

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**UPORABA VIRTUALNE RESNIČNOSTI IN RAČUNALNIŠKIH
SIMULACIJ PRI IZBOLJŠANJU IZKUSTVENEGA UČENJA
ŠTUDENTOV**

TANJA SAJNKAR ILERŠIČ

VELENJE, 2026

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**UPORABA VIRTUALNE RESNIČNOSTI IN RAČUNALNIŠKIH
SIMULACIJ PRI IZBOLJŠANJU IZKUSTVENEGA UČENJA
ŠTUDENTOV**

TANJA SAJNKAR ILERŠIČ

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentorica: doc. dr. Anja Bubik

VELENJE, 2026

Številka: 726-20/2024-2
Datum: 26. 9. 2024

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Fakultete za varstvo okolja **Tanja Sajnkar Ileršič** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Uporaba virtualne resničnosti in računalniških simulacij pri izboljšanju izkustvenega učenja študentov

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Applications of virtual reality and computer simulations in enhancing students experiential learning

Mentorica: vlj. pred. dr. Anja Bubik

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom FVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat FVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokorný
dekan



Fakulteta za varstvo okolja
Trg mladosti 7 | 3320 Velenje
t: 03 898 64 10 | e: info@fvo.si
www.fvo.si





Izjava o avtorstvu

Podpisana Tanja Sajnkar Ileršič, z vpisno številko 34210001,

šudentka dodiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije,

sem avtorica diplomskega dela z naslovom

Uporaba virtualne resničnosti in računalniških simulacij pri izboljšanju izkustvenega učenja študentov,

ki sem ga izdelala pod mentorstvom doc. dr. Anje Bubik.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili FVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili FVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na FVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala
mag. Nataša Koražija, prof. slov.;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani FVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne 17. 3. 2026

podpis avtorice

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici doc. dr. Anji Bubik za strokovno svetovanje, pomoč in podporo pri izdelavi diplomskega dela ter ves vložen trud. Hvala Aljoši in Katrin za pomoč in sodelovanje pri izvedbi eksperimentov ter svetovanju pri izbiri kriterijev ovrednotenja in hvala Fakulteti za varstvo okolja.

Zahvaljujem se tudi svoji družini in bližnjim prijateljem, ki so mi stali ob strani, me motivirali in podpirali v času študija in pisanja diplomske naloge. Posebne zahvale bi rada podelila svojim staršema Barbi Sajnkari in Matjažu Ileršiču ter svojemu bratu Tadeju Sajnkariju, prav tako tudi Bojanu Sajnkariju in tu Frančišku Ileršiču.

IZVLEČEK

Virtualna resničnost (VR) je svet, sestavljen iz računalniško ustvarjenih slik, ki se odzivajo na uporabnikove gibe z uporabo VR-očal in ročk. V diplomskem delu smo raziskovali uporabo VR kot pripomočka za izboljšanje izkustvenega učenja študentov, s poudarkom na eksperimentih s področja naravoslovnih ved. Želeli smo ugotoviti, ali bi lahko v prihodnosti tehnologija VR popolnoma zamenjala učenje v živo, ter katere so prednosti in pomanjkljivosti uporabe VR sistema in računalniških simulacij.

Na spletni platformi VRLab Akademija smo izbrali sedem eksperimentov, jih ocenili s pomočjo 16 v naprej določenih kazalnikov ter med seboj primerjali izvedbo posameznih eksperimentov v virtualnem okolju in z računalniško simulacijo. Ugotovili smo, da smo kljub mnogim tehničnim težavam višje ocenili eksperimente v virtualnem okolju, saj so na podlagi 14 od 16 kazalnikov prikazali boljše izvajanje in izkušnjo.

Eksperiment, ki je dosegel najvišjo povprečno oceno v virtualnem okolju in z računalniško simulacijo, je bil *Izolacija proteinov*. Preizkusili so ga študenti Fakultete za varstvo okolja ter ga ovrednotili s pomočjo vprašalnika. Študenti so bolje ocenili eksperiment, ki so ga izvedli v virtualnem okolju, kar potrjuje, da uporaba virtualne resničnosti v izobraževanju izboljšuje učne izkušnje in študentom vzbuja večje zanimanje. Ugotovili smo tudi, da so razlike med izvedbama eksperimenta zelo majhne, a pri VR-verziji so se lahko pojavile zdravstvene težave. Virtualna resničnost je uporabna tehnologija, vendar je izkušnjo z njo treba še izboljšati.

Ključne besede: virtualna resničnost, eksperimenti, izkustveno učenje, računalniške simulacije, izobraževanje.

ABSTRACT

Virtual reality (VR) is a world made up of computer-generated images that respond to the user's movements using VR glasses and controllers. In our thesis, we looked into VR as a tool to improve students' experiential learning, focusing on experiments in the natural sciences. We wanted to determine whether VR technology could completely replace live learning in the future and what the advantages and disadvantages of using VR systems and computer simulations are.

On the VRLab Academy online platform, we selected seven experiments, evaluated them using 16 selected indicators, and compared the performance of individual experiment when conducted in a virtual environment and through computer simulation. We found that despite many technical difficulties and discomfort, the experiments in the virtual environment were rated higher, as they showed better performance and experience based on 14 out of 16 indicators.

The experiment that achieved the highest average rating in the virtual environment and computer simulation was Protein isolation. It was also tested by students from the Faculty of Environmental Protection, who evaluated it using a questionnaire. The students rated the experiment conducted in a virtual environment higher, confirming that the use of virtual reality in education improves the learning experience and arouses greater interest among students. We also found that the difference between the two versions in performance were very small, and only the VR version caused health problems. In conclusion, virtual reality represents a valuable technological tool, however, the experience still requires further developments.

Key words: virtual reality, experiments, experiential learning, computer simulations, education

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	1
1.1 Namen in cilji	2
1.2 Hipotezi	2
2. VIRTUALNA RESNIČNOST	3
2.1 Razvoj VR	6
2.2 Uporaba virtualne resničnosti	12
2.2.1 Uporaba VR v izobraževanju	12
2.2.1.1 Izkustveno učenje	12
2.3 Prednosti in slabosti uporabe VR v izobraževanju	14
2.3.1 Prednosti	14
2.3.2 Pomanjkljivosti	15
3. MATERIALI IN METODE	16
3.1 Virtualni laboratorij VRLab Akademija	16
3.2 Izбира eksperimentov	17
3.3 Testiranje eksperimentov z računalniškimi simulacijami	19
3.4 Testiranje eksperimentov v virtualnem okolju	19
4. REZULTATI Z RAZPRAVO	23
4.1 Testiranje eksperimentov z računalniškimi simulacijami	23
4.2 Testiranje eksperimentov v virtualnem okolju	26
4.3 Evalvacija izbrane eksperimentalne vaje s študenti Fakultete varstva okolja	29
5. SKLEPI	33
6. POVZETEK	34
7. SUMMARY	35
8. VIRI IN LITERATURA	36

KAZALO SLIK

Slika 1: VR-očala in ročke (Vir: lasten).....	1
Slika 2: VR-očala (Vir: Medmrežje 1)	3
Slika 3: Sestavni deli VR-očal (prirejeno po Medmrežju 2).....	4
Slika 4: Ročke za VR (Vir: Medmrežje 3)	4
Slika 5: Eadweard Muybridge, Konj v gibanju (Vir: Medmrežje 4)	6
Slika 6: Sensorama (Vir: Medmrežje 5).....	7
Slika 7: The Sword of Democles (Vir: Medmrežje 6)	7
Slika 8: Eric Howlett s svojim izumom LEEP (Vir: Medmrežje 7)	8
Slika 9: Sistem VCASS (Vir: Medmrežje 8)	8
Slika 10: Eyephone in Data Glove (Vir: Medmrežje 9).....	9
Slika 11: Primer CAVE sobe (Vir: Medmrežje 10).....	9
Slika 12: Virtuality (Vir: Medmrežje 11).....	10
Slika 13: Oculus Rift (Vir: Medmrežje 12).....	10
Slika 14: Google Cardboard (Vir: Medmrežje 13)	11
Slika 15: HTC Vive (Vir: Medmrežje 14).....	11
Slika 16: Eksperiment Razgradnja mleka s pomočjo računalniške simulacije (Vir: lasten)....	19
Slika 17: Eksperiment Izolacija proteinov s pomočjo virtualne resničnosti (Vir: lasten).....	20
Slika 18: Eksperiment Izolacija proteinov s pomočjo virtualne resničnosti (Vir: lasten).....	20
Slika 19: Med lastnim testiranjem eksperimenta (Vir: lasten)	21
Slika 20: Eksperiment Izolacija proteinov (Vir: lasten).....	21
Slika 21: Palični graf relativne primerjave različnih PC-eksperimentov	25
Slika 22: Palični graf relativne primerjave različnih VR-eksperimentov.....	28
Slika 23: Palični graf relativnih ocen študentov pri eksperimentu, izvedenem s pomočjo računalniške simulacije	32
Slika 24: Palični graf relativnih ocen študentov pri eksperimentu, izvedenem v virtualnem okolju	32

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tematski laboratoriji in število eksperimentov, ki so na voljo na VRLab spletni strani in VRLab platformi.....	17
Preglednica 2: Ocene in odstotki eksperimentov izvedenih s pomočjo računalniških simulacij med lastnim testiranjem	24
Preglednica 3: Ocene in odstotki eksperimentov izvedenih v virtualnem okolju med lastnim testiranjem	27
Preglednica 4: Rezultati in ocene študentov pri eksperimentu, izvedenem s pomočjo računalniške simulacije	30
Preglednica 5: Rezultati in ocene študentov pri eksperimentu, izvedenem v virtualnem okolju	31

Seznam kratic

AR – obogatitvena resničnost (*augmented reality*)

CAI – naravno računalniško podprto poučevanje (*computer-assisted instruction*)

CAVE – »samodejno virtualno okolje CAVE« (*CAVE automatic virtual environment*)

CBT – računalniško podprto usposabljanje (*computer-based training*)

COVID-19 – koronavirusna bolezen iz leta 2019

FVO – Fakulteta za varstvo okolja

HMD – naglavni zaslon (*head-mounted display*)

HTC – visokotehnološka računalniška korporacija (*high tech computer corporation*)

KS – kibernetika bolezen

LEEP – široko vidno polje z dodatno perspektivo (*large expanse extra perspective*)

MR – mešana resničnost (*Mixed reality*)

NASA – Nacionalna uprava za aeronavtika in vesolja (*National Aeronautics and Space Administration*)

PC – osebni računalnik

VCASS – vizualno povezani zračni sistemi (*Visual coupled airborne systems simulator*)

VPL – virtualni program Lab (*Visual programming lab*)

VR – virtualna resničnost

3D – tridimenzionalno

1. UVOD

Internet je sestavni del sveta sodobnega človeka (Puchkova et al. 2017). Sedanji razvoj tehnologije virtualne resničnosti poteka z neznansko hitrostjo. Sistemi in aplikacije na tem področju so predstavljeni praktično vsak dan (Anthes et al. 2016).

Virtualna resničnost (VR) je izraz, ki se uporablja za opis simulirane izkušnje, ki posnema resnični svet ali pa predstavlja popolnoma nov svet (Alsop 2024). S tem VR uporabnikom ponuja poglobljeno in dinamično izkušnjo virtualnega sveta (Surugiu et al. 2025). Programska oprema okolje čim bolj približa resničnosti, uporabnik pa za interakcijo z njim uporablja naprave, kot so VR-očala in ročke, prikazane na sliki 1 (Yasar in Sheldon 2024).



Slika 1: VR-očala in ročke (Vir: lasten)

Tehnična sredstva za ustvarjanje VR trenutno predstavljajo računalniki, igralne konzole, pametni telefoni, tablični računalniki in programi za usposabljanje, razvoj in zabavo (Puchkova et al. 2017). VR lahko vpliva na življenje ljudi in razvoj poslovanja, ljudem lahko prinese poglobljene izkušnje ter okrepi odnose med strankami in podjetji (Surugiu et al. 2025). Ker je VR v zadnjih letih postala bolj dostopna, se v akademski skupnosti veliko razpravlja o njenem potencialu v izobraževanju. Obstaja že vrsta izobraževalnih dejavnosti in programov usposabljanja, ki temeljijo na uporabi VR v visokošolskem izobraževanju na različnih področjih, kot klimatologija, psihologija, geoznanosti, umetnost in gradbeništvo. Uporaba VR kot izobraževalnega orodja omogoča nove oblike in metode vizualizacije in predstavitve učnih vsebin. Prispeva k boljši motivaciji študentov za učenje in spodbuja z zagotavljanjem učnega konteksta, ki ga je v resničnem življenju težko ponoviti ali dostopati do njega (Jin et al. 2022).

Simulacije VR ponujajo veliko prednost, saj študentom in učiteljem zagotavljajo standardizirano okolje ter omogočajo neprekinjeno medvrstniško interakcijo, aktivno učenje, virtualne izlete do zgodovinskih znamenitosti, sproščeno učenje in povratne informacije o uspešnosti ter celo pripomorejo k večji prisotnosti študentov. Na področju naravoslovja in tehnike lahko VR okolja omogočajo cenovno dostopno izvajanje eksperimentov, saj si veliko izobraževalnih ustanov ne more privoščiti drage laboratorijske opreme (Angel-Urdinola et al. 2021). Najpomembnejši izzivi pri VR zagotovo predstavljajo stroški in dostopnost, saj si

opreme za VR ne more privoščiti vsakdo. Poleg tega, tako kot pri vsaki tehnologiji, je potrebno redno vzdrževanje, pri čemer lahko nastanejo različne tehnične težave in osebje mora biti za delo s to tehnologijo ustrezno usposobljeno. Iz zdravstvenega vidika lahko uporaba VR povzroči potovalno slabost in obremenitev oči (Ramadhanya 2024).

1.1 Namen in cilji

Namen diplomskega dela je bil ugotoviti uporabnost VR in računalniških simulacij za učenje in izvajanje eksperimentov na primeru študijskega programa Varstva okolja in ekotehnologij na Fakulteti za varstvo okolja. Osredotočili smo se na storitve podjetja »VR-Lab Academy« (<https://www.vrlabacademy.com/>), ki je zaenkrat eden redkih ponudnikov večjega nabora eksperimentov, tako VR kot računalniških simulacij na področju naravoslovja. Cilj diplomskega dela je bilo natančno preučiti eksperimente tega ponudnika ter med vsemi izbrati 5 do 10 tematsko različnih eksperimentov, primernih za izbrano skupino študentov. Vsakega od izbranih eksperimentov smo izvedli na dva načina: s pomočjo VR-očal ter z računalniško simulacijo. Oba načina smo natančno opisali ter ju primerjali. Na koncu smo izbrali najbolj zanimiv in za študente primeren eksperiment, pripravili vprašalnik za ovrednotenje ter skupaj s študenti testirali.

Poskusili smo odgovoriti tudi na naslednja vprašanja:

- a) Ali lahko VR v prihodnosti popolnoma nadomesti učenje v živo?
- b) Ali je za izvajanje eksperimentov lažje in bolje uporabljati VR-sistem ali samo računalniško simulacijo?
- c) Kakšne so prednosti in slabosti uporabe VR-sistema in računalniških simulacij v primerjavi z eksperimenti v laboratoriju, ter kakšne so razlike med obema izvedbama?

1.2 Hipotezi

Pred začetkom dela smo si zastavili dve hipotezi:

Hipoteza 1: Ponudba eksperimentov na osnovi virtualne resničnosti je sicer omejena, a še vedno omogoča izvajanje določenih eksperimentov, ustreznih za študijski program Varstva okolja in ekotehnologije.

Hipoteza 2: Virtualna resničnost omogoča študentom bolj učinkovito izkustveno učenje kot računalniška simulacija.

2. VIRTUALNA RESNIČNOST

Virtualna resničnost (VR) ima veliko različnih definicij. Za *Bell in Foglerja* (1995) je VR računalniški vmesnik, za katerega so značilne visoke stopnje potopitve, verodostojnosti in interakcije, katerega cilj je, da uporabniki verjamejo, da so resnično v računalniško ustvarjenem okolju. Za *Biocca in Levyja* (1995) je to vmesnik, ki poskuša doseči popolno potopitev človeških čutnih kanalov v življenjsko izkušnjo, ustvarjeno z računalnikom. Za *Coatesa* (1992) je VR elektronska simulacija, ki jo uporabnik doživlja s pomočjo VR-slušalk. Za *Greenbauma* (1992) je to alternativni svet, sestavljen iz računalniško ustvarjenih slik, ki se odzivajo na uporabnikove gibe z uporabo naprav, kot so očala in rokavice. Izraz VR se za *Pimentel in Teixeira* (1995) nanaša na potopno in interaktivno računalniško ustvarjeno izkušnjo. Za *Guberna* (1996) pa je VR-računalnik svet, ki v realnem času ustvarja sintetična okolja v iluzorni resničnosti, saj gre za zaznavno resničnost brez objektivne podpore, brez »res extensa« (fizičnega, materialnega sveta), kar obstaja le v računalniku (Ambrosio et al. 2020).

Na splošno pa je VR medij, sestavljen iz interaktivnih računalniških simulacij, ki zaznavajo položaj in dejanja udeleženca ter nadomeščajo ali povečujejo povratne informacije enega ali več čutil, kar daje občutek, da je udeleženec dejansko prisoten v virtualnem svetu (prav tam).

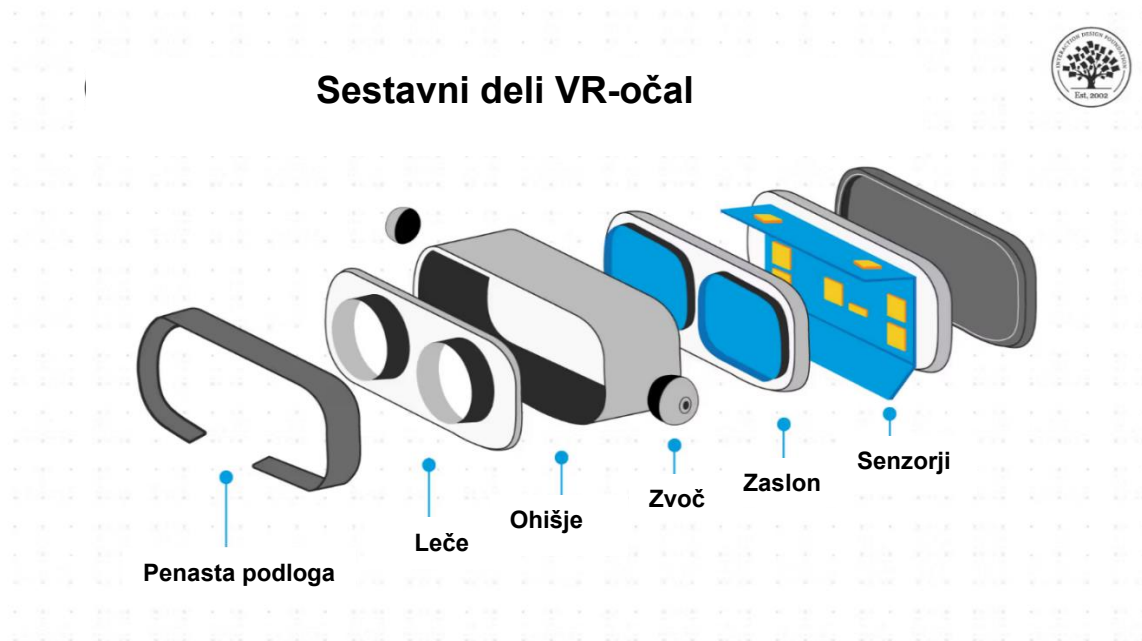
Cilj VR je ustvariti senzorično izkušnjo za uporabnika, ki lahko vključuje vid, dotik, sluh, vonj ali celo okus. Standardni sistemi za VR trenutno uporabljajo slušalke za VR ali večprojekcijska okolja, ki ustvarjajo realistično izkušnjo in simulirajo uporabnikovo fizično prisotnost v virtualnem svetu. Učinek običajno zagotavljajo VR-slušalke, prikazane na sliki 2, ki jih sestavlja zaslon, nameščenega na glavo ter naglavni komplet, ki preprečuje vdor svetlobe ali slik iz resničnega sveta, s čimer zagotavlja popolno potopitev v virtualno okolje (Alsop 2024).



Slika 2: VR-očala (Vir: Medmrežje 1)

VR-očala so sestavljeni iz več delov. Osnova je penasta podloga, ki pripomore k izboljšanju uporabnikovega udobja (slika 3). Nelagodje poleg oblazinjenja zmanjšajo tudi nastavljivi trakovi in uravnotežena porazdelitev teže. Leče omogočajo enostavno fokusiranje očesa na zaslon, ki je nameščen izjemno blizu uporabnikovega obraza. Velikost, postavitev in oblika leč lahko negativno ali pozitivno vpliva na uporabniško izkušnjo z VR-očali. Slušalke zagotavljajo prostorski zvok in posnemajo zvok v resničnem svetu. Le-ta lahko izboljša potopitev, saj lahko uporabnik doživi zvoke, kot da prihajajo iz določenih smeri in razdalj znotraj virtualnega okolja. VR-očala so sestavljena iz enega ali dveh zaslonov, ki prikazujeta stereoskopske slike (Medmrežje 15). Vsak zaslon prikazuje nekoliko drugačno različico iste slike za vsako oko in s tem ustvarjajo tridimenzionalni učinek in daje iluzijo globine in prostora (Savage 2022). VR-

očala lahko vključujejo različne senzorje: senzorje razdalje, mehanske senzorje in optične senzorje. Glavna naloga senzorjev je, da sledijo gibom uporabnikove glave in ustrezno prilagajajo sliko, da zagotovijo, da se virtualno okolje ujema s fizičnimi gibi (Yang et al. 2023). Sestava in videz VR-očal se razlikujejo glede na proizvajalca.



Slika 3: Sestavni deli VR-očal (prirejeno po Medmrežju 2)

Primarne značilnosti VR so: potopitev uporabnika v računalniški svet, interaktivna izkušnja, realistični vizualni elementi, realistični prostorski zvok, sposobnost prostorskega sodelovanja posameznikov, popolni 360-stopinjski pogled in prilagodljivo okolje ter veččutna haptična povratna informacija (Yasar in Sheldon 2024), ki jo oddaja sistem in jo s pomočjo ročk (slika 4) občutimo kot vibracijo (Brvar 2017).



Slika 4: Ročke za VR (Vir: Medmrežje 3)

Tehnologije potopitve se lahko precej razlikujejo glede na uporabljen tehnologijo in namen. Delimo jih lahko v različne kategorije: vživetvena resničnost, obogatitvena resničnost (*augmented reality* oz. AR) in mešana resničnost (*mixed reality* oz. MR) (Yasar in Sheldon 2024).

- a) Vživetvena resničnost ima najvišjo raven virtualne resničnosti in uporabnika popolnoma potopi v simulirano 3D-okolje. Vključuje vid, zvok in v nekaterih primerih dotik; nekaj poskusov je bilo z dodatkom vonja. Uporabnik za interakcijo z okoljem nosi posebno opremo, kot so očala in ročke. Za še boljše izkušnjo premikanja skozi 3D-prostor se uporabljajo tekalne steze ali sobna kolesa. Popolnoma poglobljena tehnologija se največ uporablja v igralniški industriji, vse bolj pa prodira na področje zdravstva ter vzbuja veliko zanimanje na drugih področjih (Yasar in Sheldon 2024).
- b) Obogatitvena resničnost (AR) je tehnologija, ki predstavlja virtualni svet, ki obogati in ne nadomesti resničnega sveta. To se doseže s pomočjo prozornega na glavo nameščenega zaslona HMD (*Head-mounted display*), ki prekriva virtualne tridimenzionalne predmete z resničnimi. Ta tehnologija se je pred tem uporabljala za obogatitev vidnega polja pilotov vojaških lovcev z dodatnimi informacijami o letu. Zaradi svojega velikega potenciala je obogatitvena resničnost v zgodnjih devetdesetih letih prejšnjega stoletja postala osrednja tema številnih raziskovalnih projektov (Mazuryk in Gervautz 1999).
- c) Mešana resničnost združuje fizični in virtualni svet v en sam prostor, tako da uporabnikom omogoči potopitev v virtualni svet, hkrati pa so nekoliko prizemljeni v realnost (Yasar in Sheldon 2024).

V 21. stoletju uporaba VR hitro narašča. Trg VR naj bi se povečal iz 16 milijard ameriških dolarjev leta 2024 na več kot 18 milijard ameriških dolarjev do konca leta 2025. Pričakuje se, da bo nadaljnji razvoj industrije VR iger prispeval k rasti tako v potrošniškem kot v podjetniškem segmentu trga, medtem ko bodo podjetja še naprej iskala VR za racionalizacijo procesov, kot so izkušnje strank, sodelovanja na daljavo in usposabljanje (Alsop 2024).

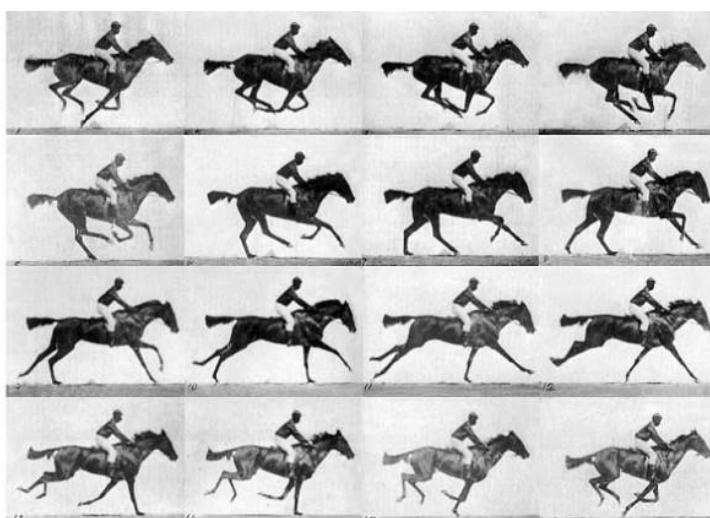
Velik razcvet VR se je zgodil tudi zaradi Pandemije covid-19, ki je imel velik vpliv na naše delo, igro, učenje in druženje (Ball et al. 2021). VR je bil predlagan kot orodje za komunikacijo in sodelovanje. Glede na študije (Ball 2021) se je število kupljenih naprav med Pandemijo covid-19 zelo povečalo (Lee et al. 2022). Kmalu bodo uporabniki lahko izkusili VR iz prve roke, saj ima večina ljudi pametne telefone, zaradi česar je pridobivanje in uporaba aplikacij in VR vsebin vedno bolj preprosto. V zadnjih letih je VR postala bolj dostopna zaradi padajočih stroškov in večje razpoložljivosti dostopnih vsebin. Z napredkom tehnologije VR ponuja priložnosti za preoblikovanje načina študija, dela in komuniciranja z zunanjim svetom (Surugiu et al. 2025).

Obsežno raziskovanje in razvijanje VR bo najverjetneje vodilo k njeni razširjenosti med mlajšo imenovano tudi digitalno generacijo, saj so z digitalno tehnologijo in virtualnimi prostori seznanjeni že od zgodnjega otroštva (Puchkova et al. 2017). Generaciji Z in alfa veljata za generaciji tehnološke dobe. Njihovi predstavniki so dobro obveščeni in se nenehno ukvarjajo z digitalnimi vsebinami. Ker so odraščali s tehnologijo v rokah, so razvili močne vizualne učne sposobnosti, kar pomembno prispeva k njihovi povezanosti s tehnologijo VR. Zanimanje teh dveh generaciji za VR tehnologijo je največje in lahko pomembno vpliva na prihodnji razvoj na tehnološkem področju (Surugiu et al. 2025).

2.1 Razvoj VR

Virtualna resničnost (VR) ni nova tehnologija (Kavanagh et al. 2017). Ko pomislimo na izraz virtualna resničnost, največkrat pomislimo na zelo napredno tehnologijo, ki se je razvila v 21. stoletju. Če pa kot merilo vzamemo učinek, da VR uporabniku omogoča videti nekaj, kar ni resnično, lahko menimo, da se je koncept virtualne resničnosti pravzaprav začel že pred več kot 40.000 leti s prvo poslikavo v jami (Clottes 2025).

Slikarstvo se je skozi stoletja postopoma razvijalo do leta 1826, ko je Nicephore Niepce izvedel eksperiment s *camero obscuro* (temno komoro). *Camera obscura* je škatla ali zatemnjen prostor z zelo majhno luknjo, ki v notranjost prepušča svetlobo. Svetlobni žarki skozi majhno luknjo projicirajo obrnjeno sliko predmeta, kar je povzročilo razvoj prve fotografske slike (Medmrežje 16). Razvoj filma pa se je začel leta 1879, ko je ameriški fotograf Eadweard Muybridge izvedel poskus, pri katerem je zaporedne slike dirkalnega konja kopiral na vrtljivi disk (slika 5) in s tem povzročil iluzijo gibanja (Medmrežje 17).



Slika 5: Eadweard Muybridge, Konj v gibanju (Vir: Medmrežje 4)

Približno stoletje kasneje, v letih 1960–1962, je Morton Heilig razvil veččutni simulatorski sistem *Sensorama* (slika 6), ki zagotavlja poglobljene kinematografske izkušnje. Izum je spodbudil participativno izkušnjo gledalca z izboljšanjem stereoskopskih gibljivih slik s slušnimi, aromatičnimi in haptičnimi povratnimi informacijami. Posneti film v barvah je bil dopolnjen z binauralnim zvokom, vonjem, vetrom in vibracijami. To je bil prvi pristop k ustvarjanju sistema virtualne resničnosti z vsemi značilnostmi takšnega okolja, vendar ni bil interaktiven (Medmrežje 17).



Slika 6: Sensorama (Vir: Medmrežje 5)

Leta 1965 je Ivan Sutherland predlagal koncept virtualnega sveta, ki vključuje interaktivno grafiko, povratno informacijo o sili, zvoku, vonju in okusu. Tri leta kasneje je Sutherland skupaj s svojim študentom Bobom Sproullom izdelal napravo, ki velja za prvi na glavo nameščen zaslon (HMD) s tridimenzionalnim sledenjem glave, imenovan »*Sword of Damocles*«, ki je prikazan na sliki 7. Naprava je podpirala stereoskopski prikazovalni sistem, ki se je pravilno posodabljal glede na položaj in usmerjenost uporabnikove glave (Medmrežje 17).



Slika 7: The Sword of Democles (Vir: Medmrežje 6)

Leta 1979 je Eric Howlett razvil *LEEP* (*Large expanse extra perspective*), stereoskopski zaslon v manjši obliki (slika 8), ki je omogočal izjemno širokokotno gledanje. *LEEP* je ostal temelj za tehnični razvoj poznejših zaslonov za VR, ki so jih razvile organizacije, ko sta NASA (Nacionalna uprava za aeronavtiko in vesolje) in VPL (Virtualni program Lab) (Medmrežje 17).



Slika 8: Eric Howlett s svojim izumom LEEP (Vir: Medmrežje 7)

Thomas Furness iz Armstrongovih laboratorijev za medicinske raziskave ameriških zračnih sil je leta 1982 razvil simulator vizualno povezanih zračnih sistemov. Pilot bojnega letala je nosil HMD, vidno na sliki 9, ki je pogled skozi okno dopolnjeval z grafiko, ki je opisovala informacije o ciljnih ali optimalni poti leta (Medmrežje 17).



Slika 9: Sistem VCASS (Vir: Medmrežje 8)

Podjetje »Visual Programing lab« je leta 1984 ustanovil Jaron Lanier za razvoj programov in izdelkov, povezanih s tehnologijo VR. Izdelalo je priljubljena izdelka Data Glove – podatkovne rokavice (1985) in Eyephone HMD (1988), ki sta prvi komercialno dostopni napravi za virtualno resničnost (slika 10) (Mazuryk in Gervautz 1999). Jaron Lanier velja za vizionarja, ki je populariziral izraz virtualna resničnost ter s tem poskrbel za ozaveščanje množic ljudi o virtualni resničnosti (Medmrežje 17).



Slika 10: EyePhone in Data Glove (Vir: Medmrežje 9)

V drugi polovici osemdesetih let so na Univerzi v Severni Karolini razvili aplikacijo za arhitekturni sprehod. Za izboljšanje kakovosti tega sistema je bilo izdelanih več VR naprav, kot so npr. HMD-ji, optični sledilniki in grafični pogon Pixel-Plane (Medmrežje 17).

Sistem CAVE (*CAVE Automatic Virtual Environment*), predstavljen leta 1992, je sistem za VR, ki temelji na načelu oviranja celotnega vidnega polja uporabnika s stereoskopskimi slikami, ki tvorijo virtualno jamo okoli njega. Uporabniki, opremljeni s stereoskopskimi očali, so se lahko potopili v vizualne predstave, projicirane na stene sobe, kar lahko vidimo na sliki 11. Slike so se posodabljale glede na njihovo perspektivo (prav tam). Ta pristop zagotavlja boljšo kakovost in ločljivost prikazanih slik ter širše vidno polje v primerjavi s sistemi, ki temeljijo na HMD. Sistem CAVE je razvila Carolina Cruz-Neira iz Laboratorija za elektronsko vizualizacijo Univerze Illinois v Chicagu (Mazuryk in Gervautz 1999).



Slika 11: Primer CAVE sobe (Vir: Medmrežje 10)

Britansko podjetje W Industries je leta 1991 zaradi vse večje priljubljenosti VR med ljudmi razvilo sistem za igranje virtualne resničnosti v skupnostnem prostoru, imenovan *Virtuality*. Sistem za več igralcev, prikazan na sliki 12, je bil sestavljen iz stereoskopskih upodobitev v realnem času, ki so bile prikazane prek zaslona na glavi z ročnimi krmilniki (Medmrežje 17).



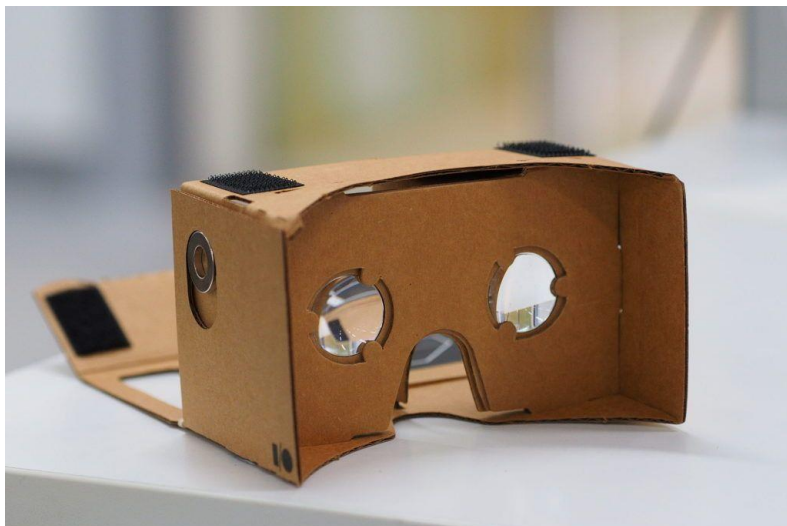
Slika 12: Virtuality (Vir: Medmrežje 11)

Leta 2012 je Palmer Luckey revolucionarno spremenil naglavni zaslon za virtualno resničnost z *Oculus Rift* (Slika 13). Najnovejše različice Oculus Rift so opremljene z natančnimi možnostmi sledenja položaju glave in boljšimi dodatki za krmilnike (Medmrežje 17).



Slika 13: Oculus Rift (Vir: Medmrežje 12)

Google Cardboard je platforma, ki sta jo razvila Googlova inženirja David Coz in Damien Henry kot cenovno ugodno rešitev za ogled vsebin VR. Osnovno ohišje naprave je izrez iz kartona, ki vsebuje nekaj objektivov in rezo za pritrditev mobilnega telefona. Zelo utemeljena Googlova inovacija, prikazana na sliki 14, ki je bila predstavljena leta 2014, je utrila pot razvoju podobnih naglavnih zaslonov, ki so za upodabljanje slik uporabljali mobilni telefon (Medmrežje 17).



Slika 14: Google Cardboard (Vir: Medmrežje 13)

HTC Vive (slika 15) je sobna naprava, ki sta jo v sodelovanju razvili družbi HTC in Valve Corporation. Paket Vive je sestavljen iz naprave za namestitev na glavo s stereoskopskim zaslonom visoke ločljivosti, baznih postaj z infrardečo svetlobo za natančno sledenje položaju, in ročke z vgrajenimi senzorji za fizične interakcije. Zaslon zahteva računalnik z zmogljivo grafično procesno enoto za upodabljanje vizualnih predstavitev nenehno posodobljenega navideznega sveta. Podjetje HTC je napravo uradno predstavilo februarja 2015 (Medmrežje 17).



Slika 15: HTC Vive (Vir: Medmrežje 14)

Inženirji, oblikovalci in razvijalci po vsem svetu si še naprej prizadevajo, da bi pokazali ogromen potencial tehnologije virtualne resničnosti, ki ponuja različne možnosti (Medmrežje 17). Razvoj virtualne resničnosti je v začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja postal veliko bolj znan in izraz postal vse bolj priljubljen. O VR lahko slišimo v skoraj vseh medijih, izraz pa ljudje pogosto napačno uporabljajo, saj gre za svežo, obetavno in fascinantno tehnologijo, ki pritegne veliko zanimanje (Mazuryk in Gervautz 1999).

2.2 Uporaba virtualne resničnosti

Virtualna resničnost vključuje resnične ali abstraktne svetove, ki jih ustvari računalnik. Tridimenzionalne slike VR so v primerjavi s fizičnimi modeli bolj dinamične. Z uporabo VR lahko vstopimo in komuniciramo s svetom, ki bodisi ne obstaja ali pa je težko dostopen zaradi stroškov ali varnostnih razlogov, kot so kirurški posegi ali komunikacija in druženje z različnimi ljudmi na različnih lokacijah (Nooriafshar et al. 2004). VR se lahko uporablja za različne namene: za usposabljanje osebja, izobraževanje, zdravje in varnost, pri nepremičninah, za zabavo, predvsem videoigre, pri inženiringu in arhitekturi, športu ter pri poslovanju, kot so virtualni sestanki (Yasar in Sheldon 2024).

Kot se povečuje uporaba VR v industriji iger, se enak trend opaža tudi v izobraževanju.

2.2.1 Uporaba VR v izobraževanju

Uporaba VR na področju izobraževanja obstaja že več kot pol stoletja, v zadnjih petnajstih letih pa se je dramatično razširila, saj je razvoj simulatorjev vse bolj cenovno dostopen (Angel-Urdinola et al. 2021). Izobraževanje je v zadnjem času doživelo ogromne spremembe, tradicionalni model se je premaknil k bolj personaliziranemu in prilagodljivemu pristopu. Ta v veliki meri temelji na uporabi umetne inteligence in drugih sodobnih tehnoloških aplikacijah (Surugiu et al. 2025).

Uporaba VR v izobraževanju je računalniško podprto poučevanje (angl. computer-assisted instruction – CAI) ali računalniško podprto usposabljanje (angl. computer-based training – CBT). Zgodovina uporabe računalnikov kot učnih pripomočkov sega v zgodnja 50. leta prejšnjega stoletja. Resne študije so se začele v zgodnjih šestdesetih letih prejšnjega stoletja. Od pojava mikroračunalnika leta 1977 so računalniki, zlasti mikroračunalniki in osebni računalniki, postali vse bolj razširjeni in priznani sistem za izvajanje številnih oblik izobraževanja. Temu trendu je sledila tudi VR (prav tam). Virtualna resničnost je bila prepoznana kot obetavna tehnologija za visokošolsko izobraževanje, saj kombinacija poglobljenih in interaktivnih funkcij omogoča izkustveno učenje (Fromm et al. 2021).

VR ima potencial za vodenje študentov k novim odkritjem, motiviranju, spodbujanju in navduševanju. Učenec lahko sodeluje v učnem okolju z občutkom prisotnosti, z občutkom, da je del njega (Pantelidis 2009). VR v izobraževanju pogosto vključuje interakcijo in ogled učne vsebine z uporabo VR-očal, ki uporabniku predstavi 360-stopinjski pogled na virtualno okolje. Virtualna očala so lahko zelo draga, zato nekatera podjetja ponujajo učne vsebine, do katerih je mogoče dostopati na namizju, prenosniku ali tablici, kar imenujemo računalniška simulacija. V teh primerih vsebina ni povsem poglobljena, vendar lahko študenti še vedno sodelujejo v simuliranih okoljih (Gossett in Velazquez 2023). Čeprav je simulacija le predstavitev resničnega življenja, obstajajo značilnosti, ki lahko izboljšajo izkušnjo resničnega življenja. Simulacija zagotavlja avtentične in ustrezne scenarije, uporablja situacije pod pritiskom, ki izkoristijo čustva uporabnikov in jih prisilijo k delovanju, daje občutek neomejenih možnosti in jo je mogoče ponoviti (Pantelidis 2009).

2.2.1.1 Izkustveno učenje

Izkustveno učenje je opredeljeno kot proces, v katerem se znanje ustvarja s preoblikovanjem izkušenj. Teorija izkustvenega učenja temelji na šestih predlogih:

1. Učenje je proces in ne rezultat, spremljati ga mora povratna informacija.
2. Učenje vedno vključuje ponovno učenje. Prepričanja študentov o določeni temi se izpodbijajo in preizkušajo z novimi idejami ter spoznanji.

3. Učni proces poganjajo konflikti, nesoglasja in razlike. Z razpravljanjem o nesoglasjih ali reševanjem konfliktov se posamezniki učijo.
4. Učenje je prilagojeno okolju s čutenjem, zaznavanjem, mišljenjem in vedenjem na določen način.
5. Učenje izhaja iz asimilacije novih izkušenj v obstoječe koncepte.
6. Študentje ustvarjajo novo znanje (Fromm et al. 2021).

Na podlagi teh šestih predlogov za pridobivanje novih stališč, znanja in veščin se morajo študenti soočiti z načini učenja, ki se pojavljajo v štiristopenjskem ciklu:

1. Študenti imajo konkretne izkušnje, v novo situacijo se vključijo z odprtim umom in brez pristranskosti.
2. Refleksivno opazovanje, študenti razmišljajo o teh izkušnjah in jih opazujejo z več perspektiv.
3. Študenti se ukvarjajo z abstraktno konceptualizacijo, svoja opažanja so sposobni preoblikovati v teorijo z ustvarjanjem konceptov.
4. Aktivno eksperimentiranje, študenti uporabljajo svoje razvite teorije za reševanje danega problema. Te teorije služijo kot vodilo za študente, da se vključijo v dejanja s preizkušanjem naučenega v kompleksnih situacijah. Ko študenti aktivno eksperimentirajo z novim znanjem, se proces znova začne (Fromm et al. 2021).

Teorija izkustvenega učenja se vse bolj povezuje z virtualno resničnostjo, saj podpira študente pri uporabi znanja in soočenjem s posledicami njihovega dejanja ter študentom omogoča prostor raziskovanja, izkušnjo in preučevanjem okolja, tudi nevarnih in nedostopnih lokacij. VR zagotavlja bogat in privlačen izobraževalni kontekst, ki podpira izkustveno izobraževanje, saj lahko študenti izkusijo učenje z delom. To vzbuja zanimanje in motivacijo, kar učinkovito podpira ohranjanje znanja in pridobivanje veščin. Uporaba VR pri poučevanju spodbuja bolj konkreten izkustveni način učenja študentov in refleksivno opazovanje v varnem in pristnem okolju (Fromm et al. 2021).

Izobraževanje posameznikov omogoča razvoj kritičnega mišljenja in analitičnega znanja, pridobivanje novih veščin, razvija občutek smisla in oblikuje kariero. Razvoj VR bi lahko pozitivno vplival na izkustveno učenje. Napredek je bil viden med Pandemijo covida-19, ko so bile vlade prisiljene za več mesecev zapreti vrata šol in izobraževalnih ustanov. Učitelji so se večinoma osredotočali na prenos znanja, ne pa na praktične izkušnje in izkušnje v živo, ki jih študentje potrebujejo za razumevanje konceptov. Razvoj izobraževalne tehnologije v prihodnje mora zato obravnavati izkustveno učenje. Virtualna resničnost je verjetno prelomnica za naslednje generacije študentov in omogoča izkustveno učenje (Aldhaheri et al. 2022).

VR izboljšuje izobraževalno interakcijo in sodelovanje, krepi praktično razumevanje študentov in podpira zmogljivejšo vizualizacijo. Vendar če VR ni ustrezno spremljana in uvedena z vodenim programom, lahko nekoliko omejuje človeško interakcijo ter povzroči izolacijo pri mlajših generacijah. Virtualna resničnost je tehnologija, ki lahko preoblikuje nabor znanj in spretnost študentov, učenje iz prve roke in uporabno znanje ustvarja privlačnejše okolje za njih (prav tam).

Spletno učenje je lahko na več načinov učinkovitejše. Zahteva manj časa za učenje kot v tradicionalen učnem okolju, ker se študentje lahko učijo v svojem tempu, se vračajo in ponovno berejo, preskakujejo ali pospešujejo koncepte. Učinkovitost spletnega učenja pa se razlikuje med starostnimi skupinami, saj mlajši potrebujejo strukturirano okolje (Li et al. 2020).

Jasno je, da je Pandemija covida-19 popolnoma pretresla izobraževalni sistem, za katerega mnogi trdijo, da je že izgubil svoj pomen, saj se šole še naprej osredotočajo na tradicionalne akademske spretnosti in učenje na pamet, namesto na spretnosti, kot sta kritično mišljenje in prilagodljivost, ki bodo v prihodnosti pomembnejše za uspeh (prav tam).

Usposabljanje v virtualni resničnosti postaja študentom vse bolj dostopno. Že pred Pandemijo covida-19 je za izobraževalne sisteme postalo še posebej težko zagotoviti učne priložnosti, ki študentom omogočajo praktične pedagoške izkušnje, potrebne za razvoj praktičnih veščin,

zlasti programe, ki zahtevajo uporabo laboratorijev. Zato se učitelji začenjajo zanašati na simulacije virtualne resničnosti za razvoj učnih izkušenj, ki sicer študentom ne bi bile dostopne. Simulacije virtualne resničnosti lahko študentom zagotovijo praktične priložnosti za usposabljanje brez pritiska in nevarnosti (Angel-Urdinola et al. 2021).

2.3 Prednosti in slabosti uporabe VR v izobraževanju

Ker ima uporaba VR v izobraževanju številne prednosti in kaže velik potencial za izobraževalce, je ključno razumeti prednosti in izzive pri vključevanju VR v dejanski razred kot standardno in praktično izobraževalno orodje po vsem svetu (Jin et al. 2022).

2.3.1 Prednosti

Tehnologija VR je eden od možnih načinov izvajanja najnovejših učnih metod in pristopov, potrebnih za reševanje novih problemov v izobraževanju (Surugiu et al. 2025). Glavna prednost virtualne resničnosti pri poučevanju je, da je motivacijska in pritegne ter zadrži študentovo pozornost. Študentom se zdi razburljivo in izzivalno hoditi po tridimenzionalnem (3D) okolju, sodelovati z okoljem in ustvarjati lastne 3D-svete (Pantelidis 2009).

VR lahko izboljša učinkovitost učenja in angažiranost. Študentom zagotavlja poglobljeno in interaktivno učno okolje, ki jim omogoča hitrejšo in učinkovitejšo razumevanje kompleksnih konceptov in idej. Ker lahko tehnologije VR posnemajo situacije iz resničnega sveta in študentom omogočajo praktične izkušnje, lahko izboljšajo dostopnost abstraktnih in zapletenih tem. Virtualna resničnost lahko študentom zagotovi prilagojeno učno izkušnjo, kar dobro vpliva na njihovo razumevanje snovi. Ena glavnih komponent izkustvenega učenja je sposobnost študentov, da vadijo veščine, delajo napake in ponavljajo. Vse to omogočajo simulacije virtualne resničnosti (Surugiu et al. 2025). Poleg tega študentom in učiteljem zagotavljajo standardizirano in ponovljivo okolje ter omogočajo neprekinjeno medvrstniško interakcijo, aktivno učenje, virtualne izlete do zgodovinskih znamenitosti ali težko dostopnih lokacij, sproščeno učenje ter povratne informacije o uspešnosti (Angel-Urdinola et al. 2021). Uporaba virtualne resničnosti v izobraževanju ima potencial za spodbujanje ustvarjalnosti in ustvarjanje novih pristopov. Predavanja lahko nudijo tudi praktične izkušnje, kot so laboratorijski eksperimenti (Surugiu et al. 2025).

Virtualna resničnost lahko natančneje ponazori nekatere značilnosti in procese ter omogoča izjemno podroben pregled predmeta. Študenti si lahko ogledajo model od znotraj ali od zgoraj ali spodaj in pokažejo se področja, ki jih prej niso videli. Spremeni način interakcije študenta s predmetom, spodbuja aktivno sodelovanje namesto pasivnosti. Udeleženec, ki sodeluje z virtualnim okoljem, je spodbujen k nadaljnjemu sodelovanju, saj takoj vidi rezultate in VR študentu omogoča, da odkrije prej neznan odkritja (Pantelidis 2009).

VR omogoča prilagojeno učenje, ki omogoča, da je prilagojeno potrebam posameznih študentov in se učijo v lastnem tempu. To je privlačno tako za študente kot za učitelje, ki poskušajo učiti študente z različnimi sposobnostmi. VR omogoča ustvarjanje učnih ur, ki se spreminjajo glede na druge potrebe študenta in jih ponavljajo tolikokrat, kolikor želijo. Z VR lahko razvijejo izobraževalne programske opreme za otroke z Downovim sindromom ali ustvarijo sistem za motiviranje in izobraževanje bolnikov s cerebralno paralizo, kako naj izvajajo rehabilitacijske vaje (Kavanagh et al. 2017). VR invalidom omogoča, da sodelujejo v eksperimentu ali učnem okolju, kadar tega ne morejo storiti drugače. Lahko izvajajo kemijske in fizikalne laboratorijske eksperimente in se učijo z delom. VR študentu omogoča, da nadaljuje z izkušnjo v svojem lastnem tempu. Študent se sam odloči, kaj bo počel pri interakciji z virtualnim okoljem. VR študentu omogoča, da izkušnjo doživi v širokem časovnem obdobju, ki ni določeno z rednim urnikom pouka. VR ponuja način za doseganje nekaterih ciljev prek izobraževanja na daljavo, ki ga prej ni bilo mogoče poučevati na ta način. Z VR študenti

premagujejo jezikovne ovire, saj z njo lahko dostopamo do besedila, ki zagotavlja enake možnosti za komunikacijo s študenti iz drugih kultur (Pantelidis 2009).

2.3.2 Pomanjkljivosti

Slabosti uporabe VR so povezane predvsem s časom, ki je potreben za učenje uporabe strojne in programske opreme, z možnimi učinki na zdravje in varnost ter s soočenjem z morebitnim odporom do uporabe in vključevanja nove tehnologije v učni načrt ali predmetnik (Pantelidis 2009). Med ključnimi izzivi uporabe VR v izobraževanju so tudi stroški, ki nastanejo zaradi razvoja, prilagoditve in vzdrževanja programske opreme (Kavanagh et al. 2017). Poleg dobave VR-opreme, je ustvarjanje virtualnega okolja zelo naporno in traja dlje, kot se običajno pričakuje. Izzivi lahko nastanejo pri razumevanju in komuniciranju po virtualnem okolju. Vsebina, ki jo učitelji izberejo, mora biti točna, starosti primerna in usklajena z učnimi cilji (Ramadhanya 2024). Uporaba programske opreme VR v razredu ne vključuje le stroškov, povezanih z začetnim nakupom programske opreme, temveč tudi s stalnimi stroški, vključno z vzdrževanjem, podporo in usposabljanjem. Ustanove bi morale plačati učiteljem in inštruktorjem za usposabljanja, da lahko uporabljajo novo digitalno tehnologijo (Kavanagh et al. 2017).

Ker se stroški za izobraževalne tehnologije VR razlikujejo, se lahko razlikuje tudi obseg usposabljanja, ki je potrebno za osebje in študente. Medtem ko so izobraževalci morda seznanjeni z uporabo namiznih računalnikov, je manj verjetno, da poznajo delovanje sistemov CAVE, kar zahteva dodatno usposabljanje. Učitelji bodo morda morali porabiti čas za usposabljanje študentov za uporabo izobraževalnih sistemov in njihovih tehnologij, kar bi lahko zmanjšalo količino časa, ki je na voljo za poučevanje (prav tam).

Težava pride, ko VR ne zagotovi izkušnje, ki je podobna realistični izkušnji, kar lahko negativno vpliva na študente. Poleg omejitev glede realističnih virtualnih okolij lahko obstajajo tudi omejitve naprav, ki jih zagotavljajo: nizka gostota slikovnih pik, zakasnitev slike, kakovost interakcije in berljivost ter razumevanja sistema. Čeprav uporaba VR pri izobraževanju verjetno zmanjšuje dolgočasje, morajo biti izobraževalci previdni, da se na VR ne zanašajo kot na edino sredstvo za spodbujanje sodelovanja študentov, saj lahko slaba izobraževalna zasnova še vedno povzroči pomanjkanje sodelovanja (Kavanagh et al. 2017).

Med izkušnjami VR lahko nekateri uporabniki trpijo zaradi nadležnih simptomov, podobnim slabosti zaradi vožnje (Chang et al. 2020). Glavni simptomi »kibernetске bolezni (KS)«, imenovane tudi gibalna slabost v VR, so utrujenost, naprežanje oči, slabost, dezorientacija, omotica, prekomerno potenje, suha usta, polnost želodca, vrtoglavica, bruhanje, ataksija, glavoboli, nenavadna koordinacija rok in oči itd. (Biswas et al. 2024). Ti neprijetni občutki lahko zavirajo prihodnje izkušnje VR, zato se VR-bolezen obravnava kot problem, ki ga je treba rešiti (Chang et al. 2020).

3. MATERIALI IN METODE

3.1 Virtualni laboratorij VRLab Akademija

VRLab Akademija je spletna platforma oz. virtualni laboratorij, kjer se študenti učijo osnovnih znanstvenih konceptov. Ponuja revolucionarno učno platformo za osnovne šole, srednje šole in univerze z virtualno resničnostjo (VR-verzija) ali računalniškimi simulacijami (PC-verzija), ki so dostopni na tablicah, mobilnih napravah in domačih računalnikih (VR Lab Academy).

Zagotavlja več kot 240 eksperimentov s področij fizike, kemije in biologije ter je edinstveno zasnovana za uskladitev z učnimi načrti. Njihov virtualni laboratorij ponuja poglobljeno in interaktivno izkušnjo, do katere študenti, učitelji ali kdor koli dostopajo na spletni strani (<https://www.vrlabacademy.com/en>), s katere koli lokacije z internetno povezavo.

Virtualni laboratoriji so digitalne simulacije, ki posnemajo fizični laboratorij. Z napredno tehnologijo VR lahko študentje izvajajo eksperimente v štirih različnih jezikih (angleščini, turščini, španščini in bolgarščini), manipulirajo s spremenljivkami in opazujejo rezultate v varnem in nadzorovanem digitalnem okolju. Ta inovativni pristop povezuje teoretično znanje in praktično uporabo ter izboljšuje razumevanje in ohranjanje znanstvenih načel.

Študij z VRLab Akademijo preprečuje nastanek kemičnih in/ali bioloških odpadkov, ki lahko nastanejo kot rezultat dejanskega eksperimenta. Poleg tega je s pomočjo tehnologije virtualne resničnosti VRLab Akademije popolnoma varno preučevati eksperimente.

VRLab Akademija ponuja 14 tematskih laboratorijev: Biologija, Kemija, Elektromagnetizem, Mehanika, Sodobna fizika, Optika in valovanje, Molekularna biologija, Fiziologija, Termodinamika, Medicinska biokemija, VRLab Akademija za otroke, Popularna znanost in Moduli za dobro počutje ter Usposabljanje za varnost hrane. Na spletni strani (<https://www.vrlabacademy.com/en/Category/Search>) imajo predstavljenih 172 eksperimentov, od tega jih 15 še ni na voljo, so v razvoju. Čeprav oglašujejo 172 eksperimentov, jih na VRLab platformi ni možno toliko izvajati, poleg tega sta na voljo dva dodatna laboratorija, in sicer za *Merilo uspešnosti* (Benchmark) in *Matematiko*, ki nimata na voljo nobenih eksperimentov. Število eksperimentov, ki jih je možno testirati, se razlikuje tudi glede na to, na kateri napravi jih želimo testirati. PC-verzija ima na razpolago 42 eksperimentov več kot VR-verzija (PC 159 eksperimentov, VR 117 eksperimentov). Iz preglednice 1 lahko razberemo, da lahko uporabniki z računalniškimi simulacijami testirajo 32 eksperimentov, v virtualnem okolju pa samo 25.

Pomembno je vedeti, da se število uporabnih eksperimentov stalno spreminja, prvi eksperiment, ki sem ga testirala z računalniškimi simulacijami, je po nekaj tednih izginil. Morala sem ga izločiti iz nabora, saj ga ni bilo možno testirati v virtualnem svetu, trenutno pa je ponovno na voljo v obeh verzijah.

Preglednica 1 prikazuje število eksperimentov, ki jih VRLab Akademija oglašuje na njihovi spletni strani in število eksperimentov, ki so bili v času mojega raziskovanja na VRLab platformi na voljo za eksperimentiranje v PC- in VR-verziji.

V stolpcu »Vsi eksperimenti« so prikazani eksperimenti, ki jih VRLab Akademija oglašuje na njihovi spletni strani. Drug in tretji stolpec prikazujeta eksperimente, ki so na voljo na VRLab platformi, npr. v tematskem laboratoriju za Biologijo oglašujejo 22 eksperimentov, vendar jih je bilo v času mojega testiranja na voljo 20, 2 sta bila v razvoju (20/22). Na VRLab platformi smo v VR-okolju lahko eksperimentirali samo s 17 eksperimenti, s pomočjo računalniške simulacije pa je bilo možno testirati 21 eksperimentov, od teh sta bila 2 v razvoju (21/23). Pri nekaterih tematskih laboratorijih, kot so Biologija, Elektromagnetizem, Molekularna biologija, Fiziologija in VRLab Akademija za otroke, je bilo na voljo več eksperimentov na VRLab platformi, kot so jih oglaševali na njihovi spletni strani.

Preglednica 1: Tematski laboratoriji in število eksperimentov, ki so na voljo na VRLab spletni strani in VRLab platformi

Tematski laboratoriji	Vsi eksperimenti	(V virtualnem okolju) VR-verzija	(Računalniška simulacija) PC-verzija
Biologija	20/22	17	21/23
Kemija	29/33	19	28/32
Elektromagnetizem	11/14	11	15/16
Mehanika	19/20	13	15
Sodobna fizika	8	4	6
Optika in valovanje	7	3	6
Molekularna biologija	7	5	8
Fiziologija	0/2	2	2
Termodinamika	8	3	7
Medicinska biokemija	7	3	6
Popularna znanost	2	1	1
VRLab Akademija za otroke	30/32	25	32
Moduli za dobro počutje	9	9	9
Usposabljanje za varnost hrane	0/1	1	0/1
Matematika	0	0	0
Merilo uspešnosti	0	1	3
Skupaj	157/172	117	159/167

3.2 Izbira eksperimentov

Načrtovali smo testiranje 5 do 10 eksperimentov s področja kemije in biologije. Izbrala sem 7 eksperimentov, ki bi bili glede na vsebino primerni za študente Fakultete za varstvo okolja. Med raziskovanjem sem opazila, da je med izbranimi eksperimenti na voljo za izvajanje le en eksperiment, a samo v PC-verziji. Zato sem postopek izbora eksperimentov ponovila in se osredotočila na tiste, ki so na voljo za uporabo v PC- in VR-obliki. Ponovno sem začela z izborom od pet do deset eksperimentov. Na koncu smo se odločili za naslednjih sedem:

- ✓ Vedenje živali (*Animal behavior*),
- ✓ Vezi v trdnih snoveh (*Bonding in solids*),
- ✓ Pretok energije v ekosistemu (*Energy flow in ecosystem*),
- ✓ Izolacija proteinov (*Protein isolation*),
- ✓ Sprememba entalpije raztopin (*Enthalpy change of solutions*),
- ✓ Razgradnja mleka (*Decay of milk*),
- ✓ Transpiracija v rastlinah (*Transpiration in plants*).

Cilj posameznih izbranih eksperimentov:

- a) **Vedenje živali:** določiti število samcev in samic vinskih mušic v gojitveni steklenički in raziskati njihove vedenjske odzive na različne snovi in pogoje.
- b) **Vezi v trdnih snoveh:** analizirati trdne snovi v obliki prahu in določene lastnosti uskladiti z ustreznimi vrstami vezi ter raziskati fizikalne lastnosti, kot so barva, prevodnost, tališče in magnetizem.
- c) **Pretok energije v ekosistemu:** izmeriti in izračunati količino energije, ki se prenese od proizvajalca k potrošniku, ter ugotoviti, koliko energije se porabi za biomaso in respiracijo
- d) **Izolacija proteinov:** izolirati citoplazemske proteine jetrnega tkiva.
- e) **Sprememba entalpije raztopin:** ugotoviti spremembo entalpije raztopine različnih soli s kalorimetrom ali toplotnim števcem (merilnik toplotne energije) v kavnem lončku.
- f) **Razgradnja mleka:** modelirati bakterijsko razgradnjo mleka z dodajanjem encima lipaze in spremljanje pH-vrednosti pri petih različnih temperaturah.
- g) **Transpiracija v rastlinah:** z uporabo potomera (naprave za merjenje porabe vode) raziskati stopnjo transpiracije.

Nato sem vseh 7 eksperimentov natančno pregledala in testirala v obeh možnih izvedbah: v obliki računalniških simulacij (PC-verzija) (poglavje 3.3.) ter v virtualnem okolju (VR-verzija) (poglavje 3.4.). Pri obeh oblikah testiranja sem si za lažje ocenjevanje izbrala 16 kazalnikov.

Opis kazalnikov:

1. VSEBINSKA ZAHTEVNOST → zanimalo me je, kako zahtevna je vsebina.
2. TEHNIČNA ZAHTEVNOST → kako zahtevna je uporaba inštrumentov.
3. JASNOST → kako razumljiva so navodila in postopek.
4. RAZUMLJIVOST OKOLJA IN INŠTRUMENTOV → kako razumljivo je okolje in uporaba njegovih inštrumentov.
5. NATANČNOST → kako natančni so detajli in podrobnosti.
6. PEDAGOŠKA PRIMERNOST → kako primeren je eksperiment za študente Fakultete za varstvo okolja.
7. PRIČAKOVANOST → pričakovanost poteka eksperimenta glede na uvod.
8. ESTETIKA → kako vizualno prijeten/lep je eksperiment.
9. ZANIMIVOST → kako zanimiv je eksperiment.
10. IZVEDLJIVOST → ali je eksperiment izvedljiv do konca.
11. PRODUKTIVNOST → kako obsežen je celoten eksperiment.
12. VSEBINSKA UPORABNOST → ali eksperiment prispeva k boljšemu razumevanju področja.
13. OBSEŽNOST TEORIJE → ali je teorije dovolj ali je pomanjkljiva.
14. TEHNIČNA UPORABNOST → koliko tehničnih problemov se je pojavilo, ali je prišlo do kakšnih okvar, do izginjanja inštrumentov.
15. IZVIRNOST → kako izviren/unikaten/kreativen je celoten eksperiment.
16. ČAS → ali je izvedljiv v času od ene do treh šolskih ur.

Vsak kazalnik sem pri vsakem eksperimentu in pri obeh možnih izvedbah ocenila z ocenami od 1 do 5, kjer je 1 pomenila slabo oceno/izkušnjo in 5 dobro oceno/izkušnjo. Pri kazalniku vsebinska zahtevnost in tehnična zahtevnost je ocena 5 pomenila, da vsebina ni bila preveč zahtevna. Pri kazalnikih jasnost, razumljivost, estetika, izvirnost in natančnost je ocena 5 pomenila, da je eksperiment imel dobro navedena navodila, bil vizualno lep, izviren in imel zelo natančne detajle. Pri kazalniku pedagoška primernost je eksperiment dobil oceno 5, če je bil primeren za študente. Pri kazalnikih pričakovanost in obsežnost teorije je ocena 5 pomenila, da je eksperiment dosegel pričakovanja in imel dovolj teorije. Eksperiment je pri kazalnikih zanimivost in izvedljivost dobil oceno 5, če je obdržal zanimivost in bil izvedljiv do konca. Pri kazalniku produktivnost je nižja ocena pomenila, da je bil eksperiment preveč ali premalo

obsežen. Pri kazalniku vsebinska uporabnost je eksperiment dobil oceno 5, če je dovolj prispeval k boljšemu razumevanju vsebine. Pri kazalniku tehnična uporabnost je eksperiment dobil oceno glede na to, na koliko tehničnih problemov sem naletela: oceno 1, če jih je bilo ogromno, in 5, če nisem imela nobenih problemov. Pri kazalniku čas je eksperiment dobil oceno 5, če je bil izvedljiv v času od ene do treh šolskih ur.

3.3 Testiranje eksperimentov z računalniškimi simulacijami

Prvi eksperiment, ki sem ga testirala z uporabo računalniške simulacije (PC-verzije), je bil **Ločevanje mešanic** (*Seperating mixtures*), ki sem ga kasneje nadomestila z eksperimentom **Razgradnja mleka** (*Decay of milk*), virtualni laboratorij je prikazan na sliki 16, saj VR-verzija ni bila na voljo. S preizkusom prvega eksperimenta sem se naučila in navadila, kako se premikati po prostoru in kako eksperiment poteka, zato sem se v nadaljevanju lahko bolje znašla brez nepotrebnih nejasnosti.



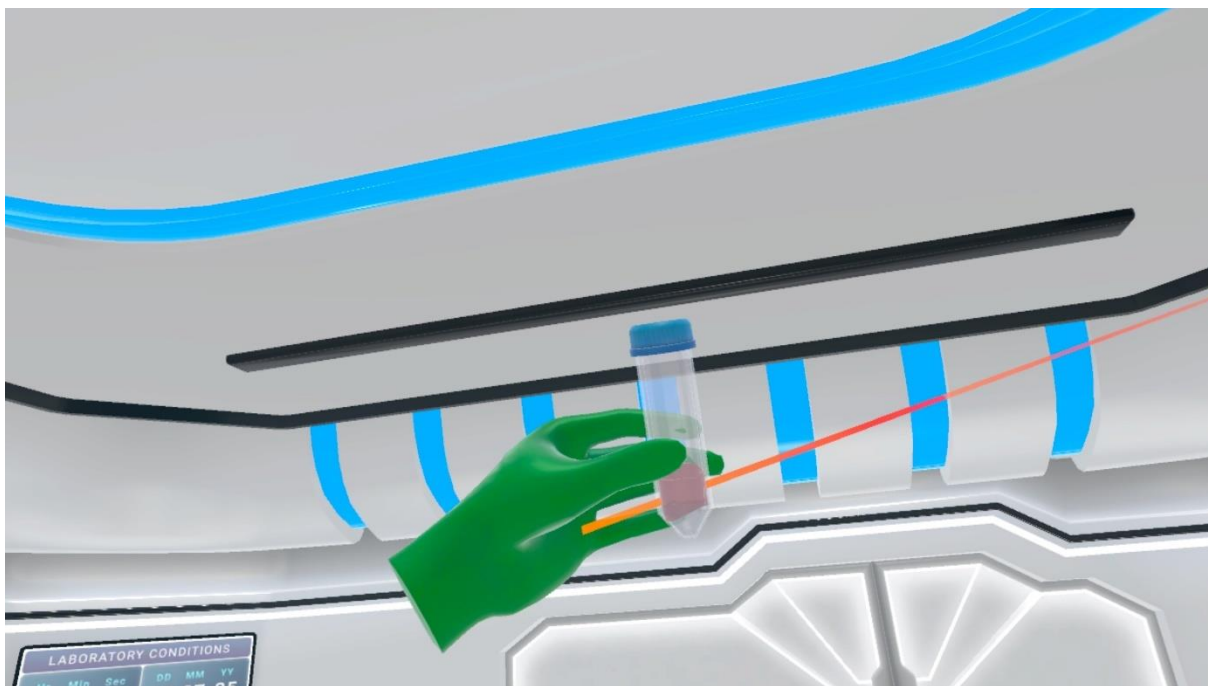
Slika 16: Eksperiment Razgradnja mleka s pomočjo računalniške simulacije (Vir: lasten)

Eksperimente sem testirala po naključnem vrstnem redu ter jih sproti ovrednotila v Excelovi preglednici (preglednica 2). Testiranje eksperimentov je bilo dokaj preprosto, saj imam že veliko izkušenj z uporabo računalnika, kar mi je pomagalo.

3.4 Testiranje eksperimentov v virtualnem okolju

Za razliko od PC-verzije, ki sem jo izvedla doma, sem VR-verzijo izvedla na Fakulteti za varstvo okolja. Uporabila sem Metina Quest 2 VR-očala.

Začetek eksperimentiranja v virtualnem okolju je bil zelo neroden, vendar sem se čez čas navadila. Občutku očal na glavi se nisem mogla nikakor privaditi in so me motile vse do konca ter predstavljale neprijetno bolečino na nosu, medtem ko so mi ročke postale všeč. Vidljivost se mi je čez čas zmanjšala, besedilo pa je bilo na trenutke megleno ter težko berljivo. Pri testiranju eksperimentov sem imela veliko več težav in pripomb. Sliki 17 in 18 prikazujeta, kako eksperiment izgleda v virtualnem okolju. Na sliki 19 s pomočjo VR-očal in ročk testiram eksperimente.



Slika 17: Eksperiment Izolacija proteinov s pomočjo virtualne resničnosti (Vir: lasten)



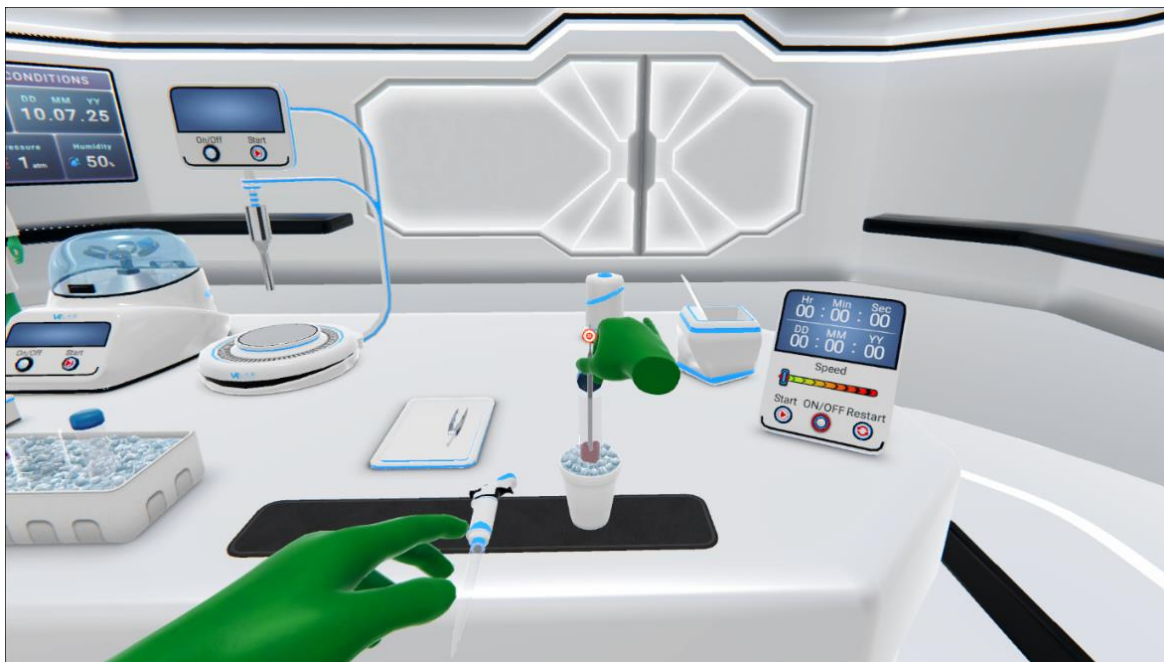
Slika 18: Eksperiment Izolacija proteinov s pomočjo virtualne resničnosti (Vir: lasten)



Slika 19: Med lastnim testiranjem eksperimenta (Vir: lasten)

3.5 Priprava in testiranje eksperimentalne vaje s študenti Fakultete za varstvo okolja

Ko sem vse eksperimente izvedla, jih ovrednotila in seštela točke, sem po subjektivnem mnenju določila najboljši eksperiment – **Izolacija proteinov** oz. eksperiment, ki je bil na podlagi izbranih 16 kriterijev ocenjen kot najprimernejši za študente Fakultete za varstvo okolja (FVO). Slika 20 prikazuje eksperiment Izolacija proteinov s pomočjo računalnika.



Slika 20: Eksperiment Izolacija proteinov (Vir: lasten)

Najbolje ocenjeni eksperiment so v zaključku diplomskega dela testirali študenti FVO. Testirali so tako PC- kot tudi VR-verzijo ter oba načina še ocenili. Zanje sem s pomočjo kriterijev za ovrednotenje, ki sem jih uporabila, sestavila evalvacijski vprašalnik (priloga 1).

Testiranja eksperimenta so se udeležili trije študenti FVO. Na začetku sem jim ustno razložila koncept testiranja ter jim razdelila vprašalnik. Najprej so vsi odgovorili na uvodni dve vprašanji, nato pa je vsak na svojem računalniku testiral eksperiment in odgovoril na vprašanja o izkušnjah uporabe PC-verzije. Na koncu so posamezno testirali eksperiment še v virtualnem okolju in odgovorili na vprašanja o izkušnjah uporabe VR-verzije.

4. REZULTATI Z RAZPRAVO

4.1 Testiranje eksperimentov z računalniškimi simulacijami

Računalniške simulacije vseh 7 izbranih eksperimentov sem ocenila na podlagi 16 izbranih kazalnikov (preglednica 2).

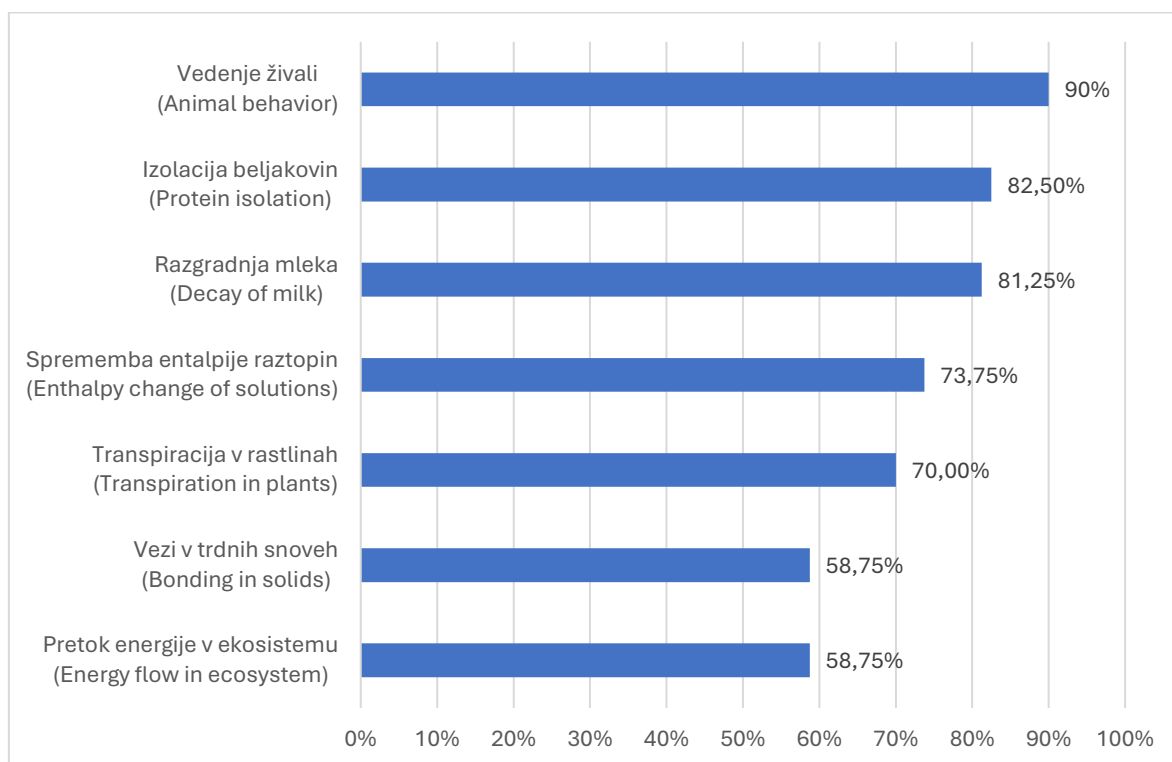
Pri nobenem eksperimentu nisem imela posebnih težav in vse mi je uspelo dokončati, samo **Vezi v trdnih snoveh** ne. Nedokončani eksperiment je imel dve nalogi: predlaboratorijsko prakso in testiranje znanih trdnih snovi, vendar je težava nastala, ko sem želela prebrati postopek druge naloge in mi je namesto tega prikazalo navodila za prvo nalogo. Ko sem kliknila gumb za nazaj, mi ni več pokazalo druge naloge, ampak tabele predlaboratorijske prakse, zato se nikakor nisem mogla lotiti drugega dela, saj nisem dobila navodila. Eksperiment sem poskusila večkrat zagnati, vendar nič ni delovalo. Po nekaj mesecih sem eksperiment ponovno testirala in še vedno se je pojavila enaka težava.

Preglednica 2: Ocene in odstotki eksperimentov izvedenih s pomočjo računalniških simulacij med lastnim testiranjem

NASLOV EKSPERIMENTOV KRITERIJI	Vedenje živali (Animal behavior)	Vezi v trdnih snoveh (Bonding in solids)	Pretok energije v ekosistemu (Energy flow in ecosystem)	Izolacija proteinov (Protein isolation)	Sprememba entalpije raztopin (Enthalpy change of solutions)	Razgradnja mleka (Decay of milk)	Transpiracija v rastlinah (Transpiration in plants)
VSEBINSKA ZAHTEVNOST	5	3	2	5	3	4	3
TEHNIČNA ZAHTEVNOST	3	3	1	3	4	4	3
JASNOST	5	2	3	5	3	5	4
RAZUMLJIVOST	5	3	4	4	5	4	4
NATANČNOST	5	4	4	4	2	4	3
PEDAGOŠKA PRIMERNOST	3	4	4	4	4	4	4
PRIČAKOVANOST	3	1	3	4	2	3	2
ESTETIKA	5	5	4	5	4	5	4
ZANIMIVOST	5	3	3	4	5	3	2
IZVEDLJIVOST	5	1	4	5	3	5	4
PRODUKTIVNOST	4	3	1	3	4	3	3
VSEBINSKA UPORABNOST	5	4	3	3	3	4	4
OBSEŽNOST TEORIJE	5	4	3	4	3	5	3
TEHNIČNA UPORABNOST	5	1	3	5	5	4	5
IZVIRNOST	4	4	4	3	4	3	4
ČAS	5	2	1	5	5	5	4
SKUPNA OCENA	72	47	47	66	59	65	56
PODROČJE	Biologija	Kemija	Biologija	Biologija	Kemija	Biologija	Biologija
Odstotki	90 %	58,75 %	58,75 %	82,5 %	73,75 %	81,25 %	70%

Ekspiriment, ki je dobil najboljšo oceno, je **Vedenje živali** in je tudi edini, ki je dobil več kot 70 točk, 72 točk natančno, kar je 90 % (slika 21). Potekal je odlično. Najnižjo oceno 3 je dobil pri tehnični zahtevnosti, pedagoški primernosti in pričakovanosti (preglednica 2). Drugo najboljšo oceno sem dodelila eksperimentu **Izolacija beljakovin**, in sicer je dobil 66 točk oz. 82,5 %. Najnižjo oceno 3 sem vpisala pri tehnični zahtevnosti, produktivnosti, vsebinski uporabnosti ter izvirnosti. Točko manj, 65 točk oz. 81,25 %, je dobil eksperiment **Razgradnja mleka** z najslabšo oceno 3 pri pričakovanosti, zanimivosti, produktivnosti in izvirnosti. 73,75 % oz. 59 točk je dobil eksperiment **Sprememba entalpije raztopin** in je tudi edini, ki sem mu natančnost ocenila z oceno 2. Poleg tega sem pričakovanost tudi ocenila z 2, saj so bila moja pričakovanja večja. Eksperimentu Sprememba entalpije raztopin je s 70 % oz. s 56 točkami sledil eksperiment **Transpiracija v rastlinah**. Z oceno 5 sem ocenila samo tehnično uporabnost, saj nisem imela nobenih tehničnih težav. Iz preglednice 2 je razvidno, da sem dva kriterija ocenila z oceno 2, in sicer pričakovanost ter zanimivost, saj se mi celoten eksperiment ni zdel zanimiv. Najnižje število točk, 47 oz. 58,75 %, sta dobila eksperimenta **Vezi v trdnih snoveh** in **Pretok energije v ekosistemu**, ter sta tudi edina, pri katerih sem nekatere kriterije ocenila z najnižjo oceno. Največja težava pri eksperimentu **Vezi v trdnih snoveh** je bila, da ga nikakor nisem mogla dokončati, zato sem izvedljivost in tehnično uporabnost ocenila z 1, tako kot pričakovanost, medtem ko sem estetiko ocenila s 5. Mislim, da če ne bi prišlo do nobenih tehničnih problemov, bi eksperiment dobil visoko oceno, saj mi je bil všeč. **Pretok energije v ekosistemu** sem izvedla do konca, vendar zaradi številnih majhnih ličink, ki jih je bilo treba posamezno predstavljati, sem čas, produktivnost in tehnično zahtevnost ocenila z 1 (preglednica 2).

Maksimalno število točk, ki ga je eksperiment lahko dosegel, je 80. Razlike v točkah med najboljšim in najslabšim eksperimentom je 25, kar je več kot 30 %. Iz preglednice 2 lahko v razdelku z odstotki vidimo, da noben eksperiment ni dosegel manj kot 50 % (slika 21).



Slika 21: Palični graf relativne primerjave različnih PC-eksperimentov

4.2 Testiranje eksperimentov v virtualnem okolju

Pretok energije v ekosistemu je bil moj prvi VR-eksperiment, zato pri tem nisem bila popolnoma suverena. Šele spoznavala sem, kako deluje virtualni svet in kako se uporabljajo ročke. Vizualno mi je bilo bolj všeč kot pri PC-verziji, vendar so čez čas oči postale utrujene, in ne glede na to, kako sem očala zategnila, mi niso stala naravnost, kar je zameglilo moj pogled in na trenutke besedilo ni bilo najbolj berljivo. Zaradi strahu, da bi se kam zaletela, sem se večinoma po prostoru premikala z uporabo ročk. Prvih nekaj premikov je bilo zelo neprijetnih, saj sem se po virtualnem prostoru hitro premikala, medtem ko se moje fizično telo ni premaknilo. Prvi eksperiment mi je predstavljal težave, tako v PC- kot v VR-verziji. Eksperiment je bil na splošno odlično predstavljen in pripravljen, tema je bila zanimiva, saj sem morala izmeriti in izračunati količino energije, prenesene od proizvajalca na porabnika in ugotoviti, koliko energije se uporabi za biomaso ali dihanje, vendar je bilo klikanje na vsako posamezno ličinko zelo nadležno. Ličinke so bile tako majhne, da je program brez težav mislil, da sem želela klikniti na pladenj, zato ga je potem dvignil namesto ličinke. Prvi del eksperimenta je bil kratek in jednat ter nisem imela nobenih težav. Drugi del pa bi bil lahko precej krajši, če bi bilo možno prenesti več ličink naenkrat iz ene lokacije na drugo. Zaradi tega se mi je zdel eksperiment prezahteven in predolg, kar je negativno vplivalo tudi na berljivost in počutje.

Naslednji eksperiment je bil **Vezi v trdnih snoveh**; ta na računalniku ni deloval, zato ga nisem mogla dokončati. Tudi v virtualnem okolju mi je povzročal precejšnje tehnične težave. Desne ročke nisem mogla več uporabljati za dvigovanje inštrumentov, samo za premikanje zaslona in nekateri pripomočki so izginili še preden sem končala z njimi, zato sem morala celotni eksperiment ponoviti. Po ponovnem zagonu je eksperiment deloval, vendar je ponovno prišlo do tehničnih težav. Ročka ni zaznala testne tubice, zato nisem mogla nadaljevati. Po večkratnih poskusih eksperimenta nikakor nisem mogla dokončati, ne v PC- ne v VR-verziji.

Med eksperimentiranjem **Vedenje živali** sem imela ogromno tehničnih težav, ročke niso delovale in pripomočki so se zataknili. Eksperiment sem morala štirikrat zagnati, da sem ga lahko končala, medtem ko je na računalniku brezhibno deloval.

Postopek eksperimenta **Razgradnja mleka** je potekal brez kakršnih koli težav, razen da je pri desni ročki izginjala puščica in včasih se z levo nisem mogla premakniti.

Eksperiment **Izolacija proteinov** je bil zelo preprost, zato sem ga posledično najhitreje izpeljala. Edino težavo sem imela z levo ročko, saj se na trenutke nisem mogla premikati po prostoru.

Testiranje eksperimenta **Transpiracija v rastlinah** je potekalo gladko, brez kakršnih koli tehničnih težav, zato je bil eksperiment izpeljan do konca.

Zadnji eksperiment, ki sem ga testirala v virtualnem okolju, je bil **Sprememba entalpije raztopin**. Eksperiment je potekal brez posebnih težav.

Pri testiranju eksperimentov z uporabo virtualnih očal je bilo razvidno, da sem jih hitreje reševala, saj sem imela postopek in navodila v spominu še od testiranja na računalniku. Sem pa opazila, da sem pri VR-verziji imela veliko več tehničnih težav, največ z ročkami.

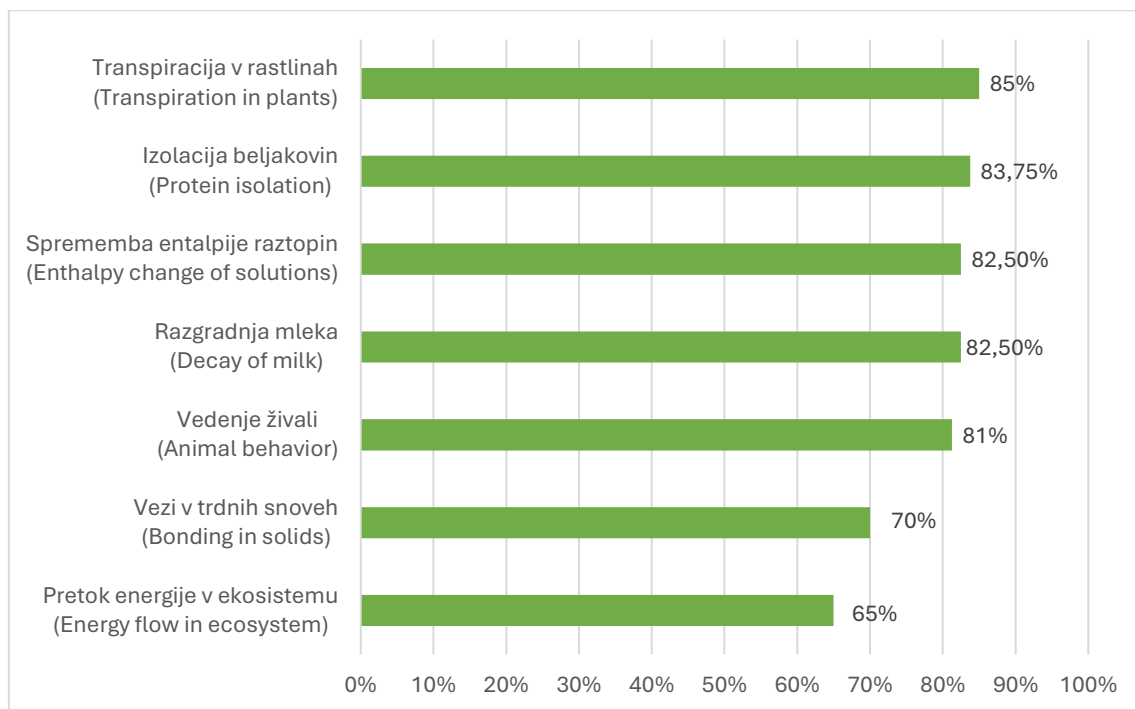
Hkrati s komentarji sem ocenila vseh 16 izbranih kazalnikov (preglednica 3).

Preglednica 3: Ocene in odstotki eksperimentov izvedenih v virtualnem okolju med lastnim testiranjem

KRITERIJI	NASLOV EKSPERIMENTOV						
	Vedenje živali (Animal behavior)	Vezi v trdnih snoveh (Bonding in solids)	Pretok energije v ekosistemu (Energy flow in ecosystem)	Izolacija proteinov (Protein isolation)	Sprememba entalpije raztopin (Enthalpy change of solutions)	Razgradnja mleka (Decay of milk)	Transpiracija v rastlinah (Transpiration in plants)
VSEBINSKA ZAHTEVNOST	5	4	4	4	3	4	4
TEHNIČNA ZAHTEVNOST	3	3	2	5	4	5	4
JASNOST	5	4	4	5	5	5	5
RAZUMLJIVOST	4	4	4	5	5	5	4
NATANČNOST	4	5	4	4	5	4	5
PEDAGOŠKA PRIMERNOST	5	4	4	4	3	4	4
PRIČAKOVANOST	3	1	3	4	2	3	2
ESTETIKA	4	5	4	4	4	4	4
ZANIMIVOST	5	5	3	3	4	3	4
IZVEDLJIVOST	5	1	3	5	5	4	5
PRODUKTIVNOST	3	4	1	3	4	3	4
VSEBINSKA UPORABNOST	4	5	5	5	4	5	5
OBSEŽNOST TEORIJE	4	4	3	4	4	5	5
TEHNIČNA UPORABNOST	2	1	3	3	5	4	4
IZVIRNOST	4	5	4	4	4	3	4
ČAS	5	1	1	5	5	5	5
SKUPNA OCENA	65	56	52	67	66	66	68
PODROČJE	Biologija	Kemija	Biologija	Biologija	Kemija	Biologija	Biologija
Odstotki	81,25 %	70 %	65 %	83,75 %	82,5 %	82,5 %	85 %

Iz preglednice 3 lahko razberemo, da se končni vrstni red ocen pri VR- razlikuje od PC-verzije. Nobeden ni dosegel tako visoke ocene, kot jo je **Vedenje živali** v PC-verziji. Največji preskok je bil pri eksperimentu **Transpiracija v rastlinah**, saj je dobil 85 %, kar je za 15 % več kot pri PC-verziji. Eksperiment je dosegel najboljši rezultat in je potekal brez težav. Čeprav je eksperiment dobil največje število točk, sem mu pri pričakovanosti dodelila oceno 2. Drugo najboljšo oceno, 67 točk, je dobil eksperiment **Izolacija proteinov** (preglednica 3). Eksperiment je potekal brez težav in dobil visoke ocene, samo pri postavki zanimivost je dobil oceno 3, tako kot **Pretok energije v ekosistemu** in **Razgradnja mleka**, saj so mi bili ti eksperimenti najmanj zanimivi. Tudi produktivnost in tehnično uporabnost sem ocenila s 3. Eksperimenta **Sprememba entalpije raztopin** in **Razgradnja mleka** sta s 66 točkami dobila 82,5 % (slika 22). V preglednici 3 lahko vidimo, da čeprav sta eksperimenta dobila enako število točk, se ocene med njima razlikujejo in da imajo samo štirje kriteriji enak rezultat. Za razliko od eksperimenta **Razgradnja mleka**, ki ima najnižjo oceno 3, sem eksperiment **Sprememba entalpije raztopin** pri pričakovanosti ocenila z oceno 2, saj glede na uvod nisem pričakovala, da bo eksperiment tako potekal. Točko manj je dosegel eksperiment **Vedenje živali**. Iz 90 % pri PC-verziji je padel na 81,25 % (preglednici 2 in 3). Vzrok so bile tehnične težave, kar je posledično znižalo ocene pri skoraj vseh kriterijih. Devet točk manj je dobil eksperiment **Vezi v trdnih snoveh** in bil s tem drugi najslabši eksperiment. Štiri kriterije sem ocenila z najnižjo oceno: pričakovanost, izvedljivost, tehnična uporabnost in čas (preglednica 3). Eksperimenta nikakor nisem mogla dokončati, saj je imel ogromno tehničnih težav. Kljub težavam sem natančnost, estetiko, zanimivost, vsebinsko uporabnost in izvirnost ocenila s 5, saj čeprav eksperiment ni deloval, mi je bil vizualno in vsebinsko najbolj zanimiv in bi ga z veseljem v prihodnosti ponovno testirala. Najslabšo oceno (65 %) je, tako kot pri PC-verziji, dobil **Pretok energije v ekosistemu**, saj ga je zaradi hitre izgube potrpežljivosti pri obvezni natančnosti pri premikanju posameznih ličink in ohrovtu težko izpeljati v treh šolskih urah. Poleg tega je zelo obširen in ima veliko nalog.

V točkah med najboljšim in najslabšim eksperimentom je 16 točk razlike, za 9 manj kot pri PC-verziji, kar mi da vedeti, da so si bili eksperimenti bolj enakovredni. Maksimalno število točk je bilo 80; najboljši eksperiment je dobil 68 točk, kar pomeni 85 %, najslabša končna ocena pa je dosegla 52,62 % (slika 22).



Slika 22: Palični graf relativne primerjave različnih VR-eksperimentov

Med testiranjem eksperimentov sem ocenjevala tudi razlike med različnima verzijama, da bi ugotovila, kateri način eksperimentiranja mi bolj ustreza. Opazila sem, da se pri PC-verziji bolje počutim in obstaja manjša nevarnost, da bi se mi kaj zgodilo, oziroma bi se kam zaletela. Poleg tega sta berljivost in vizualna razumljivost boljša in obstojnejša, medtem ko jo lahko pri VR-verziji hitro izgubim. Največja pozitivnost testiranja eksperimentov v PC-verziji je bila baterija. Na svojem računalniku sem lahko testirala skoraj vse eksperimente ne da bi polnila računalnik, medtem ko je bilo treba VR-očala med eksperimentiranjem polniti. Eksperimente je bilo sicer možno testirati med polnjenjem očal, vendar sem s tem omejila svoje gibanje in se nisem smela premakniti.

Eksperimentiranje v virtualnem okolju je prevladoval samo v počutju resničnosti, saj gibanje po prostoru zaradi ozkega prostora ni bilo možno in sem se večinoma premikala s pomočjo VR-ročk. Občutljivost sistema se mi je zdela podobna kot pri PC-verziji.

4.3 Evalvacija izbrane eksperimentalne vaje s študenti Fakultete varstva okolja

Izbran eksperiment, tj. *Izolacija proteinov*, so testirali študenti FVO. Na povabilo so se odzvali trije. Želeli smo dobiti prvo povratno informacijo, ali je eksperiment zanimiv tudi njim ter kako uporabna je zanje VR-izkušnja pri študiju Varstva okolja in ekotehnologije.

Vsi trije študenti so že vsaj enkrat pred izvedbo evalvacije izbrane eksperimentalne vaje preizkusili VR-tehnologijo. Dva študenta sta na koncu testiranja odgovorila, da bi v prihodnosti raje izvajala eksperimente v virtualnem okolju. Enemu študentu pa sta bili obe verziji všeč, vendar bi z virtualnimi očali raje testiral samo kratke eksperimente, zaradi osebnih težav, ki so se pojavile, kot sta težje branje in neprijeten občutek pri premikanju po prostoru. Med testiranjem je študent dobil tudi glavobol.

Končne ocene so se pri vseh študentih razlikovale. Iz preglednic 4 in 5 lahko vidimo, da oceni študenta 1 odstopata od ostalih dveh študentov za več kot 15 točk. Vsi so eksperiment v virtualnem okolju ocenili z višjo oceno kot v računalniški simulaciji, največja razlika je bila sedem točk. Nobeden ni dodelil ocene 1, najnižja je bila 2, s katero je študent 1 ocenil produktivnost, estetiko, vsebinsko uporabnost in obsežnost teorije pri VR-verziji (preglednica 5), pri PC pa natančnost, estetiko, vsebinsko uporabnost in obsežnost teorije (preglednica 4). Pri nobeni verziji ni ocenil kriterijev s 5, medtem ko sta druga študenta dala najvišjo oceno vsaj sedmim kriterijem. Iz preglednice 4 lahko vidimo, da je študent 2 tehnično zahtevnost ocenil z 2, pri VR-verziji pa je bila najnižja ocena 3, in to pri vsebinski zahtevnosti (preglednica 5). Študent 3 ni nobenega kriterija ocenil z 2 in pri obeh verzijah je tri kriterije ocenil s 3 (preglednici 4 in 5).

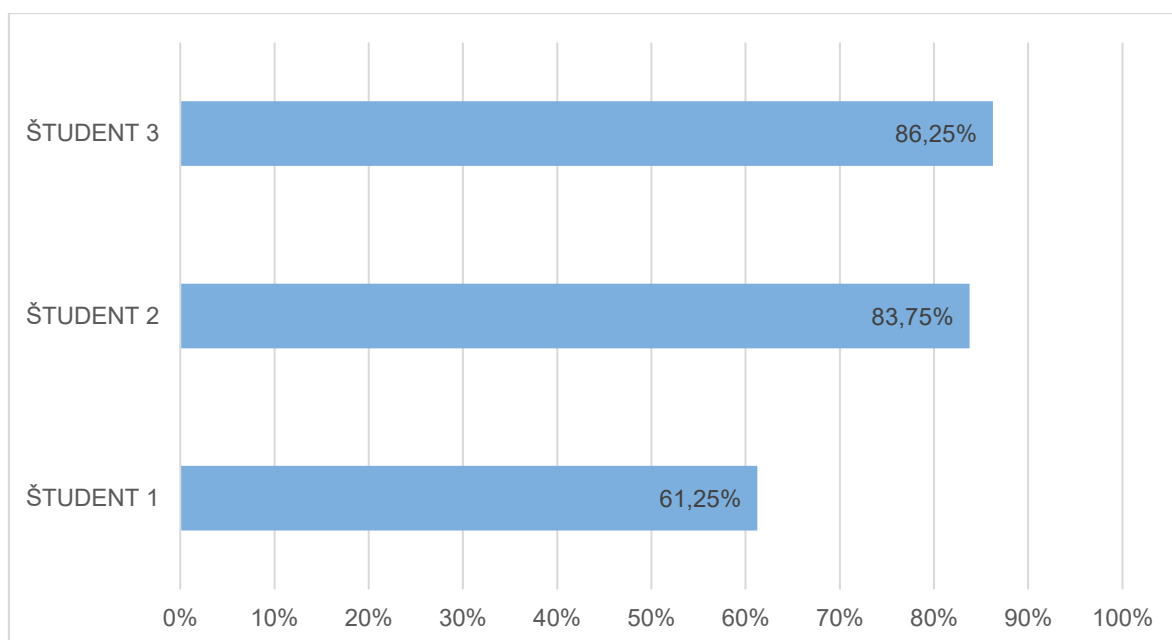
Če primerjamo slike 23 in 24, lahko vidimo, kako so se odstotki ocen dvignili pri VR-verziji. Pri študentu 2 je eksperiment dosegel več kot 90 % (slika 24). Najmanj odstotkov je dosegel eksperiment v PC-verziji, ki ga je ocenil študent 1 (slika 23).

Preglednica 4: Rezultati in ocene študentov pri eksperimentu, izvedenem s pomočjo računalniške simulacije

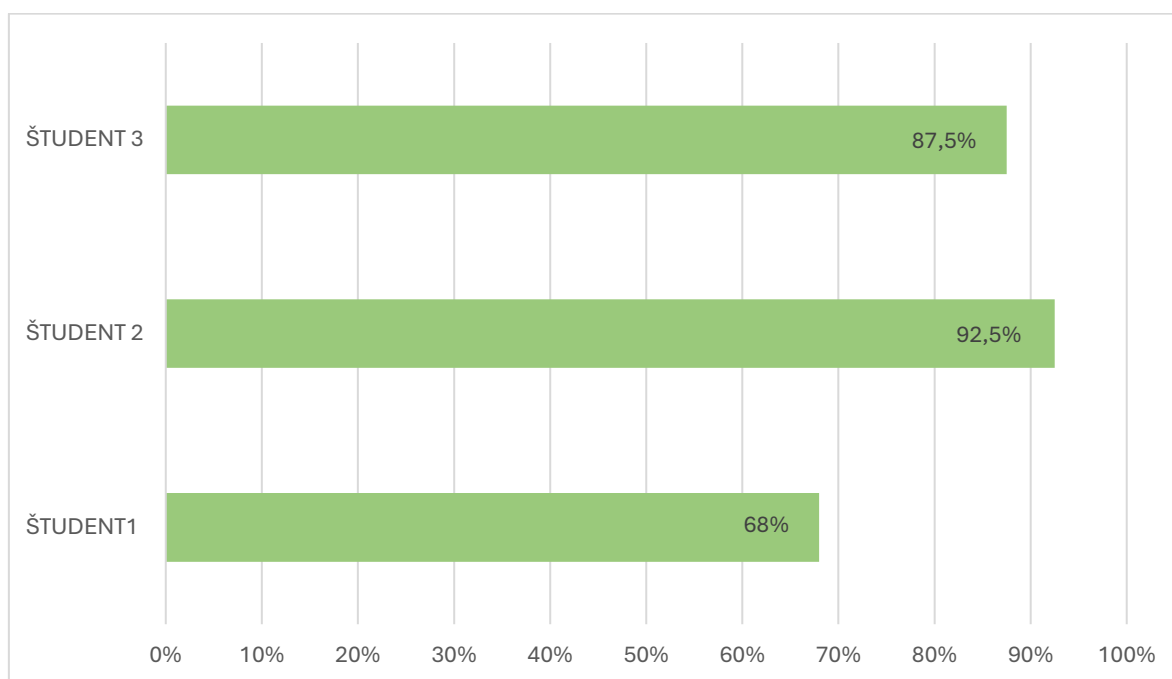
KRITERIJI	ŠTUDENTI		
	Študent 1	Študent 2	Študent 3
VSEBINSKA ZAHTEVNOST	3	4	3
TEHNIČNA ZAHTEVNOST	4	2	4
JASNOST	4	4	4
RAZUMLJIVOST	3	5	5
NATANČNOST	2	4	4
PEDAGOŠKA PRIMERNOST	3	5	5
PRIČAKOVANOST	3	5	5
ESTETIKA	2	5	5
ZANIMIVOST	3	5	5
IZVEDLJIVOST	4	4	5
PRODUKTIVNOST	3	3	3
VSEBINSKA UPORABNOST	2	3	3
OBSEŽNOST TEORIJE	2	5	4
TEHNIČNA UPORABNOST	4	4	5
IZVIRNOST	3	4	4
ČAS	4	5	5
SKUPNA OCENA	49	67	69
Odstotki	61,25 %	83,75 %	86,25 %

Preglednica 5: Rezultati in ocene študentov pri eksperimentu, izvedenem v virtualnem okolju

KRITERIJI \ ŠTUDENTI	Študent 1	Študent 2	Študent 3
VSEBINSKA ZAHTEVNOST	4	3	3
TEHNIČNA ZAHTEVNOST	4	5	5
JASNOST	4	4	4
RAZUMLJIVOST	3	4	5
NATANČNOST	3	5	4
PEDAGOŠKA PRIMERNOST	3	5	5
PRIČAKOVANOST	3	5	5
ESTETIKA	2	5	5
ZANIMIVOST	4	5	5
IZVEDLJIVOST	4	4	5
PRODUKTIVNOST	2	5	3
VSEBINSKA UPORABNOST	2	5	3
OBSEŽNOST TEORIJE	2	5	4
TEHNIČNA UPORABNOST	4	4	5
IZVIRNOST	4	5	4
ČAS	4	5	5
SKUPNA OCENA	52	74	70
Odstotki	65 %	92,5 %	87,5 %



Slika 23: Palični graf relativnih ocen študentov pri eksperimentu, izvedenem s pomočjo računalniške simulacije



Slika 24: Palični graf relativnih ocen študentov pri eksperimentu, izvedenem v virtualnem okolju

5. SKLEPI

V sklopu diplomskega dela smo si postavili dve hipotezi, ki smo ju skozi diplomsko delo tudi preverili.

Hipoteza 1: Ponudba eksperimentov na osnovi virtualne resničnosti je omejena, a še vedno omogoča izvajanje določenih eksperimentov, ki so ustrezni za študijski program Varstva okolja in ekotehnologije.

VRLab Akademija je licenčna platforma, ki ima na voljo 117 VR-eksperimentov, vendar vsi niso ustrezni za študijski program varstva okolja in ekotehnologije. Kljub temu se lahko najde veliko število eksperimentov, ki jih študentje lahko testirajo. Poleg tega pa se število eksperimentov, ki so na voljo, vseskozi spreminja in VRLab Akademija ustvarja nove eksperimente, ki bodo na voljo v prihodnosti. Uporaba VR-eksperimentov je omejena, saj drugih ponudnikov z obstoječimi eksperimenti v VR-okolju nismo našli.

Hipotezo 1 smo potrdili.

Hipoteza 2: Virtualna resničnost omogoča študentom bolj učinkovito izkustveno učenje kot računalniška simulacija.

Virtualna resničnost študentom omogoča bolj učinkovito izkustveno učenje kot pa računalniška simulacija, saj uporabniku, daje občutek, kot da je v pravem laboratoriju. Zanimanje za virtualno resničnost je večje, kar poveča pozornost študentov, saj se je bolj razburljivo sprehajati in eksperimentirati v tridimenzionalnem laboratoriju, kot pa preko računalniškega zaslona.

Eksperimenti, ki smo jih testirali s pomočjo računalniške simulacije, so večinoma potekali odlično, berljivost je bila dobra. Eksperimentiranje v virtualnem okolju je vzbudilo radovednost in angažiranost, kar je prineslo dobre ocene. Problem pri tovrstnem eksperimentiranju so bile tehnične težave. Pri VR-eksperimentih smo naleteli na več težav, kot pri PC-verziji, kar je posledično znižalo ocene. Kljub temu pa so eksperimenti v VR-verziji dobili višje ocene kot pri PC-verziji. Glede počutja pa je bilo boljše eksperimentiranje s pomočjo računalniških simulacij. Neudobnost VR-očal, utrujenost in naprezanje oči pri VR-eksperimentih postane preveč moteče, da bi še naprej z navdušenjem testirali eksperiment. Vzrok težave je lahko virtualna resničnost ali pa VRLab program.

Študentom je bilo testiranje eksperimentov v virtualnem okolju bolj zanimivo kot na računalniku in bi v prihodnosti raje eksperimentirali s pomočjo VR. Pri vseh treh so se ocene in odstotki povečali. Največja razlika med PC- in VR-verzijo je bila pri študentu 2 – ocena se je povečala za 7 točk oz. za več kot 8 %. Med eksperimentiranjem je prišlo do zdravstvenih težav samo v virtualnem okolju; da bi virtualno resničnost redno vključili v izobraževalni program, se mora tehnologija izboljšati.

Hipotezo 2 smo potrdili.

6. POVZETEK

Virtualna resničnost je simulirana izkušnja, ki posnema resnično okolje ali pa prikaže popolnoma nov svet. Njen cilj je uporabniku ustvariti občutek realnosti in udeleženca s pomočjo virtualnih očal popolnoma potopiti v virtualno okolje, v katerem se lahko premika s pomočjo ročk. Industrija virtualne realnosti se hitro razvija in možno je, da bo kmalu postala del našega vsakdana, saj zaradi padajočih cen in večje razpoložljivosti vsebin postaja vse bolj dostopna. Obsežno razvijanje in raziskovanje bo najverjetneje privedlo do tega, da bo virtualna resničnost postala pomemben del izobraževalnega programa.

Zaenkrat je virtualna resničnost najbolj prisotna v svetu računalniških iger, vendar lahko njeno uporabo opazimo tudi pri usposabljanju osebja, zdravju in varnosti, pri nepremičninah, pri inženiringu in arhitekturi, športu in poslovanju. Uporaba virtualne resničnosti na področju izobraževanja se dramatično širi, saj postajajo simulatorji vse bolj cenovno dostopni. Z VR želijo izboljšati trenutno zasnovan izobraževalni sistem, ki temelji na učenju na pamet, namesto na uporabo in razvijanje študentovega kritičnega mišljenja.

V diplomskem delu smo želeli raziskati, kateri način uporabe, tj. z računalniško simulacijo ali v virtualnem okolju, je učinkovitejši pri izboljšanju izkustvenega učenja študentov. S pomočjo platforme VRLab Akademija smo izvedli sedem različnih eksperimentov na področju kemije in biologije. Eksperimente smo izvedli v PC- in VR-verziji, jih ovrednotili s pomočjo 16 različnih kazalnikov in verziji primerjali. Ugotovili smo, da smo eksperimente, ki smo jih izvedli v virtualnem okolju, ocenili z višjo oceno kot eksperimente s pomočjo računalniške simulacije. Eksperiment, ki je dobil najboljšo oceno, in sicer *Izolacija proteinov*, so v obeh verzijah preizkusili tudi študentje FVO in ga ovrednotili s pomočjo vprašalnika. Prišli smo do enakih ugotovitev; tudi študentje so višje ocenili eksperiment, ki so ga izvedli v virtualnem okolju. V prihodnosti bi raje eksperimentirali virtualne eksperimente, saj so jim bolj zanimivi.

Virtualna resničnost motivira in navdušuje študente, saj lahko sodelujejo v učnem okolju z občutkom, da so del njega. VR zagotavlja poglobljeno in interaktivno okolje ter spodbuja ustvarjalnost. Študenti lahko vadijo svoje veščine, delajo napake in dostopajo do lokacij, ki so po navadi težko dostopne.

Virtualna resničnost je zelo privlačna tehnologija in v prihodnosti se lahko zgodi, da bo popolnoma zamenjala učenje v živo, kar bi bil odličen napredek za študente z duševnimi ali zdravstvenimi problemi, saj bi jim omogočila sodelovanje pri predavanjih in izobraževanjih, ki se jih prej niso mogli udeležiti. Vendar pri vključevanju VR v izobraževanje obstajajo tudi izzivi, ki jih je treba odpraviti ali izboljšati. Največji problemi so finančni stroški uporabe in oblikovanja, morebitni zdravstveni problemi, do katerih pride med uporabo, težava pa lahko nastane tudi takrat ko VR program ne zagotovi dovolj resnične izkušnje, kar lahko negativno vpliva na študente.

7. SUMMARY

Virtual reality is a simulated experience that mimics the real environment or displays a completely new world, and its goal is to create a sense of reality for the user. With the help of virtual glasses, participants are completely immersed in a virtual environment in which they can move around using joysticks. The virtual reality industry is developing rapidly and may soon become part of our everyday lives as it becomes increasingly accessible due to falling prices and greater availability of content. Extensive development and research will most likely lead to virtual reality becoming an important part of the educational program.

For now, virtual reality is most prevalent in the gaming world, but its use can also be seen in staff training, health and safety, real estate, engineering and architecture, sports, and business, such as virtual meetings. The use of virtual reality in education is expanding dramatically as simulators become more affordable. VR aims to improve the current education system, which is based on rote learning rather than on the use and development of students' critical thinking skills.

In our thesis, we wanted to investigate which method of use, computer simulation or virtual environment, is more effective in improving students' experiential learning. Using the VRLab Academy platform, we conducted seven different experiments in the fields of chemistry and biology. We conducted the experiments in PC and VR versions, evaluated them using 16 different indicators, and compared the versions. We found that the experiments we conducted in a virtual environment received higher ratings than the experiments conducted using computer simulation. The experiment that received the highest rating, Protein Isolation, was also tested by FVO students in both versions and evaluated using a questionnaire. We came to the same conclusions; the students also rated the experiment conducted in a virtual environment higher and would prefer to conduct virtual experiments in the future, as they find them more interesting.

Virtual reality motivates and inspires students because they can participate in the learning environment with a sense of being a part of it. VR provides an immersive and interactive environment and encourages creativity and an active environment. Students can practice their skills, make mistakes, and access locations that are usually difficult to access.

Virtual reality is a very attractive technology, and in the future, it may completely replace live learning, which would be a great advance for students with mental or health problems, as it would allow them to participate in lectures and training courses that they were previously unable to attend. However, there are also challenges to be overcome or improved upon when incorporating VR into education. The biggest problems are the financial costs of use and design, potential health issues that may arise during VR use, and the difficulty that may arise if the VR program does not provide a sufficiently realistic experience, which can have a negative impact on students.

8. VIRI IN LITERATURA

1. Aldhaferi A. B. H, Dr. Hamade M. A. 2022: Experiential learning and VR will reshape the future of education. Medmrežje: <https://www.weforum.org/stories/2022/05/the-future-of-education-is-in-experiential-learning-and-vr/> (26. 7. 2025)
2. Alsop T. 2024: Virtual reality (VR) - statistics and facts. Medmrežje: <https://www.statista.com/topics/2532/virtual-reality-vr/#topicOverview> (14. 3. 2025)
3. Ambrosio A. P., Fidalgo I. R. 2020: Past, present and future of virtual reality: Analysis of its technological variables and definitions. DOI:10.3989/chdj.2020.010 (23. 7. 2025)
4. Angel-Urdinola D., Castillo C., Hoyos A. 2021: Can virtual reality simulators develop students' skills? Medmrežje: [Can Virtual Reality simulators develop students' skills? \(worldbank.org\)](https://www.worldbank.org/) (10. 10. 2024)
5. Anthes C., Garcia-Hernandez R. J., Wiedemann M., Kranzlmuller D. 2016: State of the art of virtual reality technology. Medmrežje: DOI:10.1109/AERO.2016.7 500674 (22. 7. 2025)
6. Ball C., Huang K.-T., Francis J. 2021: Virtual reality adoption during the COVID-19 pandemic: A uses and gratifications perspective. Revija: Telematics and Informatics, volumen 65 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2021.101728> (10. 10. 2024)
7. Biswas N., Mukherjee A., Bhattacharya S. 2024: »Are you feeling sick?« - A systematic literature review of cybersickness in virtual reality DOI: <https://doi.org/10.1145/3670008> (20. 7. 2025)
8. Brvar D. 2017. Spletna aplikacija za upodabljanje povrtane informacije pri gibalnem učenju. Medmrežje: <https://core.ac.uk/download/pdf/132829463.pdf> (29. 10. 2024)
9. Chang E., Kim H.-T., Yoo B. 2020: Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. DOI:10.1080/10447318.2020.1778351
10. Clottes J. 2025: Cave art. Medmrežje: <https://www.britannica.com/art/cave-art> (29.1. 2025)
11. Fromm J., Radianti J., Wehking C., Stieglitz S., Majchrzak T. A., Brocke J. 2021: More than experience? – On the unique opportunities of virtual reality to afford a holistic experiential learning cycle. Medmrežje: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2021.100804> (25. 7. 2025)
12. Gossett S., Velazquez R. 2023: Virtual reality in education: Benefirst, uses and examples. Medmrežje: [Virtual Reality in Education: Benefits, Uses & Examples | Built In](https://www.researchgate.net/publication/3670008) (29. 10. 2024)
13. Jin Q., Liu Y., Yarosh S., Han B., Qian F. 2022: How will VR enter University classrooms? Multi-stakeholders investigation of VR in Higher Education.. Medmrežje: DOI:10.1145/3491102.3517542 (23. 7. 2025)
14. Kavanagh S, Luxton-Reilly A., Wuensche B., Plimmer B. 2017: A systematic review of Virtual Reality in education. Themes in Science & Technology education, 10(2), 58-119. medmrežje: <https://www.learntechlib.org/p/182115/> (21. 7. 2025)
15. Lee H., Woo D., Yu S. 2022: Virtual reality metaverse system supplementing remote education methods: Based on aircraft maintenance simulation. Revija: Applied sciences, volumen 12 DOI:10.3390/app12052667 (25. 10. 2024)
16. Li C., Lalani F. 2020: The COVID-19 pandemic has changed education forever. This is how. Medmrežje: <https://www.weforum.org/stories/2020/04/coronavirus-education-global-covid19-online-digital-learning/> (26. 7. 2025)
17. Mazuryk T., Gervautz M. 1999: Virtual reality – History, applications, technology and future. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/2617390_Virtual_Reality_-_History_Applications_Technology_and_Future (28.1. 2025)
18. Nooriafshar M., Maraseni T. N., Williams R. 2004. : The use of virtual reality in education. Medmrežje: https://www.researchgate.net/profile/Tek-Maraseni-2/publication/228724825_The_use_of_virtual_reality_in_education/links/0fcfd50c7b72225ecb000000/The-use-of-virtual-reality-in-education.pdf (14. 3. 2025)

19. Pantelidis V. S. 2009: Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/268002587_Reasons_to_Use_Virtual_Reality_in_Education_and_Training_Courses_and_a_Model_to_Determine_When_to_Use_Virtual_Reality (14. 3. 2025)
20. Puchkova E. B., Sukhovshina Y. V., Temnova L. V. 2017: A study of Generation Z's involvement in virtual reality. Medmrežje: DOI:10.11621/pir.2017.0412 (24. 7. 2025)
21. Ramadhanya F. 2024: The ultimate guide to VR and AR in education in 2024: Supercharge learning with actionable steps. Medmrežje: [The Ultimate Guide To VR And AR In Education In 2024 | ClassPoint](#) (29. 10. 2024)
22. Savage C. 2022: What are the Components of »Virtual« reality? Medmrežje: <https://medium.com/@curtis.savage/what-is-vr-fa2081ac9f03> (26. 7. 2025)
23. Surugiu C., Gradinaru C., Surugiu M.-R. 2025: Drivers of VR Adoption by Generation Z: Education, Entertainment, and Perceived Marketing Impact. <https://doi.org/10.3390/admsci15020041> (24. 7. 2025)
24. Vr Lab Academy. Medmrežje: <https://www.vrlabacademy.com/en/GetToKnowUs>
25. Yang Y., Zhong L., Li S., Yu A. 2023: Research on the Perceived Quality of Virtual
26. Yasar K., Sheldon R. 2024: What is virtual reality? How it's used and how it will evolve? Medmrežje: [What is Virtual Reality? How it's Used and How it Will Evolve \(techtarget.com\)](#) (29. 10. 2024)
27. Medmrežje 1: <https://readyteamone.com/cheap-standalone-vr-headset/>
28. Medmrežje 2: https://www.interaction-design.org/literature/topics/vr-headsets?srltid=AfmBOopVfes07nvjy8tYK3QLWa7QzICi_FRWqF0qnAlBrfNtBolhWsim
29. Medmrežje 3: https://www.meta.com/qb/quest/accessories/quest-2-controllers-refurbished/?srltid=AfmBOorHVkvRFklmt-gRShk98iM7Zi3CeFkHPyHuRI-rreO0_aLDXFvy
30. Medmrežje 4: <https://www.photoconsortium.net/muybridges-horse-a-story-of-anatomy-in-action/>
31. Medmrežje 5: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2785>
32. Medmrežje 6: https://www.researchgate.net/figure/The-Sword-of-Damocles-by-Ivan-Sutherland_fig2_291516650
33. Medmrežje 7: <http://www.leepvr.com/about.php>
34. Medmrežje 8: <https://www.roadtovr.com/50-years-vr-tom-furness-super-cockpit-virtual-retinal-display-hit-lab-virtual-world-society/>
35. Medmrežje 9: https://www.researchgate.net/figure/EYEPHONE-HEAD-MOUNTED-DISPLAY-AND-DATAGLOVE-WITH-POLHEMUS-TRACKING-SYSTEM_fig1_309480087
36. Medmrežje 10: <https://www.mechdyne.com/av-vr-solutions/immersive-virtual-augmented-reality/cave/>
37. Medmrežje 11: <https://www.theatlantic.com/entertainment/archive/2015/02/when-vr-was-an-arcade-game/385139/>
38. Medmrežje 12: <https://www.roadtovr.com/palmer-luckey-oculus-rift-speech-evolve-london-2012/>
39. Medmrežje 13: <https://d3.harvard.edu/platform-digit/submission/google-cardboard-genial-is-simpe/ž>
40. Medmrežje 14: <https://www.anandtech.com/show/10221/htc-vive-launch-day-news-first-impressions>

41. Medmrežje 15: https://www.interaction-design.org/literature/topics/vr-headsets?srsId=AfmBOooE-Gat-4LqdFEbaM1PBBHE4UTFaVFGO6Nf43TK2AVCdJGr_RIB (26. 7. 2025)
42. Medmrežje16: <http://dsourse.idc.iitb.ac.in/course/virtual-reality-introduction> (29. 1. 2025)
43. Medmrežje 17: <https://svetloba.splet.arnes.si/camera-obscura-2/> (3. 8. 2025)

VPRAŠALNIK

Na Fakulteti za varstvo okolja v okviru diplomskega dela »Uporaba virtualne resničnosti in računalniških simulacij pri izboljšanju izkustvenega učenja študentov« preučujem učinek uporabe virtualne resničnosti (VR) in računalniških simulacij (PC) na učenje. Z raziskavo želim ugotoviti, kateri način uporabe je za študente najbolj primeren.

Sama sem eksperiment Izolacija proteinov (v angleščini Protein isolation) že preizkusila in ovrednotila, zdaj pa potrebujem Vaše mnenje. Prosim Vas, da najprej odgovorite na nekaj uvodnih vprašanj, nato eksperiment testirate z uporabo računalniških simulacij in v virtualnem okolju, ter odgovorite nap vprašanja.

Hvala.

Slovarček:

PC eksperiment = eksperiment na računalniku,

VR eksperiment = eksperiment v virtualnem okolju

Vprašalnik pred eksperimentiranjem

1. Ali ste že kdaj uporabili VR, kot učni pripomoček?
A) DA B) NE
2. Na podlagi trenutnega mnenja, kateri način izvedbe eksperimenta bo imel višjo oceno?
A) PC B) VR

Testiranje eksperimenta s pomočjo računalniške simulacije

3. Kako zahtevna se Vam je zdela vsebina? (Obkrožite)
 - Preveč zahtevna
 - Delno zahtevna
 - Nevtrarno
 - Dokaj enostavna
 - Enostavna
4. Kako zahtevna Vam je bila uporaba inštrumentov/pripomočkov? (Obkrožite)
 - Preveč zahtevna
 - Delno zahtevna
 - Nevtrarno
 - Dokaj enostavna
 - Enostavna
5. Kako natančne so se Vam zdele podrobnosti eksperimenta? (Izberite)

Slabo natančne	Premalo natančne	Srednje natančne	Skoraj dovolj natančne	Dovolj natančne
----------------	------------------	------------------	------------------------	-----------------

6. (Označite)

	Ocene				
Kriteriji	Zelo slaba	Slaba	Srednja	Dobra	Odlična
Jasnost navodil in postopka					
Razumljivost okolja in inštrumentov					

Estetika/vizualnost					
Obsežnost teorije					

7. Od 1 do 5 ocenite ali je eksperiment, glede na prebran in slišan uvod, dosegel Vaša pričakovanja. (1 – pričakovali ste nekaj drugega, 5- eksperiment je dosegel pričakovanja)

8. Na koliko tehničnih težav ste naleteli med eksperimentiranjem?

• Preveč • Veliko • Srednje • Malo • Nič

Kako se strinjate z naslednjimi trditvami (Obkrožite)

9. Eksperiment je primeren za študente Fakultete za varstvo okolja

• Popolnoma se ne strinjam • Se ne strinjam • Delno se strinjam • Se strinjam
• Popolnoma se strinjam

10. Eksperiment je izvedljiv do konca.

• Popolnoma se ne strinjam • Se ne strinjam • Delno se strinjam • Se strinjam
• Popolnoma se strinjam

11. Eksperiment se mi je zdel zanimiv.

• Popolnoma se ne strinjam • Se ne strinjam • Delno se strinjam • Se strinjam
• Popolnoma se strinjam

12. Eksperiment Izolacija proteinov je izvedljiv v času treh šolskih ur.

• Popolnoma se ne strinjam • Se ne strinjam • Delno se strinjam • Se strinjam
• Popolnoma se strinjam

13. Celoten eksperiment se mi je zdel izviren.

• Popolnoma se ne strinjam • Se ne strinjam • Delno se strinjam • Se strinjam
• Popolnoma se strinjam

14. Eksperiment mi je prispeval k boljšemu razumevanju področja.

• Popolnoma se ne strinjam • Se ne strinjam • Delno se strinjam • Se strinjam
• Popolnoma se strinjam

15. Kako obsežen se Vam je zdel eksperiment? (Obkrožite)

• Preveč obsežen
• Delno obsežen
• Nevtrarno
• Dokaj obsežen
• Ravno prav obsežen

Testiranje eksperimenta v virtualnem okolju

16. Kako zahtevna se Vam je zdela vsebina? (Obkrožite)

• Preveč zahtevna
• Delno zahtevna
• Nevtrarno
• Dokaj enostavna
• Enostavna

17. Kako zahtevna Vam je bila uporaba inštrumentov? (Obkrožite)

- Preveč zahtevna
- Delno zahtevna
- Nevtravno
- Dokaj enostavna

18. Kako natančni so se Vam zdele podrobnosti eksperimenta? (Izberite)

Zelo slabo natančne	Premalo natančne	Srednje natančne	Skoraj dovolj natančne	Dovolj natančne
---------------------	------------------	------------------	------------------------	-----------------

19. (Označite)

	Ocene				
Kriteriji	Zelo slaba	Slaba	Srednja	Dobra	Odlična
Jasnost navodil in postopka					
Razumljivost okolja in inštrumentov					
Estetika/vizualnost					
Obsežnost teorije					

20. Od 1 do 5 ocenite ali je eksperiment, glede na prebran in slišan uvod, dosegel Vaša pričakovanja. (1 – pričakovali ste nekaj drugega, 5-eksperiment je dosegel pričakovanja)

21. Na koliko tehničnih težav ste naleteli med eksperimentiranjem?

- Preveč
- Veliko
- Srednje
- Malo
- Nič

Kako se strinjate z naslednjimi trditvami (Obkrožite)

22. Eksperiment je primeren za študente Fakultete za varstvo okolja

- Popolnoma se ne strinjam
- Se ne strinjam
- Delno se strinjam
- Se strinjam
- Popolnoma se strinjam

23. Eksperiment je izvedljiv do konca.

- Popolnoma se ne strinjam
- Se ne strinjam
- Delno se strinjam
- Se strinjam
- Popolnoma se strinjam

24. Eksperiment se mi je zdel zanimiv.

- Popolnoma se ne strinjam
- Se ne strinjam
- Delno se strinjam
- Se strinjam
- Popolnoma se strinjam

25. Eksperiment Izolacija proteinov je izvedljiv v času treh šolskih ur.

- Popolnoma se ne strinjam
- Se ne strinjam
- Delno se strinjam
- Se strinjam
- Popolnoma se strinjam

26. Celoten eksperiment se mi je zdel izviren.

- Popolnoma se ne strinjam
- Se ne strinjam
- Delno se strinjam
- Se strinjam

- Popolnoma se strinjam
27. Eksperiment mi je prispeval k boljšemu razumevanju področja.
- Popolnoma se ne strinjam ● Se ne strinjam ● Delno se strinjam ● Se strinjam
 - Popolnoma se strinjam
28. Kako obsežen se Vam je zdel eksperiment? (Obkrožite)
- Preveč obsežen
 - Delno obsežen
 - Nevtralno
 - Dokaj obsežen
 - Ravno prav obsežen

Vprašalnik po eksperimentiranju

29. Kateri način izvedbe Vas je bolj prevzel in bi ga v prihodnosti raje izvajali
A) PC B) VR C) Oba
30. Ali ste imeli kakšne osebne težave pri izvajanju VR eksperimenta (glavobol, težje branje, izguba orientacije..)
A) DA B) NE C) Pri obeh
In če, kakšne: _____