)

[Pretnje \(Spoljašnji rizici\)](#)

[Poglavlje 6: Strateške preporuke za kreatore javnih politika](#)



Co-funded by
the European Union

Izjava o odricanju odgovornosti (Disclaimer): Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija odražava isključivo stavove autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj. Broj projekta: 2023-1-EL01-KA220-SCH-000155463

[6.1. Integracija u nastavni plan i program: Kako mapirati 3D/VR aktivnosti direktno u nacionalne STEM programe](#)

[6.2. Infrastruktura i finansiranje](#)

[6.3. Profesionalni razvoj nastavnika](#)

[6.4. Predlozi za unapređenje projekta](#)

[Poglavlje 7: Zaključak i strategija diseminacije](#)

[7.1. Završne reči: VR kao pokretač evolucije u obrazovanju](#)

[Korišćena literatura](#)



**Co-funded by
the European Union**

Izjava o odricanju odgovornosti (Disclaimer): Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija odražava isključivo stavove autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj. Broj projekta: 2023-1-EL01-KA220-SCH-000155463

Poglavlje 1: Uvod i kontekst javnih politika

1.1. Kontekst projekta

Erazmus+ projekat „Podizanje svesti o klimatskim promenama kroz virtuelne svetove – VR4Clima“ osmišljen je sa ciljem da se odgovori na ključne, međusobno povezane izazove u oblasti obrazovanja o klimatskim promenama i digitalne transformacije u okviru evropskih školskih nastavnih planova i programa. Projekat su razvili partneri iz zemalja koje su pretrpele velike posledice klimatskih promena i prirodnih katastrofa (poplave, šumski požari, dugotrajne suše itd.), a njegov glavni cilj jeste razvijanje ekološke pismenosti i osećaja građanske odgovornosti kod učenika u pogledu održivog razvoja i ublažavanja klimatskih promena.

Projekat teži tome da emocionalni stres i traumu, koju su učenici doživeli tokom prirodnih katastrofa, usmeri ka kreativnom delovanju u oblasti zaštite životne sredine orijentisanom na pronalaženje rešenja. Korišćenjem imerzivne tehnologije, naš cilj je da ublažimo anksioznost izazvanu katastrofama i zamenimo je osećajem građanske osnaženosti. Kroz ovaj nastavni plan i program učenici uče da nisu nemoćni pred prirodnim katastrofama; umesto toga, oni stiču znanja i bezbednosne strategije koje su im neophodne da se snađu i zaštite tokom ekstremnih vremenskih nepogoda.

Konkretno, projekat ima za cilj da:

- Podstakne ekološku odgovornost: Pomogne učenicima da shvate da zaštita životne sredine nije stvar izbora, već apsolutna neophodnost za očuvanje bezbednosti njihove lokalne zajednice.
- Inspiriše održive svakodnevne navike: Usmeri učenike da pažljivo analiziraju svoju svakodnevnicu, prepoznaju navike koje štete životnoj sredini i odaberu ekološki prihvatljive alternative koje smanjuju njihov ugljenični otisak.
- Osnaži dizajn koji vode sami učenici: Nauči učenike da kritički procenjuju svoje okruženje. Oni će osmišljavati održiva poboljšanja za svoja školska dvorišta kako bi naučili kako da aktivno čuvaju prirodne resurse.

1.2. Hitna potreba za promenama u obrazovanju

Tradicionalni udžbenici i predavanja često nisu dovoljni za razumevanje apstraktnih, sistemskih naučnih koncepata. Da bi učenici zaista shvatili savremene STEM predmete i svu složenost klimatskih promena, nastava u učionicama mora da se pomeri sa

pasivnog slušanja ka aktivnom, prostornom istraživanju. Trodimenzionalni (3D) dizajn i virtuelna realnost (VR) pokazuju se kao ključni alati za ovu tranziciju.

1.2.1. Učiniti nevidljivo vidljivim

Glavna prepreka u STEM obrazovanju jeste to što su mnogi osnovni koncepti nevidljivi golim okom, bilo da je reč o mikroskopskim hemijskim vezama ili složenim arhitektonskim geometrijama. Imerzivne tehnologije rešavaju ovaj problem tako što omogućavaju učenicima da komuniciraju sa 3D modelima iz više uglova, što značajno poboljšava prostorno rezonovanje i pomaže dugoročnom pamćenju (Markowitz et al., 2018).

Štaviše, kada učenici pređu sa pukog posmatranja ekrana na stvarno projektovanje 3D okruženja, oni su primorani da primene interdisciplinarni način razmišljanja. Kreiranje održivog modela – kao što je modifikovano školsko dvorište – zahteva istovremeno razumevanje matematike, fizike i ekologije, čime se apstraktne formule pretvaraju u praktične, kreativne zadatke za rešavanje problema (Huang et al., 2023).

1.2.2. Dovođenje globalnih kriza u učionicu

Klimatske promene se smatraju težom temom za predavanje jer su njihovi efekti često spori, dugoročni i geografski udaljeni od svakodnevnog života učenika. VR praktično deluje kao digitalna ekskurzija, sažimajući vreme i prostor.

Istraživanja pokazuju da omogućavanje učenicima da virtuelno dožive neposredne, simulirane uticaje degradacije životne sredine, kao što je acidifikacija (povećanje kiselosti) okeana, dovodi do merljivog napretka u naučnom znanju i dublje radoznalosti za ekološke podatke (Markowitz et al., 2018). Kroz direktno vizuelizovanje ovih složenih ekosistema, učenici razvijaju snažniji osećaj lične povezanosti i empatije prema ekološkim problemima, što pomaže da se pasivna anksioznost pretvori u proaktivno zagovaranje u zajednici (Carmona-Galindo et al., 2025).

1.2.3. Povećanje angažovanja učenika i poboljšanje akademskog uspeha

Održavanje visokog nivoa angažovanja učenika u okviru zahtevnih STEM tema predstavlja stalan izazov za prosvetne radnike. Uvođenje interaktivnih elemenata i imerzivnih okruženja za učenje čini ove teške teme manje zastrašujućim, što prirodno podstiče motivaciju učenika i podstiče bolju saradnju u učionici (Alnuaimi, 2025).

Ovaj pomak u angažovanju direktno se odražava na akademske rezultate. Nedavne studije sprovedene u učionicama, koje su upoređivale imerzivne alate sa konvencionalnim metodama nastave, pokazuju da učenici koji koriste VR i AR postižu statistički više ocene na testovima nakon sprovedenih aktivnosti. To dokazuje da digitalni alati mogu direktno unaprediti akademski uspeh kada se pravilno primene (Pireva Nuci, 2026).

Na kraju, da bi ove tehnologije postale trajni deo javnog obrazovanja, a ne samo privremeni trend, one moraju biti blisko usklađene sa standardnim nastavnim

planovima i programima i podržane temeljnom obukom nastavnika (Ward, 2025). Ovo naglašava vrednost pilot-projekata kao što je VR4Clima, koji pružaju dokaze iz realnog okruženja koji su ministarstvima obrazovanja neophodni pre sprovođenja opsežnih reformi nastavnih planova i programa.

1.3. Uloga pilot-testiranja u kreiranju javnih politika

Prilikom osmišljavanja obimnih obrazovnih reformi, ministarstva i kreatori politika suočavaju se sa teškim izazovom: kako uvesti inovativne metode nastave a da se pritom ne naruši stabilnost postojećeg, funkcionalnog školskog sistema. U savremenom upravljanju obrazovanjem, pilot-testiranje služi kao primarni mehanizam za rešavanje ovog problema. Umesto primene korenitih promena odozgo nadole koje nose rizik od širokog institucionalnog otpora, kreatori politika se sve više oslanjaju na lokalizovane pilot-studije kako bi generisali empirijske dokaze, procenili strukturalnu izvodljivost i prikupili neophodne povratne informacije od zainteresovanih strana pre nego što novi pristup zvanično uvrste u nacionalno zakonodavstvo.

Istorijski gledano, velike investicije u obrazovanje bile su u velikoj meri usmerene na kupovinu hardvera ili izgradnju digitalne infrastrukture, bez prethodne provere da li se ti alati zaista odražavaju na bolji uspeh u učionici (Greaney, n.d.). Pilot-studije omogućavaju administrativnim telima da testiraju nove metodologije u kontrolisanom okruženju malog obima pre nego što izdvoje značajna javna sredstva.

Sprovođenjem preliminarne testiranja u odabranim školama, istraživački timovi mogu direktno da procene kako jedna inovacija utiče na specifične grupe učenika (Beets et al., 2021). Ovaj pristup zasnovan na podacima osigurava da se državni resursi usmeravaju isključivo na programe sa proverenim konceptom, čime se i javni fondovi i vreme koje učenici provode učeći štite od negativnih posledica ishitrenih implementacija na nivou cele zemlje.

Jedna od najvažnijih funkcija pilot-studije jeste identifikovanje onoga što istraživači nazivaju „pad napona“ (eng. voltage drop) – čest fenomen gde se izuzetni rezultati zabeleženi u malom ispitivanju sa bogatim resursima značajno smanjuju kada se program proširi na standardne, realne uslove.

Na primer, nedavna procena obrazovnih intervencija velikog obima pokazala je da, iako je inovativni okvir dao izuzetne rezultate tokom svoje strogo kontrolisane pilot-faze, ukupan obim njegovog efekta pao je na otprilike jednu trećinu nakon što su regionalne vlasti preuzele upravljanje koristeći standardno osoblje u državnim školama (Calle, 2026).

- Tehnička krivulja učenja i nedostaci u obuci među prosvetnim radnicima u tipičnim učionicama.
- Neočekivano opterećenje školske infrastrukture i IT administracije.

- Strukturalna prilagođavanja potrebna da se nova metodologija uklopi u krute, državno propisane nedeljne rasporede.

Obrazovne politike često propadaju tokom sprovođenja usled jaza u komunikaciji između zvaničnika na makro-nivou i praktičara na mikro-nivou (Shiwakoti, 2022). Ako nastavnici i školski odbori smatraju da im se novi nastavni plan i program nameće bez jasnih dokaza o njegovoj korisnosti, institucionalni otpor se prirodno javlja kao odbrambeni mehanizam za zaštitu postojećih rutina (Spiel, 2016).

Pilot-programi suštinski menjaju ovu dinamiku „odozgo nadole“ tako što krutu primenu javnih politika pretvaraju u saradnički i iterativni dijalog (Conrads, 2017). Integrisanjem pilot-projekta direktno u partnerske institucije, lokalni nastavnici deluju kao suistraživači, a ne kao pasivni objekti reforme. Pojedinačni izveštaji, kvalitativne povratne informacije i beleške sa terena koje ovi prosvetni radnici prikupe, omogućavaju kreatorima politika da unaprede program na osnovu stvarnih iskustava iz učionice. Ovakav angažman „odozdo nagore“ stvara prirodnu potražnju i poverenje na nivou celog sistema, što je od ključnog značaja za osiguravanje održivosti politike nakon što ona bude zvanično integrisana u nacionalni nastavni plan i program (Samoff, n.d.).

1.4. Obim i ciljevi istraživanja

Ova studija obuhvata sprovođenje projekta VR4Clima u partnerskim školama u Grčkoj i Srbiji. Škola u Grčkoj je 16. eksperimentalna osnovna škola u Lamiji, dok je škola u Srbiji Osnovna i srednja škola „Petro Kuzmjak“ (Ruski Krstur). Istraživanje je posebno usmereno na praktičnu integraciju softvera za 3D dizajn, kurseva virtuelne realnosti (VR) (kako za osnovno, tako i za srednje obrazovanje) i edukativnih video-igara (*serious gaming*¹) u svakodnevnu školsku rutinu. Istraživanje prikuplja i analizira podatke dobijene od nastavnika koji su držali nastavu i prisustvovali radionicama za profesionalno usavršavanje, kao i od ostalih nastavnika koji su posmatrali reakcije i ponašanje učenika tokom realizacije projekta.

Ciljevi istraživanja su:

- Da dokumentuje i objasni tačan kontekst u kojem su 3D dizajn i virtuelna realnost uspešno uvedeni u standardni nastavni proces.
- Da analizira kako prednosti (npr. angažovanje učenika, poboljšano prostorno prepoznavanje, empatija prema klimatskim problemima), tako i potencijalne

¹ Termin *serious gaming* (ozbiljne igre) odnosi se na posebnu kategoriju digitalnih igara i simulacija čija primarna svrha nije puka zabava, već edukacija, obuka, rešavanje kompleksnih problema ili podizanje svesti o specifičnim društvenim i naučnim temama (u ovom slučaju, o klimatskim promenama i održivosti).

nedostatke (npr. tehničke barijere, vremenska ograničenja) korišćenja VR tehnologije u realnom obrazovnom okruženju.

- Da ispita u kojoj meri je projekat uspešno unapredio STEAM² veštine i akademski uspeh učenika kroz analizu podataka o ocenama pre i posle sprovedenih aktivnosti.
- Da utvrdi da li su ove aktivnosti pomogle učenicima da stres i traumu izazvanu klimatskim promenama pretoče u kreativne inovacije, uz identifikaciju eventualnih promena u njihovim svakodnevnim izborima ka smanjenju ugljeničnog otiska.
- Da predloži konkretna poboljšanja projekta i predstavi strukturirani plan (mapu puta) za kreatore politika i ministarstva obrazovanja o tome kako da zvanično uvrste ove inovativne strategije nastave u nacionalne nastavne planove i programe.

² **STEAM** je međunarodni obrazovni model koji integriše nauku (*Science*), tehnologiju (*Technology*), inženjerstvo (*Engineering*), umetnost (*Arts*) i matematiku (*Mathematics*). Cilj ovog pristupa je da učenici kroz interdisciplinarne, praktične projekte razvijaju kritičko mišljenje i kreativno rešavaju realne probleme.

Poglavlje 2: Konceptualni okvir: 3D dizajn i VR u učionici

2.1. Pedagoški pristupi: Kako 3D dizajn i VR dopunjuju tradicionalne STEM lekcije.

Integracija 3D dizajna i virtuelne realnosti (VR) u osnovne i srednje škole rešava dugogodišnji izazov u STEM obrazovanju: prevođenje apstraktnih, višedimenzionalnih koncepata sa ravnih, dvodimenzionalnih medija. Dok su tradicionalne STEM lekcije veoma efikasne za podučavanje osnovnih pravila, formula i teorijskih okvira, one se često oslanjaju na pamćenje ili puka uputstva kada je reč o složenim, nevidljivim ili makrosistemskim pojavama. Imerzivne tehnologije dopunjuju ove tradicionalne okvire tako što služe kao interaktivni most između teorije i praktične, prostorne primene.

U tradicionalnim planovima i programima matematike i fizike, učenici provode značajno vreme radeći sa simboličkim zapisima, jednačinama i dijagramima iz udžbenika. Međutim, mapiranje 3D koordinatnog sistema ili vizuelizacija geometrijskih transformacija na beloj tabli samo po sebi ograničava prostorno razumevanje.

Uvođenjem 3D dizajna u nastavu geometrije i likovne kulture, učenici su podstaknuti da apstraktnu prostornu logiku pretoče u opipljive digitalne objekte. Kada učenici kreiraju 3D modele, kao što je rekonstruisano, održivo školsko dvorište, oni direktno primenjuju geometrijske dokaze, razmeru i proračune zapremine u realnom vremenu.

U tradicionalnoj nastavi hemije i fizike, prosvetni radnici se često muče da prikažu procese koji su ili previše mali da bi se posmatrali (molekularne interakcije), previše opasni za izvođenje u školskoj laboratoriji (hemijske reakcije) ili previše spori da bi im se prisustvovalo (klimatske promene).

VR funkcioniše kao visoko kontrolisana eksperimentalna laboratorija. Unutar prilagođenog VR okruženja, učenik može da menja varijable u modelu mikroklimе, donosi održive odluke i posmatra kako na te odluke može uticati prirodna katastrofa. Umesto da samo čitaju o efektu staklene bašte ili hemijskoj vezi u udžbeniku, učenici posmatraju mehaničke komponente sistema u pokretu. Ova imerzivna interakcija razjašnjava „kako“ i „zašto“ naučnih zakona, čime se utvrđuju predavanja koja drži nastavnik, a da se ona pritom ne zamenjuju.

Interdisciplinarni okvir 3D modelovanja i edukativnih video-igara ugrađuje STEM teoriju u realne inženjerske izazove. Da bi dizajnirali funkcionalan prostor otporan na klimatske promene, učenici moraju da objedine znanja iz više oblasti: koriste hemiju da procene ekološki otisak materijala, fiziku da analiziraju termodinamiku i umetnost (likovnu kulturu) da optimizuju raspored i dizajn. Ovaj holistički pristup čini ključne predmete daleko relevantnijim za učenike, pokazujući da su STEM veštine praktični alati potrebni za rešavanje hitnih globalnih problema, a ne samo teme na testu.

2.2. Pregled literature: Prednosti i potencijalni nedostaci XR-a (proširene realnosti) u osnovnom i srednjem obrazovanju na osnovu postojećih istraživanja.

Integracija proširene realnosti (XR) – koja uključuje virtuelnu realnost (VR), proširenu realnost (AR) i mešovitu realnost (MR) – u osnovno i srednje obrazovanje (učenici uzrasta od 6 do 18 godina) označava značajnu promenu u nastavi. Istorijski gledano, uvođenje novih medija u škole uvek je nailazilo na skepticizam u pogledu toga da li tehnologija služi kao koristan alat za učenje ili funkcioniše samo kao visokotehnološko skretanje pažnje. Nedavne studije sprovedene u učionicama i sistematski pregledi pružaju uravnoteženu perspektivu, pokazujući jasne prednosti za učenje, ali i značajne praktične i logističke prepreke koje škole moraju da savladaju.

2.2.1. Pedagoške koristi i prednosti

Stalan izazov sa kojim se suočavaju nastavnici u osnovnom i srednjem obrazovanju jeste kako da pomognu učenicima da povežu apstraktne, simboličke prikaze (kao što su jednačine, hemijske formule ili 2D dijagrami) sa trodimenzionalnom fizičkom stvarnošću. Imerzivne tehnologije rešavaju ovaj problem tako što služe kao interaktivni prostor za fizičko istraživanje i upravljanje objektima.

Nedavne studije pokazuju da sposobnost interakcije sa digitalnim objektima u 3D okruženju aktivira otelotvorenu kogniciju (eng. *embodied cognition*) – princip učenja prema kojem fizičko kretanje i prostorna interakcija direktno podstiču pamćenje i razumevanje koncepata (DIRV, 2025). Omogućavajući učenicima da pregledaju sistem, strukturu ćelije ili geometrijski oblik iz više uglova, interaktivni XR im pomaže da steknu intuitivno razumevanje ključnih naučnih i strukturalnih principa (International Journal of Instruction, 2025).

Konvencionalne metode nastave često se muče da održe visok nivo angažovanja, posebno kada predstavljaju obimne STEM predmete ili složene podatke o klimatskim promenama. XR menja ovu dinamiku tako što ulogu učenika pomera sa pasivnog slušaoca na aktivnog istraživača.

Podaci pokazuju da i VR i AR rešenja imaju statistički značajan, pozitivan uticaj na fokus učenika, njihovu radoznalost i emocionalnu posvećenost gradivu (Zatarain Cabada et al., 2022; DIRV, 2025). Ovaj imerzivni pristup čini zastrašujuće ili suve teme pristupačnim, pružajući učenicima bezbedno okruženje bez negativnih posledica u kojem mogu da uče kroz pokušaje i greške (arXiv, 2026).

Kada se upari sa fleksibilnim softverom zasnovanim na klaudu (oblaku), XR omogućava prosvetnim radnicima da primene personalizovane modele učenja prilagođene različitim potrebama učenika. Za seoske, nedovoljno finansirane ili izolovane škole, XR pomaže u izjednačavanju uslova rada tako što nudi napredne

virtuelne naučne laboratorije i ekskurzije koje bi inače bile previše skupe ili logistički neizvodljive za organizaciju (ResearchGate, 2025).

Štaviše, za učenike koji se suočavaju sa poteškoćama u učenju, anksioznošću od testiranja ili specifičnim kognitivnim izazovima, kontrolisana priroda virtuelne simulacije u kojoj sami određuju tempo uklanjanja neposredan društveni pritisak od neuspeha u školi, omogućavajući im da obrađuju složene koncepte sopstvenom brzinom (ResearchGate, 2025; arXiv, 2026).

2.2.2. Operativne slabosti i izazovi u sprovođenju

Uprkos velikom obrazovnom potencijalu, primena XR-a u mreži državnih škola podrazumeva niz realnih strukturalnih, fizičkih i finansijskih izazova.

Iako je prosečna cena samostalnih VR naočara opala tokom poslednjih nekoliko godina, ukupni troškovi vlasništva prevazilaze samu početnu kupovinu. Proširivanje jednog XR programa zahteva stabilne školske Wi-Fi mreže, stalno obnavljanje pretplata na softver, sredstva za popravku hardvera i upravljanje bezbednošću podataka. Bez kontinuiranog finansiranja na državnom nivou, oslanjanje na privremene donacije i projekte može dovesti do toga da skupa oprema stoji neiskorišćena u magacinima čim se pojave prvi tehnički problemi.

Glavno ograničenje uočeno u novijim pregledima literature jeste to što je veliki deo komercijalnog XR sadržaja dizajniran tako da prikaže vizuelne mogućnosti tehnologije, a ne da podrži konkretne planove lekcija. Programeri softvera često zanemaruju specifične pedagoške ciljeve koje zahtevaju nacionalni nastavni planovi i programi (DIRV, 2025).

Pored toga, standardni programi za pripremu i obuku nastavnika retko uključuju edukaciju o tome kako upravljati imerzivnim medijima u učionici uživo. Bez praktičnog, kontinuiranog profesionalnog usavršavanja, prosvetni radnici se suočavaju sa strmom krivuljom učenja dok pokušavaju da usklade rešavanje tehničkih problema, nadzor učenika i samo predavanje u okviru krutih i vremenski ograničenih rasporeda (Frontiers, 2025).

Fizički dizajn VR naočara i kaciga (HMD – *Head-Mounted Displays*) predstavlja praktičan izazov za mlađe učenike. Mnogi standardni modeli su preteški ili loše naležu na glavu učenika osnovnih škola, što dovodi do zamora vrata.

Takođe, problemi poput mučnine usled kretanja (*motion sickness*), naprezanja očiju i dezorijentacije – uzrokovanih neskladom između vizuelnog kretanja i fizičkog mirovanja – i dalje su realnost za određeni procenat korisnika (Frontiers, 2025). Ovo fizičko ograničenje nameće potrebu da škole uspostave stroga ograničenja u pogledu dužine korišćenja, obezbeđujući da se VR segmenti integrišu kao kratke, ciljane aktivnosti, a ne kao zamena za cele školske časove.

2.3. Kontekst integracije: Kako je tehnologija praktično ugrađena u svakodnevne školske procese partnerskih institucija

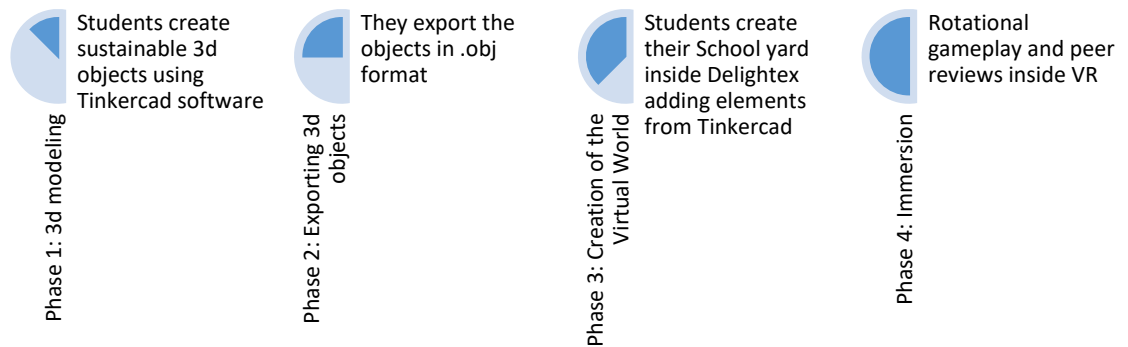
Da bi se procenila sistemska održivost VR4Clima okvira, razvijeni tehnološki alati direktno su ugrađeni u postojeće nedeljne rasporede glavnih obrazovnih partnera na projektu: 16. eksperimentalne osnovne škole u Lamiji (Grčka) i Osnovne i srednje škole „Petro Kuzmjak“ (Ruski Krstur, Srbija). Umesto organizovanja izolovanih vanrednih radionica, nastavnici su integrisali digitalne sadržaje direktno u standardno okruženje učionice. Ovaj pristup omogućio je projektnom timu da testira softver u realnim školskim uslovima, uključujući uobičajena ograničenja u pogledu vremena, prostora i dostupnosti hardvera.

Primena projekatne 3D obrazovne igre o održivosti bila je prilagođena specifičnom razvojnom uzrastu učenika i fizičkim ograničenjima hardvera u učionicama.

- Stariji razredi osnovne škole (5. i 6. razred)³: Učenici su igrali igru koristeći imerzivne VR naočare. Kako bi se proaktivno kontrolisali ergonomske rizici analizirani u prethodnim poglavljima – kao što su naprezanje očiju i vizuelni zamor – mehanika igre je namerno osmišljena sa strogim vremenskim ograničenjem, tako da se igra prirodno završava nakon 6 do 7 minuta neprekidnog igranja. Budući da nijedna institucija nije posedovala dovoljno VR naočara da bi odnos učenika i uređaja bio 1:1, nastavnici su organizovali časove po modelu rotacije. Dok su pojedinačni učenici ili manje grupe naizmenično prolazili kroz virtuelno okruženje, ostatak odeljenja je radio prateće zadatke na papiru ili učestvovao u zajedničkim vršnjačkim diskusijama.
- Mlađi razredi osnovne škole (3. i 4. razred)⁴: Da bi se osigurala bezbednost i uvažili razvojni nivoi mlađeg uzrasta, na projektu je primenjena standardna PC verzija igre o održivosti. Ovo je omogućilo da čitava odeljenja istovremeno prolaze kroz klimatske scenarije koristeći postojeće školske računarske kabinete, čime je maksimalno povećana efikasnost resursa bez žrtvovanja obrazovnog sadržaja.

³U grčkom obrazovnom sistemu osnovna škola traje šest godina (uzrast od 6 do 12 godina), te se u izvornom tekstu pod pojmom „stariji razredi osnovne škole“ (*Upper Primary*) podrazumevaju 5. i 6. razred. U kontekstu učešća škole iz Srbije, ovi razredi se poklapaju sa početkom drugog ciklusa (starijih razreda) domaćeg osnovnog obrazovanja.

⁴Pod pojmom „mlađi razredi“ (*Lower Primary*) u izvornom tekstu se podrazumevaju 3. i 4. razred grčke osnovne škole, što odgovara prvom ciklusu (mlađim razredima) osnovnog obrazovanja u Srbiji.



Učenici su započeli rad tako što su u programu *Tinkercad* dizajnirali strukturalno precizne 3D održive objekte. Ova faza je od njih zahtevala da primene osnovne geometrijske principe kako bi izgradili digitalne modele ekološki prihvatljive infrastrukture. Nakon što su ovi elementi završeni, učenici su izvezli svoje prilagođene datoteke i uvezli ih u okruženje za kreiranje virtuelne realnosti *Delightex*. Unutar platforme *Delightex*, učenici su koristili elemente koje su napravili u *Tinkercadu* kako bi izgradili sveobuhvatne izglede svojih idealnih školskih dvorišta, otpornih na klimatske promene.

Završna faza je oživila ove dizajne. Koristeći dostupne VR naočare prema unapred utvrđenom rasporedu rotacije, učenici su zakoračili u virtuelna školska dvorišta koja su sami kreirali, doživljavajući prostornu razmeru svojih dizajna iz prve ruke i pozivajući odeljenjske drugove da procene njihove ekološke izbore.

Svaka sesija sprovođenja aktivnosti završavala se obaveznom refleksijom u učionici koju je vodio nastavnik. Učenici su diskutovali o tome kako su njihovi dizajnerski izbori direktno uticali na ugljenični otisak, koje su greške otkrili tokom svog imerzivnog prolaska kroz virtuelni prostor i kako bi se ove virtuelne modifikacije mogle pretočiti u stvarne ekološke akcije u njihovim lokalnim zajednicama. Ova završna faza refleksije bila je ključna za povezivanje digitalne igre sa stvarnom građanskom odgovornošću.

Poglavlje 3: Metodologija i prikupljanje podataka

Kako bi se sveobuhvatno izmerio uticaj VR4Clima okvira, Univerzitet u Tesaliji je primenio evaluacioni dizajn zasnovan na mešovitim metodama, koji usklađuje kvantitativne metrike uspeha sa strukturiranim, kvalitativnim povratnim informacijama iz samih institucija. Operativna i iskustvena osnova ove evaluacije direktno se oslanja na sveobuhvatne Izveštaje o sprovođenju i adaptaciji u školama, koje su sastavili rukovodioci i nastavni kadar u glavnim partnerskim institucijama: 16. eksperimentalnoj osnovnoj školi u Lamiji (Grčka) i Školi „Petro Kuzmjak“ (Srbija).

Analiziranjem ovih finalnih skupova podataka o sprovođenju aktivnosti, evaluacioni tim je bio u mogućnosti da upoređi sirove akademske podatke i trendove u ponašanju sa stvarnom situacijom u učionicama uživo.

3.1. Kvalitativno prikupljanje podataka

Kvalitativni segment ove studije prevazilazi puko posmatranje tako što direktno iz dokumentacije partnerskih škola izdvaja ključne operativne kodove i šifre ponašanja. Ovi narativni izveštaji obezbedili su tri različita toka podataka:

- Prilagođavanje infrastrukture i sistemska ograničenja: Obe institucije su dokumentovale svoje tačne konfiguracije hardvera, u rasponu od stonih računara u kabinetima za informatiku do samostalnih VR naočara. Ovo je generisalo ključne podatke o sistemskim uskim grlima, kao što su ograničenja propusnog opsega interneta tokom istovremenih prijava na platformu, jezičke barijere u digitalnim interfejsima i logistička realnost rotiranja grupa učenika kroz ograničen broj uređaja.
- Lingvistička evolucija i evolucija u ponašanju: Umesto procene pukog reprodukovanja informacija iz pamćenja, kvalitativno izveštavanje pratilo je promene u načinu na koji učenici artikuliraju pretnje po životnu sredinu. Nastavnici su dokumentovali da su nakon igranja 3D igre i gledanja 10 animacija povezanih sa mikroklimom, učenici prešli sa korišćenja neodređenih, opštih fraza na lokalizovan, proaktivan rečnik fokusiran na realne akcije kao što su sadnja drveća, smanjenje otpada, očuvanje vode i prevencija poplava.
- Pedagoški kapacitet i samopouzdanje nastavnika: Izveštaji prate nivo komfora koje su nastavnici sami procenili pre i posle radionica za obuku na projektu. Ovo praćenje je zabeležilo varijacije u početnom tehničkom samopouzdanju, strategije koje su korišćene za upravljanje vremenom na času, kao i dugoročnu nameru prosvetnih radnika da ove metode 3D dizajna uvrste u šire predmete

kao što su geografija, TIK (informatika i računarstvo), biologija i likovna kultura.

3.2. Kvantitativno prikupljanje podataka

Iako institucionalni izveštaji pružaju bogat opisni tekst, oni su sistematski upareni sa kvantitativnim metricima uspeha kako bi se izolovali uzročno-posledični odnosi. Ovaj pristup zasnovan na mešovitim metodama koristi kvalitativnu dokumentaciju da bi objasnio numeričke promene uočene u podacima o učenicima:

- Potvrda poboljšanja ocena u STEM predmetima: Kada statistička analiza izmeri promene u ocenama iz matematike, geometrije ili fizike, tekst izveštaja pruža osnovno pedagoško objašnjenje. Na primer, kvantitativni skok u razumevanju geometrije ili fizike direktno je uparen sa kvalitativnim dokazima o učenicima koji fizički upravljaju dimenzijama, razmerama, obimima i orijentacijom sunca/vetra tokom vežbi dizajniranja školskog dvorišta.
- Inkluzivnost i diferencirani profili učenja: Dizajn evaluacije povezuje kvantitativne metrike korišćenja sa demografskim podacima u učionici. Izveštaji potvrđuju da je vizuelni koncept interfejsa za VR i 3D modelovanje, koji nije opterećen tekстом, omogućio učenicima sa posebnim obrazovnim potrebama ili različitim tempom učenja da ostanu aktivno angažovani kroz praktično eksperimentisanje, čime je postavljen osnovni kontekst za jednake ishode učenja.

Poglavlje 4: Projekatne aktivnosti i analiza sprovođenja

4.1. Hronološki opis aktivnosti

Operativna hronologija projekta VR4Clima bila je strukturirana tako da se sukcesivno kretala od početnog razvoja digitalnih sadržaja do aktivne integracije u učionice. Tokom prve godine, konzorcijum se fokusirao na izgradnju tehničkih osnova projekta i interaktivnih digitalnih alata. Kompanija *VRAcademi Limited* preuzela je vodeću ulogu u programiranju glavne 3D obrazovne igre o održivosti, razvijajući je istovremeno u imerzivnom VR formatu i standardnom PC formatu za stona računara. U isto vreme, Centar za promociju nauke (CPN) u Srbiji producirao je deset edukativnih animacija povezanih sa mikroklimom, dok je Nacionalni tehnički univerzitet u Atini (NTUA) projektovao „Klimatsku kartu Evrope za učenike“. Nakon što su ovi osnovni elementi završeni, oni su direktno implementirani u stvarne školske sredine. Igra je prošla pilot-testiranje u partnerskim školama pre nego što je distribuirana proširenoj mreži spoljnih škola radi prikupljanja početnih korisničkih podataka.

Druga godina pomerila je fokus projekta ka izgradnji kapaciteta i izradi glavnog rezultata projekta – „VR kursa“ – pod vođstvom Univerziteta u Tesaliji (UTH). Kako bi se osiguralo da nastavni plan i program bude praktičan za svakodnevnu upotrebu u učionicama, UTH je započeo rad intervjuisanjem nastavnika iz prakse koji su upisani na master programe ovog univerziteta, sa ciljem da se analiziraju njihove specifične potrebe. Povratne informacije ovih prosvetnih radnika bile su direktne: naveli su da su kratki video-snimci o aplikacijama neefikasni, izrazivši snažnu želju za strukturiranim tutorijalima koji vode korisnika korak-po-korak. Zbog toga je UTH dizajnirao sveobuhvatne module obuke za programe *Tinkercad*, *Tinkercad Codeblocks* i *Delightex Edu*, koji su upakovani u dva zasebna VR kursa prilagođena posebno za nivo osnovnog i nivo srednjeg obrazovanja. Ovaj okvir je realizovan kroz velike radionice za obuku, čime je uspešno pripremljeno 185 nastavnika širom Evrope da samostalno sprovedu program 3D dizajna i VR-a sa svojim učenicima.

Završna faza projekta usmerila je ove novoizgrađene kapacitete u zajedničku dizajnersku inicijativu učenika. U 22. mesecu (M22) projektnog ciklusa, zvanično je lansirano Evropsko takmičenje škola u okviru projekta VR4Clima, koje je postavilo izazov pred učenike da dizajniraju održive modifikacije za svoja stvarna školska dvorišta, otporne na klimatske promene. Takmičarska faza je završena u aprilu 2026. godine, privukavši prijave 38 različitih učeničkih timova iz škola širom Evropske unije. Koristeći geometrijske procese rada u *Tinkercadu* i mehaniku prostornog postavljanja ekoloških elemenata u *Delightexu*, ovi timovi su projektovali detaljne 3D modele ekološki prihvatljive infrastrukture. Kako bi se sačuvali i prikazali ovi radovi učenika, *VRAcademi* je objedinio svih 38 prijava u jedan, međusobno povezan izložbeni prostor Virtuelnog sveta, omogućavajući odeljenjima širom Evrope da virtuelno posete i procene ekološke izbore svojih vršnjaka.

4.2. Obim uspešnosti po aktivnostima:

Kako bi procenio ukupnu efikasnost VR4Clima okvira, konzorcijum je analizirao svaku ključnu aktivnost u odnosu na njene predviđene ciljeve i praktičnu stvarnost na terenu. Dnevници povratnih informacija koje su dostavile partnerske škole otkrivaju da su, iako su digitalni rezultati postigli značajan uspeh u pogledu angažovanja učenika i pedagoških ishoda, specifične faze naišle na lokalizovana sistemski uska grla koja su zahtevala prilagodljiva rešenja.

4.2.1. Primena 3D obrazovne igre o održivosti i medijskih sadržaja

Uvođenje 3D igre i pratećih deset animacija o mikroklimi uspešno je ispunilo svoj cilj transformacije načina na koji učenici koncipiraju ekološke probleme.

- Ostvarivanje ciljeva (Benchmark): Vizuelna i interaktivna priroda softvera efikasno je premostila jaz između globalne teorije i lokalne stvarnosti. Kvantitativne i kvalitativne povratne informacije potvrđuju da su učenici prevazišli pasivnu anksioznost izazvanu klimatskim promenama i počeli da koriste lokalizovan rečnik orijentisan na akciju kako bi predložili strukturalna rešenja kao što su sadnja drveća, sakupljanje vode i termičko zasenčavanje u svojim zajednicama.
- Operativna trenja: Ograničenja hardvera i jezička pristupačnost predstavljali su posebne prepreke. U školi u Srbiji mlađi učesnici su imali poteškoća zbog nedostatka prevoda na lokalni jezik. U školi u Grčkoj, istovremene prijave čitavih odeljenja na klad platforme izazvale su povremena usporavanja i kašnjenja internet protoka (protoka mreže).

4.2.2. VR kurs i obuke za nastavnike

Faza izgradnje kapaciteta pod vođstvom Univerziteta u Tesaliji (UTH) premašila je početna očekivanja u pogledu angažovanja, ali je istovremeno ukazala na strm krivulju učenja sa kojom se suočio školski kadar.

- Ostvarivanje ciljeva (Benchmark): Strukturisanjem materijala za obuku u izuzetno detaljne tutorijale koji vode korisnika korak-po-korak kroz programe *Tinkercad* i *Delightex Edu*, UTH je uspešno obučio 185 nastavnika širom Evrope. Ova strukturisana priprema direktno se odrazila na ogroman porast digitalne pismenosti nastavnika i njihovih dugoročnih profesionalnih kapaciteta.

- Operativna trenja: Nastavnici su u početku prijavljivali nizak nivo samopouzdanja kada su bili primorani da upravljaju složenim procesima 3D renderovanja u okviru krutih državnih rasporeda časova. Da bi održale kontinuitet nastave, škole su morale da se oslone na strategije saradničkog podučavanja (*co-teaching*) kako bi podelile teret tehničkog rešavanja problema i nadzora učenika između više članova osoblja.

4.2.3. Evropsko takmičenje škola i arhiva Virtuelnog sveta

Završna faza projekta poslužila je kao uspešna potvrda STEAM modelovanja koje vode sami učenici.

- Ostvarivanje ciljeva (Benchmark): Privukavši prijave 38 različitih učenjskih timova širom Evrope, takmičenje je dokazalo da učenici mogu uspešno da pretoče nauku o klimi u fizičke 3D nacрте. Učenici su pokazali visok nivo savladanosti geometrijskih principa – kao što su razmera, zapremina, obim i simetrija – dok su konfigurisali izgledе svojih ekoloških školskih dvorišta. Vizuelni format je takođe delovao kao odličan faktor izjednačavanja za inkluzivno obrazovanje, omogućavajući učenjcima sa slabijim školskim uspehom ili onima sa posebnim obrazovnim potrebama da aktivno dizajniraju rame uz rame sa svojim vršnjacima.
- Operativna trenja: Glavno usko grlo proisteklo je iz neujednačenih digitalnih veština među učesničkim timovima učenika, što je pretilo da odloži predaju projektnih radova. Nastavnici su ovaj problem rešili uvođenjem sistema vršnjačkog mentorstva unutar samih učenjskih timova, fokusirajući se na zajednički napredak grupe i holističku obrazovnu vrednost dizajna, umesto na težnju za tehničkim savršenstvom. Finalno objedinjavanje svih 38 radova u trajnom Virtuelnom svetu kompanije VRAcademi uspešno je sačuvalo ove učenjske uspehe za prekograničnu vršnjačku recenziju.

4.3. Sinteza školskih izveštaja:

Uporedni pregled finalne dokumentacije o sprovođenju aktivnosti otkriva kako su različiti institucionalni konteksti oblikovali primenu rezultata projekta VR4Clima. Iako su obe škole uspešno integrisale 3D igru i VR kurseve, njihove jedinstvene infrastrukture, strategije planiranja rasporeda i regionalni fokusi pružaju dragocene uvide u to kako se ovi digitalni alati ponašaju u različitim evropskim školskim sistemima.

Konfiguracije hardvera i tehnički izazovi sa kojima se svaka institucija suočila istakli su različite aspekte upravljanja resursima u učionici:

- Konfiguracije hardvera: 16. eksperimentalna osnovna škola u Lamiji primenila je kombinovani pristup sa hardverom niske barijere (pristupačnijim uređajima). Oni su se prvenstveno oslanjali na ekrane stonih računara u svom TIK kabinetu za demonstracije pred celim odeljenjem i za grupni rad, rotirajući učeničke timove kroz dostupne digitalne uređaje. Nasuprot tome, Škola „Petro Kuzmjak“ je primenila dualni sistem koji je kombinovao samostalne VR naočare sa računarima u TIK kabinetu, omogućavajući direktna imerzivna iskustva uporedo sa interakcijom preko ekrana.
- Infrastrukturna i tehnička uska grla: Škola „Petro Kuzmjak“ je prijavila potpuno nesmetanu tehničku primenu bez većih infrastrukturnih uskih grla. Nasuprot tome, Osnovna škola u Lamiji nailazila je na povremena ograničenja propusnog opsega interneta i nestabilnost platforme kada su čitava odeljenja pokušavala istovremeno da se prijave na programe *Tinkercad* i *Delightex Edu*. Da bi ublažio ovaj problem, grčki nastavni tim je prilagodio tempo rada, unapred učitao materijale gde god je to bilo moguće i naložio učenicima da skiciraju dizajne na papiru pre nego što pređu na digitalni softver.

Svaka partnerska škola je mapirala rezultate projekta u svoje postojeće rasporede časova koristeći različite pedagoške pristupe:

- Mapiranje predmeta: Škola „Petro Kuzmjak“ primenila je izrazito naučni i tehnički pristup, integrišući igru i kurseve direktno u časove informatike, biologije i ekologije. Oni su takođe proširili domet projekta tako što su ga uvrstili u svoj specijalizovani vannastavni STEM letnji kamp. Sa druge strane, 16. eksperimentalna osnovna škola u Lamiji izabrala je širok, interdisciplinarni put, prožimajući izazov održivog školskog dvorišta kroz nastavu ekološkog obrazovanja, prirode i društva, geografije, TIK-a, likovne kulture i matematike/geometrije, kako bi izgradila kulturu održivosti na nivou cele škole.
- Jezik i kriva učenja: Obe škole su uočile ograničenja u pogledu rasporeda nastavnika i krive učenja učenika, ali su se suočile sa različitim lokalnim preprekama. Za srpski tim, jezičke barijere su bile značajna tačka otpora, pošto pojedini obrazovni resursi i softverski interfejsi nisu bili dostupni na lokalnom jeziku, što je mlađim učenicima otežalo razumevanje tehničkih pojmova. Grčki tim se najviše fokusirao na upravljanje neujednačenim digitalnim veštinama među učenicima. Obe škole su uspešno odreagovale i prilagodile se tako što su zadatke podelile na manje korake, uvele vršnjačko mentorstvo i dale prednost zajedničkom grupnom radu u odnosu na pojedinačno tehničko savršenstvo.

Uprkos razlikama u samom sprovođenju aktivnosti, kvalitativni ishodi u obe institucije pokazali su izuzetnu usklađenost u pogledu razvoja učenika i kapaciteta nastavnika:

- Lingvistički i konceptualni pomaci: U oba regiona, kombinacija 3D igre i 10 animacija o mikroklimi suštinski je promenila način na koji učenici diskutušu o ekološkim opasnostima. Nastavnici u obe škole su primetili da su učenici napustili pasivne ili apstraktne ideje o klimatskim promenama. Umesto toga, počeli su da povezuju globalne izazove sa sopstvenim okruženjem – diskutujući o lokalnim poplavama, toplotnim talasima i šumskim požarima, dok su istovremeno aktivno predlagali dizajnerska rešenja (poput sadnje drveća, postavljanja solarnih panela i sistema za sakupljanje vode) kako bi smanjili ugljenični otisak svoje škole.
- Entuzijazam za STEM i inkluzivnost: Oba izveštaja eksplicitno ističu porast angažovanja na časovima, posebno među učenicima kojima su tradicionalne STEM lekcije ranije bile nedovoljno zanimljive. Izrazito vizuelna, prostorna i praktična priroda 3D modelovanja i VR-a omogućila je i naprednijim učenicima i onima koji uče sporijim tempom, kao i učenicima sa posebnim obrazovnim potrebama ili poteškoćama u čitanju, da u potpunosti učestvuju, bez kočenja od strane nastavnih planova preopterećenih tekstom.
- Profesionalni razvoj nastavnika: Prosvetni radnici u obe škole prijavili su značajan porast svoje digitalne pismenosti i samopouzdanja u nastavi. Iako su u početku bili neodlučni u vezi sa korišćenjem naprednih alata kao što su *Delightex Edu* i *Tinkercad*, nastavnici su razvili veću digitalnu otpornost kroz direktnu realizaciju aktivnosti u učionici. Obe škole su potvrdile da njihovo nastavno osoblje planira da nastavi sa korišćenjem 3D dizajna i istraživačkih modela zasnovanih na simulacijama u narednim polugodištima.

Sinteza ovih izveštaja dokazuje da se VR4Clima okvir dobro prilagođava različitim nivoima školske infrastrukture. Bez obzira na to da li su bile ograničene propusnim opsegom interneta ili jezičkim barijerama, obe institucije su prevazišle tehničke prepreke kroz saradničko podučavanje i fleksibilno upravljanje učionicom.

Na kraju, obe škole su došle do potpuno istog zaključka u svojim finalnim strateškim preporukama za kreatore javnih politika u Evropskoj uniji: uspešno širenje projekta na nacionalni nivo ne može se osloniti isključivo na hardver; ono zahteva kontinuiranu obuku nastavnika, strukturisanu tehničku podršku i gotove, uzrastu prilagođene digitalne scenarije učenja koji povezuju nauku o klimi sa stvarnim lokalnim problemima.

Poglavlje 5: Rezultati evaluacije i ključni nalazi

5.1 Uticaj na učenje učenika i ocene iz STEM predmeta:

Izolovanje direktnog uticaja imerzivnih digitalnih alata na akademski uspeh zahteva da se zanemari puki entuzijazam u učionici i ispituju konkretni podaci o ocenama. Kako bi procenio da li je VR4Clima okvir sistematski poboljšao ishode učenja učenika, Univerzitet u Tesaliji je analizirao metriki uspeha učenika u ključnim STEM/STEAM predmetima povezanim sa projektom: fizici, hemiji, matematici, geometriji i likovnoj kulturi. Ova analiza se oslanjala na poređenje školskih evidencija o uspehu iz polugodišta pre i nakon projektne intervencije, što je direktno kontekstualizovano kvantitativnim povratnim informacijama iz školskih izveštaja o sprovođenju.

Najvidljivija kvantitativna i kvalitativna poboljšanja ocena dogodila su se u okviru nastavnih planova i programa za geometriju i matematiku. Pre projekta, nastavnici u obe partnerske institucije primetili su da su učenici često imali poteškoća sa čisto simboličkim prostornim konceptima, kao što su transformacije razmera, proračuni površine, metriki zapremine i simetrija.

Kada su učenici dobili zadatak da dizajniraju svoja održiva školska dvorišta, ova apstraktna matematička pravila postala su konkretne strukturalne granice. Prema izveštaju Škole „Petro Kuzmjak“, učenici su direktno primenjivali koncepte površine, obima, uglova i razmere kako bi optimizovali svoje rasporede, koristeći merenje i procenu za evaluaciju efikasnosti prostora. Izveštaj 16. eksperimentalne osnovne škole u Lamiji potvrdio je ovaj trend, pokazujući da je upravljanje digitalnim 3D oblicima u *Tinkercadu* omogućilo učenicima da testiraju alternative i vide trenutne geometrijske rezultate svojih matematičkih odluka. Ovo praktično rešavanje prostornih problema dovelo je do merljivog povećanja rezultata na testovima, posebno na nastavnim modulima koji pokrivaju 3D prostorne odnose, koordinatne ravni i procenu zapremine.

Sličan uzlazni trend u postignućima učenika zabeležen je i na časovima osnova prirodnih nauka i fizike. Tradicionalno, podučavanje mehanike životne sredine oslanja se na statične modele iz udžbenika koji su učenicima često nedovoljno zanimljivi.

Podaci o ocenama pokazuju da je korišćenje 3D igre o održivosti i 10 animacija povezanih sa mikroklimom premostilo ovaj jaz u razumevanju. Kako je dokumentovao grčki nastavni tim, softver za dizajniranje primorao je učenike da procene varijable povezane sa fizikom, uključujući izloženost dnevnoj svetlosti, senku, temperaturu okoline i izbore vezane za materijalni otisak. Vizuelizacijom ovih složenih sistema u pokretu, umesto memorisanja suve teorije, učenici su pokazali značajno više stope retencije (zadržavanja) znanja na završnim ispitima, pri čemu su najveći dobici u uspehu zabeleženi u modulima koji pokrivaju efekat staklene bašte, distribuciju obnovljive energije i mikroklimatske varijacije.

Pored opštih odeljenjskih proseka, praćenje ocena otkrilo je ključan trend u pogledu pravičnosti i inkluzivnosti: najznačajniji akademski rast dogodio se među učenicima koji su ranije postizali slabije rezultate ili su smatrali tradicionalne STEM lekcije dosadnim.

Oba institucionalna izveštaja su eksplicitno navela da je format resursa VR4Clima, zasnovan na igri i kreativnosti, smanjio akademsku anksioznost i povećao motivaciju među kohortama učenika sa slabijim uspehom. Interaktivna priroda VR alata, koja nije opterećena tekstom, omogućila je učenicima koji se obično muče sa naučnim materijalima koji zahtevaju intenzivno čitanje da u potpunosti učestvuju kroz posmatranje, dizajn i direktno eksperimentisanje. Umesto da se povuku u pasivno ponašanje, ovi učenici su postali aktivni učesnici u grupnom dizajnerskom radu, pokazali su vidljiv ponos na svoja inženjerska rešenja i preneli ovaj novi angažman u više ocene na testovima nakon intervencije.

Na kraju, podaci dobijeni mešovitim metodama dokazuju da su se ocene zaista poboljšale. Ovaj rast se dogodio zato što je projekat uspešno redefinisao i uskladio STEM/STEAM okvir. Spajanjem nauke, tehnologije, inženjerstva i umetnosti u jedan konkretan projekat, nastavni plan i program je transformisao apstraktnu teoriju u autentično, nezaboravno iskustvo rešavanja problema.

5.2. Percepcije nastavnika i učenika

Kako bi mapirao percepcije nastavnika i učenika, Univerzitet u Tesaliji je prikupio i analizirao kvantitativne odgovore iz upitnika uporedo sa detaljnim narativnim podacima iz školskih anketa. Ove ankete su pratile ključne metrike, uključujući početnu anksioznost prema tehnologiji, motivaciju u učionici, promenu stavova o odgovornosti prema životnoj sredini i ukupno pedagoško zadovoljstvo.

5.2.1. Percepcije učenika: Od apstraktne anksioznosti do akcije

Povratne informacije prikupljene kroz upitnike za učenike pokazale su značajan pomak u načinu na koji mladi polaznici posmatraju klimatske probleme i sopstvenu ulogu u njihovom rešavanju.

- Evolucija stavova o ekološkim pretnjama: Pre projekta, ankete među učenicima otkrile su da su mnogi učesnici prirodne katastrofe videli kao daleke, apstraktne događaje koji se dešavaju nasumično i koji su potpuno van ljudske kontrole. Nakon igranja 3D igre i gledanja 10 animacija povezanih sa mikroklimom, jezik učenika se značajno promenio. Upitnici i beleške sa časova pokazali su da su učenici počeli da diskutuju o klimatskim promenama u konkretnim, lokalizovanim terminima, direktno povezujući globalne probleme sa regionalnim opasnostima kao što su toplotni talasi, šumski požari i poplave u Grčkoj i Srbiji.

- Novi osećaj ličnog delovanja (Agency)⁵: Podaci pokazuju jasan zaokret od pasivne klimatske anksioznosti ka aktivnom rešavanju građanskih problema. Umesto uopštenih komentara o „spasavanju planete“, učenici su u svojim odgovorima u upitnicima predlagali praktična, lokalna rešenja. Redovno su povezivali svoje izbore 3D dizajna u *Tinkercadu* sa stvarnim smanjenjem ugljeničnog otiska, diskutujući o strukturalnim poboljšanjima kao što su sadnja drveća, sakupljanje kišnice, dodavanje solarnog zasenčenja i uvođenje mesta za reciklažu kako bi njihove škole postale bezbednije i energetske efikasnije.

5.2.2. Percepcije nastavnika: Izgradnja digitalnog samopouzdanja i fokus u učionici

Za prosvetne radnike, upitnici su osvetlili put profesionalnog razvoja, prateći njihov prelazak od početnog oklevanja do visokog pedagoškog zadovoljstva.

- Prevazilaženje tehničke nesigurnosti: Početne ankete sprovedene pre radionica za obuku pokazale su da su nastavnici u obe škole prijavili nizak nivo samopouzdanja pri prvom susretu sa složenim alatima kao što su *Delightex Edu* i *Tinkercad*. Međutim, upitnici nakon sprovedenih aktivnosti otkrili su ogroman porast digitalne pismenosti. Prosvetni radnici su razvili snažnu digitalnu otpornost, naučivši da uspešno prevazilaze realne infrastrukturne izazove – kao što su ograničenja propusnog opsega interneta, nedostatak prevoda u softverskim interfejsima i rotiranje grupa učenika kroz ograničen broj uređaja – radi ostvarivanja jasnih ciljeva učenja.
- Poboljšani fokus i upravljanje časom: Nastavnici su prijavili visoko zadovoljstvo u pogledu fokusa učenika i upravljanja učionicom. Istraživački format resursa VR4Clima, zasnovan na igri, prirodno je privukao pažnju učenika i sveo na minimum skretanje pažnje na sporedne stvari u poređenju sa tradicionalnim lekcijama preopterećenim tekstom. Dodeljivanjem jasnih uloga unutar grupa i postavljanjem vidljivih dizajnerskih ciljeva, nastavnicima je bilo lakše da vode svoja odeljenja, što je rezultiralo saradničkim okruženjem u kojem su učenici aktivno testirali ideje, postavljali dublja pitanja i pokazivali vidljiv ponos na svoj rad.

Završna anketna pitanja potvrdila su da je projekat izazvao trajnu promenu u načinu na koji obe škole pristupaju ekološkom obrazovanju. Umesto da posmatraju VR i 3D modelovanje kao jednokratne aktivnosti ili opcione dodatke, obučeni nastavnici su

⁵ Koncept „**personal agency**“ (lično delovanje / autonomija pojedinca) u pedagogiji označava svest učenika o sopstvenoj sposobnosti i moći da aktivno utiče na svoje okruženje, donosi odluke i inicira promene, nasuprot pasivnom usvajanju informacija.

eksplicitno izrazili nameru da nastave sa korišćenjem ovih principa dizajna i u narednim polugodištima.

Podaci iz upitnika naglašavaju zajedničku spoznaju među osobljem da se ovi alati mogu lako primeniti u više disciplina, uključujući geografiju, TIK, biologiju i likovnu kulturu. Zamenom pasivnog čitanja udžbenika vizuelnim, istraživačkim simulacijama, projekat je uspešno modernizovao osnovni pristup škola naukama o životnoj sredini, pokazujući nastavnicima i učenicima da se na složene lokalne probleme može odgovoriti kroz kreativno, praktično inženjerstvo.

5.3. Sveobuhvatna SWOT analiza

5.3.1. Unutrašnji faktori: Snage i slabosti

Snage (Ono što je prošlo dobro)

- Visoko angažovanje i motivacija učenika: U obe osnovne škole, integracija ozbiljnih video-igara (*serious gaming*) i 3D modelovanja dovela je do izuzetnog fokusa i istrajnosti učenika. Ovaj format je sveo na minimum ometanja na času i produžio opseg pažnje učenika u poređenju sa tradicionalnom nastavom preopterećenom tekstem.
- Duboko pedagoško usklađivanje: Zahtevi prostornog dizajna uspešno su transformisali apstraktne koncepte u konkretne primene. Učenici su vidno poboljšali svoje razumevanje geometrije (površina, razmera, obim) i fizike (orijentacija sunca/vetra, termičko zasenčenje, stabilnost) kroz aktivno, praktično modelovanje.
- Merljivi kognitivni pomak u klimatskoj pismenosti: Kombinacija 3D igre i 10 animacija o mikroklimi promenila je rečnik učenika – od neodređenih ekoloških uopštavanja prešli su na precizne, lokalizovane diskusije o realnim merama ublažavanja klimatskih promena (kao što su očuvanje vode, sadnja drveća i opasnosti od poplava).
- Veća inkluzija i pristupačnost: Vizuelna i prostorna priroda ovih alata izjednačila je uslove za različite tipove učenika. Učenici koji uče različitim tempom, oni sa posebnim obrazovnim potrebama ili poteškoćama u čitanju, mogli su u potpunosti da učestvuju i sarađuju kroz dizajn, umesto kroz tekst.
- Digitalna otpornost nastavnika i izgradnja kapaciteta: Uprkos nižem početnom samopouzdanju, kombinacija vebinara za obuku i direktne primene u učionici značajno je podigla digitalnu pismenost nastavnika. Prosvetni radnici su uspešno izgradili dugoročne profesionalne kapacitete i prilagodili svoje

osnovne pristupe naukama o životnoj sredini.

Slabosti (Ono što je predstavljalo problem)

- Socio-tehnička kriva učenja: Implementacija složenog prostornog softvera, kao što je *Tinkercad*, otkrila je neujednačene digitalne veštine među kohortama učenika osnovnih škola.
- Institucionalna vremenska ograničenja: Uklapanje ovih višestepenih digitalnih procesa rada u krute, zahtevne i već postojeće nacionalne školske rasporede časova stvorilo je veliko opterećenje za plan rada nastavnika.
- Jezički nedostaci i problemi sa prevodom: Tehnički interfejsi i obrazovni resursi unutar digitalnih alata povremeno nisu imali prevod na lokalne jezike, što je predstavljalo očiglednu barijeru za mlađe učesnike koji su pokušavali da savladaju složene pojmove.
- Zavisnost od platformi i osetljivost na propusni opseg mreže: Zahtevi za istovremenu prijavu celog odeljenja na klad platforme (*Tinkercad* i *Delightex Edu*) izazivali su kašnjenja mreže i nestabilnost platformi, što je od nastavnog osoblja zahtevalo pažljivo usporavanje tempa rada.

5.3.2. Spoljašnji faktori: Šanse i pretnje

Šanse (Mogućnosti za razvoj)

- Sistemsko interdisciplinarno širenje: Izveštaji pokazuju da ovi alati nisu izolovani samo na STEM oblasti; obučeni nastavnici već planiraju da primene principe 3D dizajna na geografiju, biologiju, TIK, likovnu kulturu i šire projektno orijentisano učenje.
- Okviri za prekograničnu saradnju: Korišćenje *eTwinning* platforme i LTT⁶ mobilnosti (mobilnosti u svrhu učenja, podučavanja i obuka) pokazalo se izuzetno efikasnim u podsticanju zajedničke evropske dimenzije, omogućavajući partnerima iz Srbije i Grčke da razmenjuju strategije podučavanja i zajednički razvijaju rešenja za održivost.
- Učešće u nacionalnim obrazovnim reformama: Empirijski podaci sa ovih pilot mesta pružaju konzorcijumu projekta čvrst okvir za predlaganje strukturisanih, gotovih 3D klimatskih scenarija direktno ministarstvima prosvete u Grčkoj i Srbiji.

⁶ LTT mobilnosti (*Learning, Teaching, Training mobilities*) predstavljaju zvanične aktivnosti u okviru programa Erasmus+ koje podrazumevaju putovanja i boravak učenika, nastavnika i trenera u partnerskim zemljama radi uzajamnog učenja, obuke i razmene primera dobre prakse.

Pretnje (Spoljašnji rizici)

- **Produbljivanje digitalnog jaza:** Ako se projekat proširi bez državne podrške za nabavku hardvera, škole koje nemaju pristup namenskim TIK kabinetima ili VR naočarima biće zapostavljene, što će povećati jaz u pogledu jednakih šansi između bogatih i nedovoljno finansiranih okruga.
- **Zastarevanje infrastrukture:** Bez stalnog finansiranja održavanja softverskih pretplata, nadogradnje propusnog opsega mreže i održavanja uređaja, postoji rizik da fizičke komponente projekta budu napuštene nakon što se završi inicijalno finansiranje iz grantova Evropske unije.
- **Površne politike integracije:** Postoji stalni rizik da bi regionalna ministarstva mogla da uvedu ove digitalne alate kao dobrovoljne, opcione dodatke, umesto da ih direktno uvrste u osnovne nastavne planove i programe za zaštitu životne sredine i građansko vaspitanje, što bi dovelo do niske stope usvajanja od strane nastavnika.

Da bi se ovaj projekat uspešno transformisao iz izolovanog pilot-uspeha u trajnu inicijativu na nacionalnom nivou, kreatori javnih politika moraju prepoznati da sam hardver nije dovoljan. Ključ za širenje projekta leži u obezbeđivanju kontinuiranog profesionalnog razvoja nastavnika, osiguravanju pouzdane institucionalne mrežne infrastrukture i distribuciji gotovih, uzrastu prilagođenih digitalnih scenarija za nastavu koji povezuju lokalizovane klimatske probleme sa direktnim građanskim dizajnom.

Poglavlje 6: Strateške preporuke za kreatore javnih politika

Podaci sa terena i operativne povratne informacije prikupljeni tokom pilot-sprovedenja u Grčkoj i Srbiji pružaju jasnu, na dokazima zasnovanu osnovu za reformu nastavnog plana i programa na širokom nivou. Da bi se prešlo sa uspešnog lokalizovanog pilot-projekta na sistem na nacionalnom nivou, kreatori javnih politika moraju rešiti specifične strukturalne, finansijske i pedagoške zahteve neophodne za integraciju imerzivnih tehnologija u mreže javnih škola.

6.1. Integracija u nastavni plan i program: Kako mapirati 3D/VR aktivnosti direktno u nacionalne STEM programe

Da bi tehnologije poput 3D modelovanja i virtuelne realnosti postale trajni delovi javnog obrazovanja, one se ne mogu posmatrati kao opcioni, vannastavni dodaci. Ministarstva moraju eksplicitno mapirati ove alate u postojeće nacionalne okvire časova.

Integracija u postojeće predmete: Umesto kreiranja posebnog „VR časa“, projekat VR4Clima dokazuje da imerzivni dizajn najbolje funkcioniše kada je ugrađen direktno u već uspostavljene predmete. Alate za 3D modelovanje, kao što je *Tinkercad*, treba integrisati u redovne časove matematike i geometrije kako bi se učenicima pomoglo da praktično primene apstraktne koncepte kao što su zapremina, razmera, površina i simetrija.

Uvođenje interdisciplinarnih blokova: Ministarstva bi trebalo da uvedu interdisciplinarne blokove koji povezuju nauku i građansku odgovornost. Izazov dizajniranja održivog školskog dvorišta služi kao idealan šablon: on kombinuje geografiju, biologiju i ekologiju (analiza lokalizovanih mikroklima i prirodnih opasnosti) sa fizikom i likovnom kulturom (proračun solarnog zasenčenja, uticaja vetra i strukturalne stabilnosti).

Postepeno i slojevito uvođenje: Nacionalne strategije integracije trebalo bi da preslikaju slojevitost primenu korišćenu tokom pilot-projekata. Mlađe kohorte osnovnih škola (3. i 4. razred) trebalo bi da koriste standardne verzije edukativnih igara na računarima i ekranima u okviru redovnih časova TIK-a. Imerzivne VR naočare treba uvoditi postepeno za starije razrede osnovne škole i srednjoškolce (od 5. razreda pa naviše), pri čemu pojedinačne virtuelne sesije treba ograničiti na najviše 6–7 minuta kako bi se ispoštovali ergonomske bezbednosni standardi i opseg pažnje učenika.

6.2. Infrastruktura i finansiranje

Širenje inovativnog digitalnog nastavnog plana i programa na nacionalni nivo zahteva da se zanemari puki inicijalni trošak samih uređaja i da se fokusira na ukupan trošak institucionalnog vlasništva (total cost of ownership).

Unapređenje mrežne infrastrukture: Glavno usko grlo koje je identifikovano tokom istovremenog korišćenja klad platformi kao što su Tinkercad i Delightex Edu u učionici bilo je lokalno kašnjenje (lag) interneta. Pre nego što primene ove alate na nacionalnom nivou, ministarstva moraju investirati u nadogradnju mreža velike brzine za TIK kabinete u javnim školama, kako bi se sprečilo rušenje platformi i zastoji u nastavi.

Strategija zajedničkih resursa (Shared Pool): Ministarstva ne moraju da kupuju skupe VR naočare po sistemu 1:1 za svakog pojedinačnog učenika. Izuzetno efikasna alternativa je zajednički institucionalni fond opreme. Škole mogu upariti postojeće stone računare za primarni rad na dizajnu, a koristiti rotirajući fond samostalnih VR naočara za kratke, ciljane faze imerzije (učenja u virtuelnom svetu).

Održiva tehnička i finansijska podrška: Kako bi se sprečilo da hardver stoji neiskorišćen u magacinima čim se pojave prvi tehnički problemi, regionalne školske uprave zahtevaju namensku IT tehničku podršku. Finansiranje mora pokriti tekuća obnavljanja licenci za softver, prevode interaktivnih alata na lokalne jezike i održavanje hardvera.

6.3. Profesionalni razvoj nastavnika

Prelazak sa početnog tehničkog oklevanja na visoko samopouzdanje u nastavi među pilot-osobljem dokazuje da je nastavnik pojedinačno najkritičniji faktor u transformaciji obrazovanja.

Kontinuirane i mentorisane obuke: Jednokratni informativni vebinari nisu dovoljni. Ministarstva bi trebalo da uspostave stalne, strukturisane programe profesionalnog razvoja koji kombinuju početnu obuku za softver sa mentorstvom tokom same realizaciji aktivnosti u učionici.

Saradničko podučavanje i gotovi resursi: Kako bi se rešio problem velikog nedostatka vremena u okviru preopterećenih školskih rasporeda, profesionalni razvoj treba da podstiče saradničko, timsko podučavanje gde članovi osoblja dele dizajnerske i tehničke odgovornosti. Ministarstva moraju obezbediti nastavnicima gotove, uzrastu prilagođene digitalne scenarije za nastavu i unapred prevedene resurse, kako bi prosvetni radnici mogli da se fokusiraju na vođenje učenika umesto na razvijanje tehničkih materijala od nule.

Napredne strategije upravljanja učionicom: Okviri obuke moraju prevazići bazično snalaženje u softveru. Profesionalni razvoj treba da obuči nastavnike fleksibilnim strategijama upravljanja učionicom – kao što su rad sa učenicima neujednačenih digitalnih veština, organizovanje rotirajućih grupa učenika i korišćenje skiciranja na papiru kao mosta ka digitalnom modelovanju.

6.4. Predlozi za unapređenje projekta

Iako je trenutni ciklus projekta VR4Clima doneo odlične rezultate, buduće verzije projekta mogu optimizovati svoj uticaj rešavanjem specifičnih operativnih lekција naučenih na terenu.

- Potpuna lokalizacija interfejsa: Glavna tačka otpora za mlađe učenike bio je nedostatak opcija na lokalnim jezicima u određenim softverskim interfejsima i tehničkim resursima. Budući ciklusi moraju dati prioritet potpunom prevodu i lokalizaciji svih digitalnih alata na grčki, srpski i druge jezike pre nego što se uđe u fazu rada u učionici.
- Razvoj oflajn (offline) funkcionalnosti: Kako bi se ublažile slabosti školskih mreža i padovi internet veze na platformama, projekat bi trebalo da razvije verzije svojih glavnih ozbiljnih igara i prostora za dizajn koje se mogu preuzeti i koristiti oflajn. To će omogućiti školama sa slabom internet infrastrukturom da nesmetano sprovode kurseve.
- Uvodni moduli za digitalnu pripremu: Pošto učenici poseduju izuzetno neujednačene nivoe digitalnih veština, budući projektni ciklusi treba da uključe kratak, standardizovani uvodni modul (onboarding) za Tinkercad i osnovnu 3D logiku pre nego što počnu glavni ekološki izazovi. Ovaj korak će rano uravnotežiti sposobnosti učenika, smanjujući pritisak krive učenja na nastavnike tokom aktivnog vremena na času.

Poglavlje 7: Zaključak i strategija diseminacije

7.1. Završne reči: VR kao pokretač evolucije u obrazovanju

Primena VR4Clima okvira u različitim osnovnoškolskim sredinama pokazuje da imerzivna tehnologija može prevazići svoju reputaciju izolovanog noviteta u učionici i delovati kao značajan pokretač evolucije nastavnog plana i programa. Izmeštanjem 3D dizajna i alata virtuelne realnosti iz kontrolisanih laboratorija i njihovim direktnim ugrađivanjem u svakodnevnu školsku rutinu, ovaj projekat naglašava kako interaktivni mediji mogu preoblikovati osnovne metodologije podučavanja.

Zbirni podaci partnerskih institucija pokazuju da prostorno učenje premošćuje istorijski jaz između apstraktne nauke i primene u stvarnom svetu. Kada se složeni, nevidljivi koncepti – kao što su geometrijske transformacije, modelovanje razmere, orijentacija sunca i lokalizovane mikroklimatske promene – prikazu u interaktivnim, trodimenzionalnim prostorima, učenici prelaze iz pasivnih konzumenata informacija u aktivne rešavaoce problema. Ovaj praktični angažman menja način na koji učenici obrađuju informacije: produžava opseg pažnje, svodi na minimum skretanje pažnje na sporedne stvari i gradi osećaj ličnog građanskog delovanja u pogledu ublažavanja klimatskih promena direktno u njihovim lokalnim zajednicama.

Štaviše, podaci o sprovođenju aktivnosti pobijaju pretpostavku da napredni digitalni alati zahtevaju duboko, specijalizovano tehnološko znanje nastavnika ili pristup skupoj, elitnoj infrastrukturi. Oslanjajući se na pristupačne, kombinovane konfiguracije – kao što je spajanje standardnih stonih računara u TIK kabinetu sa malim, rotirajućim fondom samostalnih VR naočara – obe pilot-škole su zaobišle ograničenja u resursima i izgradile dugoročnu digitalnu otpornost među svojim nastavnim osobljem.

Vizuelna i prostorna priroda ovih alata takođe je poslužila kao moćan faktor izjednačavanja, nudeći veoma inkluzivan put učenja za učenike sa posebnim obrazovnim potrebama ili različitim tempom učenja koji se obično muče sa nastavnim planovima preopterećenim tekstom. Na kraju, uspeh ovog pilot-projekta služi kao provereni model za ministarstva i kreatore javnih politika. On dokazuje da kada se digitalni alati upare sa strukturisanom podrškom nastavnicima i scenarijima za rešavanje problema iz stvarnog sveta, oni mogu sistematski modernizovati javno obrazovanje i pripremiti mlađe generacije za dugoročno savesno upravljanje životnom sredinom.

7.2. Plan diseminacije: Akademski, javni i politički kanali

Kako bi se maksimalno povećao uticaj projekta VR4Clima izvan inicijalnog konzorcijuma, strukturisana strategija diseminacije biće usmerena ka akademskim istraživačima i kreatorima



Izjava o odricanju odgovornosti (Disclaimer): Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija odražava isključivo stavove autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj. Broj projekta: 2023-1-EL01-KA220-SCH-000155463

nacionalnih politika u Grčkoj i Srbiji. Deljenje ovih nalaza osigurava da empirijski uvidi, operativna rešenja i pedagoški podaci generisani na terenu postanu otvoreno dostupni za buduće proširivanje projekta i vršnjačku recenziju.

Dostavljanje ministarstvima: Kompletan, finalizovana verzija ovog evaluacionog izveštaja biće zvanično dostavljena Ministarstvu obrazovanja, verskih pitanja i sporta u Grčkoj i Ministarstvu prosvete u Srbiji. Ovaj izveštaj je osmišljen tako da služi kao mapa puta zasnovana na dokazima, pružajući državnim zvaničnicima neophodne podatke sa terena u pogledu poboljšanja ocena učenika, potreba za tehničkim resursima i infrastrukturnih uskih grla, što je sve neophodno za vođenje integracije STEM/STEAM programa u nacionalne nastavne planove.

Akadske publikacije: Specifična poglavlja i podaci iz ovog izveštaja biće izdvojeni, prilagođeni i objedinjeni u recenzirane naučne radove radi prezentovanja na međunarodnim konferencijama posvećenim obrazovnoj tehnologiji i naukama o klimi.

Korišćena literatura

Alnuaimi, M. A. (2025). VR environment support for STEM students – a case study. *Computer Assisted Language Learning*.

Carmona-Galindo, V. D., Velado-Cano, M. A., & Groat-Carmona, A. M. (2025). The ecology of climate change: Using virtual reality to share, experience, and cultivate local and global perspectives. *Education Sciences*, 15(3), 290.

Huang, C. Y., Cheng, B. Y., Lou, S. J., & Chung, C. C. (2023). Design and effectiveness evaluation of a smart greenhouse virtual reality curriculum based on STEAM education. *Sustainability*, 15(10), 7928.

Markowitz, D. M., Laha, R., Perone, B. P., Pea, R. D., & Bailenson, J. N. (2018). Immersive virtual reality field trips facilitate learning about climate change. *Frontiers in Psychology*, 9, 2364.

Pireva Nuci, K. (2026). Virtual and augmented reality as tools for improving students' performance in STEM fields. *Frontiers in Education*.

Ward, T. (2025). Virtual classrooms, real impact: A framework for introducing virtual reality to K–12 STEM learning based on best practices. *Applied Sciences*.

Beets, M. W., von Klinggraeff, L., Weaver, R. G., Armstrong, B., & Burkart, S. (2021). Small studies, big decisions: the role of pilot/feasibility studies in incremental science and premature scale-up of behavioral interventions. *Pilot and Feasibility Studies*, 7(1), 1-11.

Calle, M. (2026). From pilot to policy: Experimental evidence from scaling online tutoring. *Working Paper Series*.

Conrads, J. (2017). *Digital education policies in Europe and beyond*. Joint Research Centre (JRC), European Commission.

Greaney, V. (n.d.). *Monitoring learning outcomes: Coherent policy-making for educational development*. World Bank Group.

Samoff, J. (n.d.). *And "going to scale" nurturing the local roots of education innovation in Africa*. EdQual Working Paper Series.

Shiwakoti, R. (2022). Policy implementation challenges in education. *Molung Educational Frontier*, 12, 190-198.



Co-funded by
the European Union

Izjava o odricanju odgovornosti (Disclaimer): Ovaj projekat je finansiran uz podršku Evropske komisije. Ova publikacija odražava isključivo stavove autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj. Broj projekta: 2023-1-EL01-KA220-SCH-000155463

Spiel, C. (2016). Lessons learned for policy impact from research and interventions. *German Federal Ministry of Family Affairs, Senior Citizens, Women and Youth*.

arXiv. (2026). Extended Reality (XR): The Next Frontier in Education. arXiv:2602.23601v1.

DIRV (Digital Reality Virtual). (2025). Virtual Reality in Education: State of the Art and Perspectives. Italian Association of Virtual Reality in Education Working Paper.

Frontiers. (2025). Using virtual reality for teacher education: a systematic review and meta-analysis of literature from 2014 to 2024. *Frontiers in Virtual Reality*, 6, 1620905.

International Journal of Instruction. (2025). Investigating the Role of Virtual Reality to Support Students' Learning Outcomes. *International Journal of Instruction*, 18(3), 615-632.

ResearchGate. (2025). Exploring the Future of Education: A Review of VR, AR, and XR Applications. Technical Review Collection.

Zatarain Cabada, R., Barrón Estrada, M. L., & Rodríguez Rangel, H. (2022). Evaluating student perceptions of web-based XR tools for motivational enhancement in STEM secondary tracks. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(4), 1102-1115.