

**59. DRŽAVNO SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV**

**DIGITALIZACIJA UMETNIŠKIH DEL ZA  
MULTISENZORIČNO IZKUŠNJO**

**RAZISKOVALNO PODROČJE: RAČUNALNIŠTVO ALI TELEKOMUNIKACIJE**

**Raziskovalna naloga**

**Avtorica: Anika Oder**

**Mentorici: Ksenija Bračič Bračko, Monika Pocrnjič**

**Prva gimnazija Maribor, Trg generala Maistra 1, Maribor**

**Maribor, april 2025**



## KAZALO VSEBINE

POVZETEK	3
ZAHVALA	3
UVOD	4
1. RAZISKOVALNO VPRAŠANJE	5
2. HIPOTEZE	5
3. METODOLOGIJA	5
4. DIGITALIZACIJA UMETNIŠKIH DEL ZA MULTISENZORIČNO IZKUŠNJO	7
4.1. Kaj je multisenzorična izkušnja?	8
4.2. Pozitivni vidiki multisenzorične izkušnje	8
4.3. Negativni vidiki multisenzorične izkušnje	9
5. STELARC	9
6. EKSOSKELET	10
7. 3D-MODEL EKSOSKELETA V VIRTUALNI RESNIČNOSTI	10
8. SKENIRANJE EKSOSKELETA	11
9. RISANJE EKSOSKELETA V PROGRAMU BLENDER	14
10. POSTOPEK KREIRANJA XR PREZENTACIJE V OKOLJU UNITY	16
11. ANALIZA ANKETE	18
11.1. Vprašanja in analiza	18
11.2. Povzetek rezultatov ankete	22
11.3. Razprava, interpretacija rezultatov	22
12. SKLEP	24
13. DRUŽBENA ODGOVORNOST	24
14. STELARCOV EKSOSKELET KOT 3D MODEL V VR OČALIH – posnetek	24
15. VIRI IN LITERATURA	25
16. PRILOGE	26

## KAZALO SLIK

SLIKA 1: SKENIRANJE ROBOTA	13
SLIKA 2: SESTAVLJANJE RAČUNALNIKA	15
SLIKA 3: NOGA ROBOTA	15
SLIKA 4: SPODNJI DEL ROBOTA	16
SLIKA 5: ROKA ROBOTA	16
SLIKA 6: ROBOT	17

## KAZALO GRAFOV

Graf 1: KAKO POMEMBNA JE DIGITALIZACIJA UMETNIŠKIH DEL?.....	18
Graf 2: KATERA SENZORIČNA IZKUŠNJA NAJ BI PO MNENJU ANKETIRANCEV NAJBOLJ OBOGATILA DOJEMANJE UMETNIŠKIH DEL? .....	19
Graf 3: ALI LAHKO DIGITALIZACIJA UMETNIŠKIH DEL Z VEČSENZORIČNIMI ELEMENTI POVEČA ZANIMANJE ZA UMETNOST MED MLAJŠIMI GENERACIJAMI? .....	19
Graf 4: KOLIKOKRAT STE ŽE OBISKALI UMETNIŠKO RAZSTAVO, KJER SO BILE UPORABLJENE DIGITALNE TEHNOLOGIJE? .....	20
Graf 5: MOREBITNA TVEGANJA IN IZZIVI DIGITALIZACIJE .....	21
Graf 6: STAROST ANKETIRANCEV.....	21
Graf 7: STOPNJA IZOBRAZBE ANKETIRANCEV .....	22

## **POVZETEK**

Naloga predstavlja postopek digitalizacije Stelarcovega Eksoskeleta: od skeniranja, modeliranja do animiranja. Hkrati izpostavlja pomen uporabe digitalne tehnologije pri ohranjanju umetniških del ter povečanju njihove dostopnosti. Digitalizacija omogoča lažje raziskovanje, analizo in arhiviranje umetniških del. Z digitalizacijo umetniška dela pridobijo trajnost.

Multisenzorična izkušnja, ki jo omogoča digitalizacija, nudi nov vpogled v umetniška dela in jih naredi bolj dostopna ter privlačna, zlasti za mlajše generacije, ki so navajene uporabe digitalne tehnologije v vsakdanjem življenju, kar dokazujejo tudi rezultati ankete. Hkrati pa se pojavljata skrb zaradi morebitne izgube avtentičnosti digitaliziranih del ter problem lastništva in avtorskih pravic, saj se digitalizirana umetniška dela lažje reproducirajo in delijo. Pomembni vprašanji sta tudi, kako ohraniti prvotno umetniško izkušnjo in v kolikšni meri lahko digitalna oblika nadomesti fizično prisotnost umetniškega dela.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se Mladinskemu kulturnemu centru Maribor za prostor, robota in opremo ter mentoricama, ki sta me vodili skozi celoten postopek izdelave naloge. Zahvala gre tudi vsem družinskim članom in prijateljem za podporo in pomoč pri nabavi delov za računalnik. Zahvaljujem se umetniku Stelarcu, ki mi je dal dovoljenje za digitalizacijo njegovega dela. Največja zahvala pa gre mojemu očetu, ki me je navdušil za računalništvo in 3D-modeliranje predmetov s pomočjo programov.

## **UVOD**

Namen moje naloge je mladim predstaviti umetnost na drugačen način. Danes pogosto slišimo od starejših generacij, da zaradi tehnologije ne znamo več uživati v lepih stvareh, da redko obiščemo kakšno umetniško razstavo ali galerijo. A to je preprosto današnji način življenja. Zato sem začela razmišljati, da če težava nastane zaradi tehnologije, jo lahko s tehnologijo tudi rešimo. Tako sem združila robota, ki ga redki poznajo, in problem, ki se pojavlja med mladimi. Rezultat je multisenzorična razstava, ki je namenjena vsem generacijam, najbolj pa privlači mlade.

## **1. RAZISKOVALNO VPRAŠANJE**

Namen raziskovalne naloge je na podlagi dostopne literature in s pomočjo informacijsko komunikacijske tehnologije predstaviti umetniško delo Eksoskelet z uporabo multisenzorične izkušnje na drugačen način.

Z raziskovalno nalogo želim raziskati:

- vlogo in pomen digitalizacije umetniških del, med drugim tudi vlogo same digitalizacije predmetov
- postopek ter bližnjice same digitalizacije
- različne vidike same multisenzorične izkušnje in tudi to kaj je multisenzorična izkušnja

## **2. HIPOTEZE**

Predpostavljam, da bo 3D model eksoskeleta omogočil nadaljnjo razvojno nadgradnjo z uporabo CAD orodij.

Predpostavljam, da lahko digitalna skica eksoskeleta izboljša njegovo ergonomsko oblikovanje za bodočo rabo.

Predpostavljam, bodo uporabniki lažje razumeli funkcijo eksoskeleta, če bo prikazan v interaktivni VR simulaciji.

Predpostavljam, da bo testna uporaba eksoskeleta v virtualni resničnosti pokazala uporabnost modela kot izobraževalno orodje.

Predpostavljam, da so ljudje prepričani, da bi multisenzorična izkušnja vzbudila zanimanje za umetnost predvsem pri mlajših generacijah.

## **3. METODOLOGIJA**

V raziskovalni nalogi bom uporabila naslednje raziskovalne metode:

- proučevanje pisnih in elektronskih virov o umetniškemu delu,
- analiza in pregled fizičnega umetniškega dela eksoskelet, ročne meritve, fotografiranje in tehnično risanje,
- dokumentiranje postopka digitalizacije,

- uporaba 3D skenerja za zajem oblike umetniškega dela za ročno rekonstrukcijo in optimizacijo za uporabo v VR,
- povezava digitalnega modela umetniškega dela z VR očali,
- simulacija gibanja znotraj virtualnega okolja,
- zagotoviti udobje in funkcionalnost v VR okolju,
- analiza in anketiranje uspešnosti digitalnega modela v praksi.

#### 4. DIGITALIZACIJA UMETNIŠKIH DEL ZA MULTISENZORIČNO IZKUŠNJO

Kaj se zgodi, ko umetnost prestopi meje telesa ali zapusti okvir? Ko pigment izgine iz platna in gib preseže prostor? Digitalizacija umetniškega dela ni zgolj prenos v drugo obliko – je prehod v drugo stanje zavesti. Je povabilo, da umetnost ne le gledamo, temveč z njo sobivamo. S pomočjo virtualne resničnosti umetniško delo ne ostane več oddaljen objekt, temveč postane okolje – prostor, ki ga vstopimo, kjer hodimo med linijami, poslušamo tišine med barvami in čutimo teksture, ki jih ni. Preko virtualnih očal se odpirajo vrata v paralelne svetove, kjer lahko umetnost doživimo veččutno – z očmi, ušesi, telesom in čustvi.

Multisenzorična izkušnja v VR (virtualni resničnosti) ni simulacija, temveč razširitev umetniškega dela – omogoča poglobljeno doživljanje, ki presega klasične meje zaznave. Zvoki, prostorska kompozicija, interakcija z elementi – vse to ustvarja novo plast pomena. Takšno doživetje spodbuja aktivno prisotnost in radovednost, odpira poti za drugačno razumevanje umetnosti in samega sebe.

Digitalizacija tako ni končni izdelek, temveč začetni korak v novo poglavje. Je način, kako umetniškemu delu vdihnemo gibanje, čas, zvočnost – kako ga naredimo dostopnega in ponovno, brezmejnega.

Za dober primer svojega raziskovanja na področju VRja in Eksoskeleta sem prebrala tudi študijo *Možgansko-računalniški vmesnik, izboljššan z usposabljanjem v virtualni resničnosti za nadzor spodnjega okončnega eksoskeleta*. Študija mi je pomagala pri razumevanju delovanja naših možganov ob vstopu v virtualni svet ter kako pomemben in uporaben je virtualni svet.

Knjigo je prvi opisal doktor Ali Mi. Doktor Mi je strokovnjak na področju nevroznosti in inženiringa, ki se osredotoča na raziskave in razvoj metod za izboljšanje uporabe možgansko-računalniških vmesnikov (BCI) in virtualne resničnosti v medicinskih tehnologijah. Njegovo delo se osredotoča predvsem na rehabilitacijo pacientov s poškodbami hrbtenjače, z uporabo naprednih tehnologij, ki omogočajo večjo mobilnost in neodvisnost. Dr. Mi je pionir v raziskovanju uporabe VR in BCI v kombinaciji z eksoskeletoni, kar predstavlja prihodnost medicinske tehnologije in rehabilitacije.

Študija raziskuje uporabo možgansko-računalniškega vmesnika (BCI), ki temelji na motorični domišljiji (MI), za nadzor spodnjega okončnega eksoskeletona, da bi pomagali pri omogočanju gibanja po nevrološki poškodbi. BCI je bil ocenjen pri desetih zdravih posameznikih in dveh pacientih s poškodbami hrbtenjače. Pet zdravih posameznikov je opravilo sejo usposabljanja v virtualni resničnosti (VR), da bi pospešili usposabljanje z BCI. Rezultati te skupine so bili primerjani s kontrolno skupino petih zdravih posameznikov, pri čemer je bilo ugotovljeno, da krajše usposabljanje z VR ni zmanjšalo učinkovitosti BCI, temveč jo je v nekaterih primerih celo izboljšalo. Pacienti so dali pozitivne povratne informacije o sistemu in so lahko obvladali eksperimentalne seje, ne da bi dosegali visoke ravni telesne in duševne izčrpanosti. Ti rezultati so obetavni za vključitev BCI v rehabilitacijske programe, prihodnje raziskave pa bi morale preučiti potencial sistema BCI, ki temelji na MI.

#### **4.1. Kaj je multisenzorična izkušnja?**

Multisenzorična izkušnja je izkušnja, ki vključuje več človeških čutov hkrati in s tem ustvari neko poglobljeno izkušnjo (povzeto po *Multisensory Experiences: Definition and Meaning*, s. a). Pri multisenzorični izkušnji gre za digitalizacijo umetniških del, zato bom opisala dobre in slabe strani tega postopka.

#### **4.2. Pozitivni vidiki multisenzorične izkušnje**

- ohranjanje kulturne dediščine (z digitalizacijo dela lahko ohranimo svojo kulturno dediščino),
- interpretacija dela (delo lahko interpretiramo drugače, bolj sodobno, primerno za današnji čas),
- obraba in hramba (če je delo digitalizirano, se ne more obrabiti oziroma uničiti, lažje ga je shraniti),
- trajnost,
- interaktivnost (delo lahko spremenimo v interaktivno, kar sem storila tudi sama),
- izobraževanje (z digitalizacijo del se lahko tudi izobražujemo, uporabno predvsem pri umetnostni zgodovini).

### 4.3. Negativni vidiki multisenzorične izkušnje

- izguba avtentičnosti dela (odvisno od kvalitete reprodukcije),
- preveliko zanašanje na tehnologijo (vseh del ne moremo digitalizirati, tudi moje delo je bil precejšnji izziv zaradi velikosti),
- razvrednotenje fizične umetnosti (možnosti, da bi sčasoma prišlo do tega zaradi prekomerne rabe digitalizacije, so velike),
- poenostavljanje kompleksne umetnosti (z digitalizacijo bi prišlo tudi do poenostavljanja umetniških del, ker reprodukcija ne more vedno zagotoviti kvalitete enakovredne originalu),
- hramba podatkov digitaliziranih umetnin in varnost,
- dostopnost (vsak nima možnosti uporabe naprav za navidezno resničnost, VR-očal).

## 5. STELARC

Stelarc je umetnik iz Avstralije, ki se ukvarja s performansom. Njegovo prvotno ime je bilo Stelios Arcadiou, a se je leta 1972 preimenoval v Stelarca. Njegovo delo temelji predvsem na širitvi sposobnosti človeškega telesa. V svoja dela vključuje filozofijo, da je človeško telo zastarelo, zato ga opremlja s tehnološkimi dodatki. Zanimajo ga sožitje med strojem in človekom, ideja o ustvarjanju alternativnih teles, ustvarjanje izkušenj, ki jih ni mogoče uresničiti z naravnim telesom. S tehnologijo daje Stelarc telesu nove možnosti dožemanja sveta okrog sebe, pa naj gre za snemanje notranjosti telesa, zvoka krvi, pljuč, srca ali za kibernetični prostor, morske globine ali vesolje. Za Stelarca je uporaba tehnologije najbolj naravna stvar, zato nenehno zastavlja svoje telo, ga povezuje z mediji in telekomunikacijami. Tako iz sebe oblikuje tehnočloveka. Njegova dela smo imeli priložnost spoznati tudi v Mariboru. Sodeloval je na mednarodnem festivalu računalniške umetnosti leta 1996 (povzeto po Nova telesnost, s. a.). Njegova dela so med drugimi: Dodatno uho, Tretja roka, Kip trebuha, Uho na roki (povzeto po Extra Ear, alternative anatomical architectures, s. a.). Ko bo napisana zgodovina 21. stoletja, bo eden od redkih ustvarjalcev, čigar estetske stvaritve so nosile pečat postbiologije. Navzoč je bil v obdobju, ko se je telo na stresne tehnološke spremembe odzvalo z podvojitvijo v obliki "razcepljene fiziologije", sestavljene iz fizičnega, mesnatega telesa, priključenega na

omrežje, ki preko vmesnikov deluje na elektronskem območju. Stelarc je v svoje telo usmeril reke podatkov, raziskoval ga je skozi digitalno in vanj nalagal anonimne podatkovne zbirke. Njegovo - postbiološko - telo je bodoča kartografija stoletja, v katerem že živimo. Je ustvarjalec, ki ustvarja z elektroniko in umetnik, čigar domišljija o tehnologiji je postala model realnosti, o kateri je menil, da jo zgolj simulira (povezto po Stelarc, Marina Gržinić 2002).

## **6. EKSOSKELET**

“Uporaba tehnologije v performansih krepi zavedanje o fizičnem gibanju telesa v prostoru” (Stelarc, Marina Gržinić, 2002).

Telo je nameščeno na šestnožno hodečo pnevmatsko napravo z gibalnim mehanizmom, ki se ziblje ali hodi, pri čemer ima, podobno kot insekti, tri noge vedno na tleh. Na trup in roki telesa je pritrjeno zunanje ogrodje, leva roka je podaljšana s pnevmatskim upravljalnikom, ki ima dodatne funkcije. Hodečo napravo umetnik upravlja s premikanjem rok. Različne kretnje sprožijo različne gibe - premikanje telesnih okončin je tako prevedeno v premikanje mehanizmov nog. Zvoki preklapljanja mehanizma, kompresiran zrak, ter signali iz naprave in upravljalnika so akustično ojačani. Spremljajoče zvoke komponira naprava z koreografijo gibov rok prevedenih v gibe mehanskih nog. Upravljanje virtualne roke s premikanjem prstov ali vodenje gibanja mehanskih nog s pomočjo premikanja rok zahteva vnovično mapiranje telesnih funkcij. Ko telo omejimo, razcepimo in razstavimo, problematiziramo o njegovem položaju. Z vsadki, mehanskimi dodatki in upravljalniki, telo razširimo in mu podaljšujemo njegovo zmogljivost (povzeto po Stelarc, Marina Gržinić, 2002).

## **7. 3D-MODEL EKSOSKELETA V VIRTUALNI RESNIČNOSTI**

“Pojmovanje telesa kot prizorišča psihe ali socialnega je izgubilo pomen, zdaj ga razumemo kot strukturo, ki jo je mogoče upravljati in modificirati – telo ni več subjekt, temveč objekt – ni objekt želje, marveč predmet preoblikovanja” (Stelarc, Marina Gržinić, 2002).

Digitalizirati umetniško delo Stelarca pomeni ujeti dih trenutka, ki presega telo. Njegova umetnost ni statična slika, temveč nenehno vprašanje: kaj pomeni biti človek, ko telo ni več meja? Skenirati to delo pomeni razširiti njegov obstoj iz mesa v podatke, iz tukaj v povsod, iz zdaj v vedno.

V digitalni obliki Stelarovo delo postane del večnega toka – ne kot arhiv mrtvih stvari, ampak kot živa struktura, ki se lahko podvaja, raziskuje, na novo pojmuje. Postane talisman, ki nosi v sebi tako avro originala kot obljubo prihodnjih interpretacij. Ni več ujeta v galerijo ali telo, temveč plava skozi omrežja, pripravljeno, da spregovori novim generacijam, novim občinstvom.

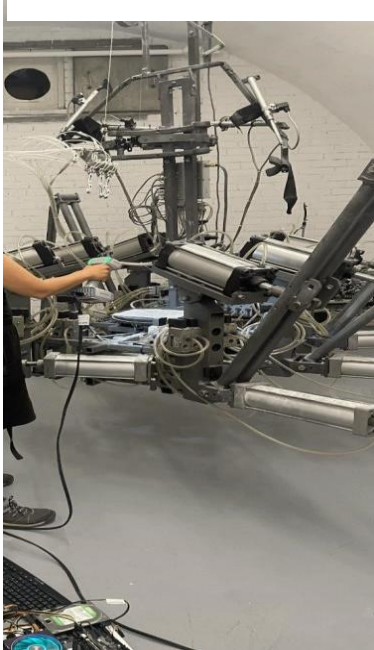
To ni le dokumentacija, temveč transformacija – razširitev umetniškega telesa v digitalno ontologijo. V tej potezi ni nostalgije, temveč vera v to, da umetnost lahko diha tudi onkraj materialnega. Tako kot Stelarc sam širi svoje telo z mehanskimi dodatki in kibernetскими vsadki, tako tudi njegovo delo zasluži razširitev – ne kot konec, temveč kot nadaljevanje njegovega performansa v drugi dimenziji skozi nove interpretacije.

Digitalizirati torej ne pomeni samo ohranjati, temveč razširitev. Umetnost postane vmesnik – med preteklim in prihodnjim, med telesnim in digitalnim, med človekom in strojem.

## **8. SKENIRANJE EKSOSKELETA**

Skeniranje se izvaja s skenerji oziroma optičnimi čitalniki. Bistvo optičnega čitalnika sta analiza in pretvorba slike v digitalno podatkovno obliko, kar poteka tako, da na stekleno podlago postavimo sliko in jo skeniramo s pomočjo optičnega čitalca ali skenerja. Obstajajo različne vrste skenerjev, ki jih ločimo glede na način uporabe. Poznamo laserske skenerje, ki zajemajo milijone diskretnih podatkovnih točk za merjenje predmeta ali prostora z lasersko infrardečo tehnologijo, ki v nekaj minutah ustvari podrobne 3D-slike. Fotogrametrijski skenerji so naprave ali programska oprema, ki uporabljajo fotogrametrijo – tehniko zajema tridimenzionalnih (3D) modelov z več fotografij. Uporabljajo se v standardnih merilnih napravah za povsem avtomatizirano merjenje in kontrolo kompleksno oblikovanih delov. Strukturirani svetlobni skenerji so naprave, ki uporabljajo projektor in kamero za zajem tridimenzionalnih podatkov o objektu. Zagotavljajo natančno zajemanje podatkov.

*Slika 1: SKENIRANJE ROBOTA*



Sama sem za skeniranje uporabila laserski skener znamke einscan model H1. Uporabniku omogoča tehnologijo svetlobnega vira s hibridno strukturo, ki združuje strukturirano LED-svetlobo in nevidno infrardečo svetlobo v eno napravo ter dodaja napredne pametne prednastavitve v različnih načinih skeniranja. Omogoča 3D-skeniranje v številnih aplikacijah in spodbuja popularizacijo prenosne tehnologije v 3D-skeniranju (povzeto po EinScan H, s. a.).

Strojna oprema, ki sem jo potrebovala pri skeniranju, je vključevala tudi računalnik z dobro grafično kartico za podpiranje skenerja, ki sem ga posebej za ta namen sama

*Slika 2: SESTAVLJANJE RAČUNALNIKA*



posebej sestavila. Za skener, ki sem ga uporabila, je namreč težko najti primeren računalnik. Računalnik je vključeval grafično kartico NVIDIA 2060, matično ploščo Asus Prime b450plus, RAM ddr4 64GB, procesor AMD-Ryzen 7. Računalnik nima ohišja, ker ga v času, ki sem ga imela na razpolago, nisem našla. Hkrati pa to omogoča samemu računalniku boljše hlajenje. Zato sem ga dala na podlago s kolesci, da se je lahko premikal skupaj s skenerjem. Sam proces sestavljanja je bil preprost.

Računalnik sem, potem ko sem od prijateljev in sorodnikov dobila dele, sestavila v enem popoldnevu.

Seveda pa sem za skeniranje potrebovala tudi programsko opremo. Uporabila sem to, ki jo nudi Einscan za skeniranje z njihovimi skenerji. To je odprta programska oprema, ki

je sestavni del opreme skenerja. Priložena je tudi QR-koda za dostop do navodil za uporabo.

Za skeniranje sem morala najprej pripraviti samega robota, saj določenih delov skener ne zaznava dobro zaradi odboja svetlobe. To sem rešila s pomočjo markirk, ki so del opreme skenerja.

Začela sem s skeniranjem noge. Ko sem poskenirala eno nogo, sem to le pomnožila in dobila vseh šest nog. Za skeniranje noge nisem potrebovala veliko časa. Problemi pa so se pojavili, ko sem s skenerjem prišla do hidravličnega pistonu. Tega sem najprej skenirala samo z markerji (da si je skener zapomnil osnovno obliko), kasneje pa celotnega, da je sken uspel. Potem sem se premaknila na spodnji del, ki mi je vzel največ časa in tudi sama mapa podatkov je bila največja (kar 90 GB). Po nekaj poskusih mi je tudi to uspelo. Tako sem končala s skeniranjem.

Pri skeniranju sem prišla do spoznanj, upoštevanje katerih bi priporočala vsem, ki bi se podali v to:

1. če skenirate tako velik objekt, kot sem ga jaz, ga razčlenite na manjše smiselne dele, ker je skeniranje in kasnejša obdelava lažja,
2. pri skeniranju je smiselno uporabljati markirke, ki so del opreme skenerja, četudi na začetku lahko povzročijo nekaj preglavic, a v nadaljevanju omogočijo, da svoje delo opravite temeljito. Še posebej se to vidi pri predmetih, pri katerih ima skener težave zaradi odboja svetlobe. Markirke so nalepke, ki jih skener zazna in na podlagi teh ustvari prvi model, ki še ni končen, je pa prvi obris,
3. veliki objekt je velikokrat boljše narisati v programu kot pa skenirati, saj so datoteke, ki so nastale s skeniranjem, zelo velike. Pri izvozu datotek kot tudi pri sami obdelavi podatkov nam lahko velikost povzroča težave. Sken ni tako čist, kot je narisani model, še posebej, če ima objekt veliko manjših cevi kot naš robot. V primerjavi s skeniranjem sem za risanje 3D-modela porabila manj časa,
4. če pa se odločimo za skeniranje, je dobro vedeti, v kakšnem formatu izvozimo datoteko v drugo aplikacijo. Sama sem uporabila program Blender. Najboljša opcija je format .obj, ki vključuje tudi strukturo.

Pri risanju 3D-modela robota mi je pomagal tudi sken, ker mi je olajšal delo na način, da sem približno videla, kakšne so oblike.

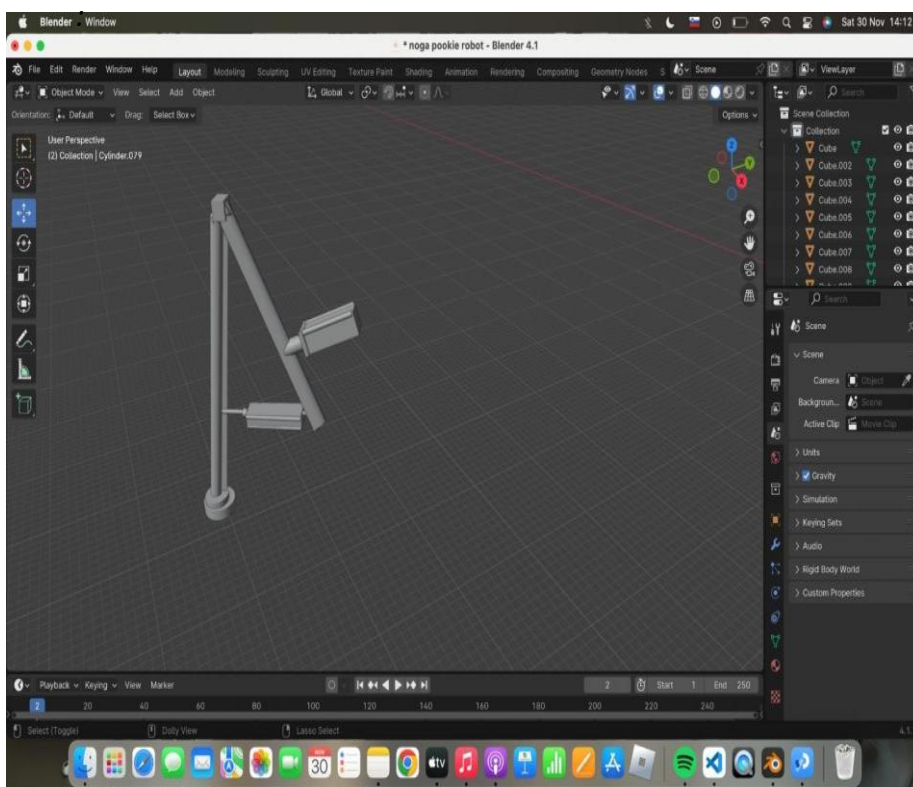
## 9. RISANJE EKSOSKELETA V PROGRAMU BLENDER

Blender je brezplačna in odprtokodna zbirka za ustvarjanje 3D-modelov. Podpira celoten 3D-cevovod – torej modeliranje, opremo, animacijo, simulacijo, upodabljanje, sestavljanje in sledenje gibanju, celo urejanje videa in ustvarjanje iger. Robota sem risala na način modeliranja trdne površine. Modeliranje trdne površine je bistvena tehnika v 3D-modeliranju in računalniški grafiki, ki se uporablja za ustvarjanje podrobnih modelov predmetov in okolij, ki jih je ustvaril človek (povzeto po Kaj je Blender? – Izčrpen vodnik za mešanje, s. a.).

Risanja sem se lotila približno tako sistematično kot skeniranja. Najprej sem narisala eno nogo in jo potem razmnožila. Sestavljena je iz valjev in kock.

V naslednjem koraku sem se lotila spodnjega dela robota. Ta je bil zame kar precejšnji izziv, saj vključuje veliko različnih delov, a mi je uspelo narisati nekakšno imitacijo.

Slika 3: NOGA ROBOTA

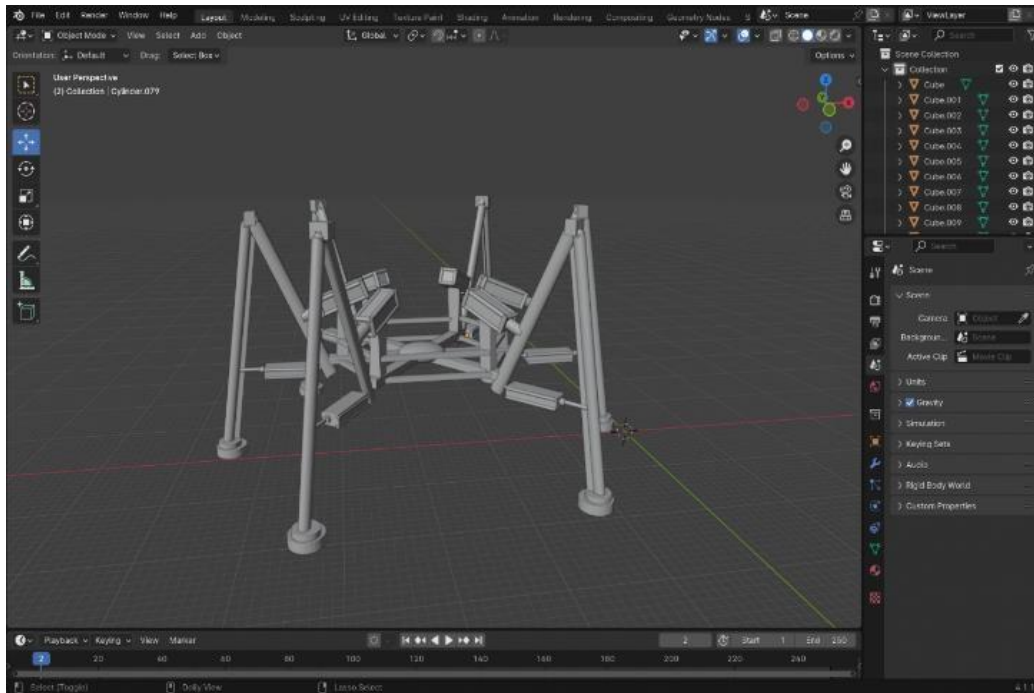


Spodnji del sem prav tako sestavila iz kock in valjev. Dodala sem tudi kroglo namesto sedeža, saj sem jo tako lažje izoblikovala.

Zdaj mi je manjkal samo še zgornji del, ki pa je večinoma sestavljen iz kock.

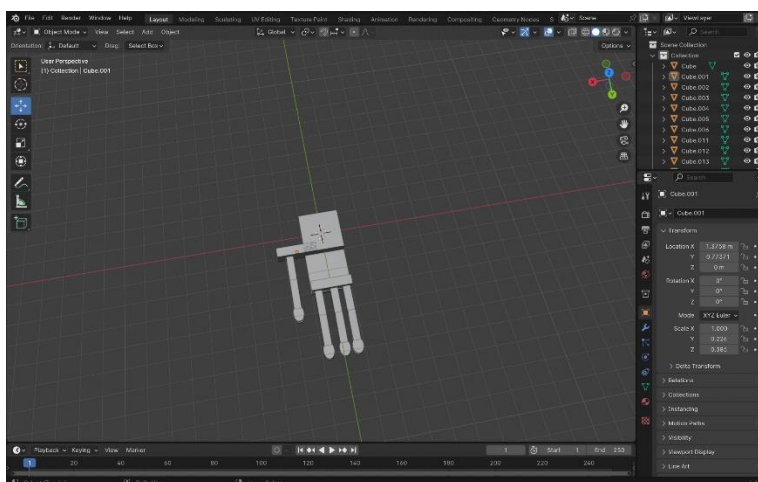
Dodala sem ga na noge in spodnji del ter tako dobila že skoraj celega robota.

Slika 4: SPODNJI DEL ROBOTA



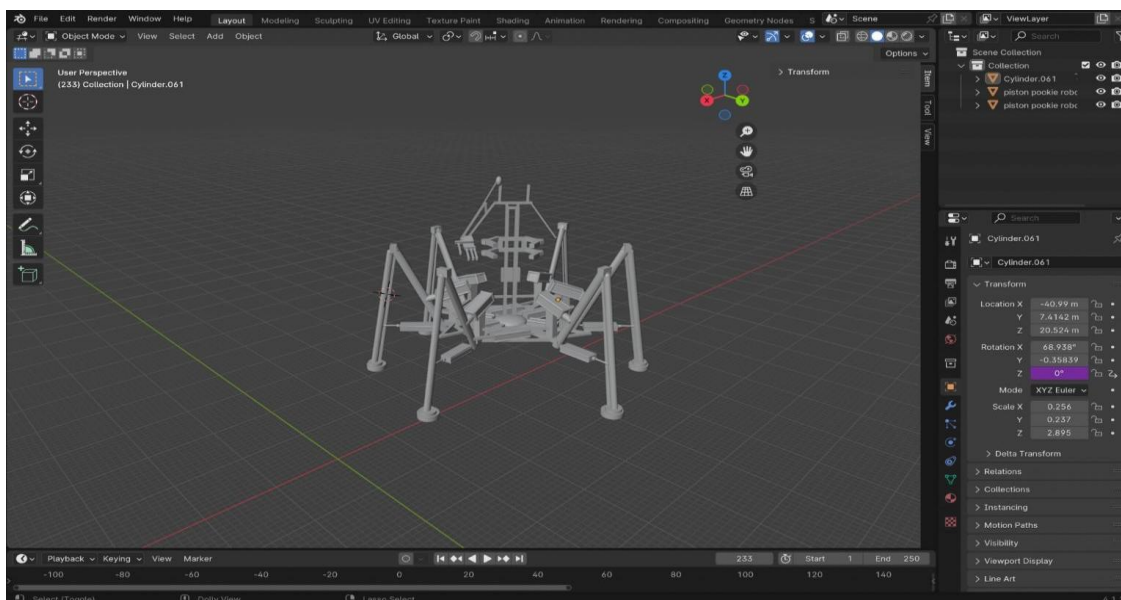
Kasneje sem narisala še roko, s katero sem imela kar precejšnje težave, zato sem jo zelo posplošila.

Slika 5: ROKA ROBOTA



Moj zaključen izdelek je bil Stelarcov eksoskeleton. 3D-model je sicer imitacija originala, a je temu precej podoben.

Slika 6: ROBOT



Ko imamo končan izdelek, ga moramo tudi izvoziti. Najboljši format je .fbx.

## 10. POSTOPEK KREIRANJA XR PREZENTACIJE V OKOLJU UNITY

Unity je priljubljena in izredno prilagodljiva platforma za razvoj iger, ki ponuja toliko funkcij, da lahko z njo ustvarite skoraj vsako virtualno okolje. Program sem izbrala, ker ga dobro poznam in ker je v njem lažje delati animacije kot pa v Blenderju (povzeto po Uvod v Unity, s. a.).

Njegove osnovne funkcije nam služijo pri programiranju in izdelavi računalniških iger ter animacij. Moje delo je pa tudi vključevalo razširjeno resničnost torej XR.

XR delimo na 3 realnosti. AR Augmentirano realnost, to pomeni da se digitalna slika projecira na zunanjo okolje ampak se za to lahko uporabi tudi telefon in ni nujno vezano na očala. Primer augmentirane realnosti je igrice Pokemon Go! , ki je svet obnorela leta 2016. Naslednja je VR oziroma virtualna realnost kar pomeni, da se digitalna slika procira v celoti pred naše oči oz vidimo celotno digitalno okolje. Značilna je za Virtualna

očala. Potem pa pridemo še do zadnje realnosti MR torej mešana realnost kaj pomeni digitalna slika, ki se projecira na okolje okoli nas in je značilno za očala.

Prva stvar, ki sem jo naredila pri svojem delu je to da sem namestila program Unity HUB ter ustvarila Unity račun v katerem sem namestila programsko opremo Unity. V mojem primeru je to bila Unity verzija 2022.38F zaradi tega da so vsi uvoženi primeri s katerimi sem si pomagala, kompatibilni z verzijo. Ta korak je pomemben za pravilno in gladko delovanje ter delo. Sledila je konfiguracija Unitya z VR očali Okulus Quest 3. Za ta očala sem se odločila zaradi tega ker je v enih očalih združena opcija AR in VR v sprejemljivi ceni. Za konfiguracijo je bila potrebna namestitev orodij. To sem storila preko portala Unity Asset Store zakatereja je prav tako potreben račun. Potem sem uvozila META XR all in One SDK oziroma komplet za razvoj programske opreme.

Po Konfiguraciji za platformo Android, pri kateri mi je pomagal oče se je delo lahko pričelo. Najprej sem uvozila model iz Blenderja v formatu FBX in potem na njem naredila animacijo hoje za katero sem si pomagala napisati skripto z umetno inteligenco. Kasneje sem izbrala sceno iz primerov, ki jih ponuja META XR SDK, v kateri so že vnaprej programirani objekti in njihove funkcionalnosti, npr. nadzorniki, različne lastnosti, scene, kot so osvetlitev, objekti in drugo.

Naslednji korak je bila prilagoditev scene, pri čemer sem objekte brisala, dodajala, spreminjala barve ...

Med delom sem imela VR set povezan z računalnikom in programom Unity, da sem lahko preizkušale vse spremembe v aplikaciji. Na koncu, ko sem bila zadovoljna z izdelkom, sem izbrala funkcijo "run and build", ki jo ponuja Unity in tako dobila aplikacijo, ki se lahko uporablja na očalih tudi brez internetne povezave.

## 11. ANALIZA ANKETE

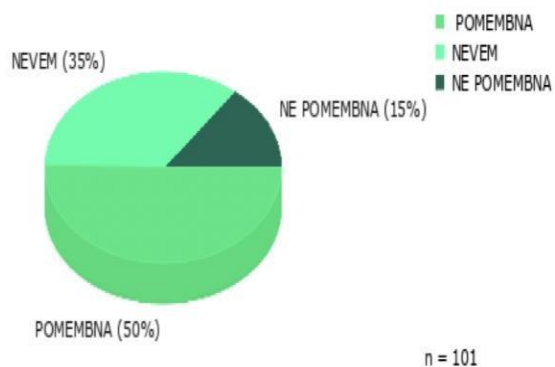
### 11.1. Vprašanja in analiza

V nalogi sem izvedla anketo, ker me je zanimalo, če so hipoteze, ki sem jih postavila, pravilne ali ne. Anketo je rešil 101 človek. Anketa je bila anonimna. Imela je 7 kratkih vprašanj (glej Prilogo).

Graf 1: KAKO POMEMBNA JE DIGITALIZACIJA UMETNIŠKIH DEL?

Vprašanje številka 1 je bilo, kako pomembna se vam zdi digitalizacija umetniških del za izboljšanje dostopnosti umetnosti.

Ljudem se v večini oz. v 50 % zdi pomembna, 35 % jih ne ve, 15 % pa se zdi, da je ne pomembna.

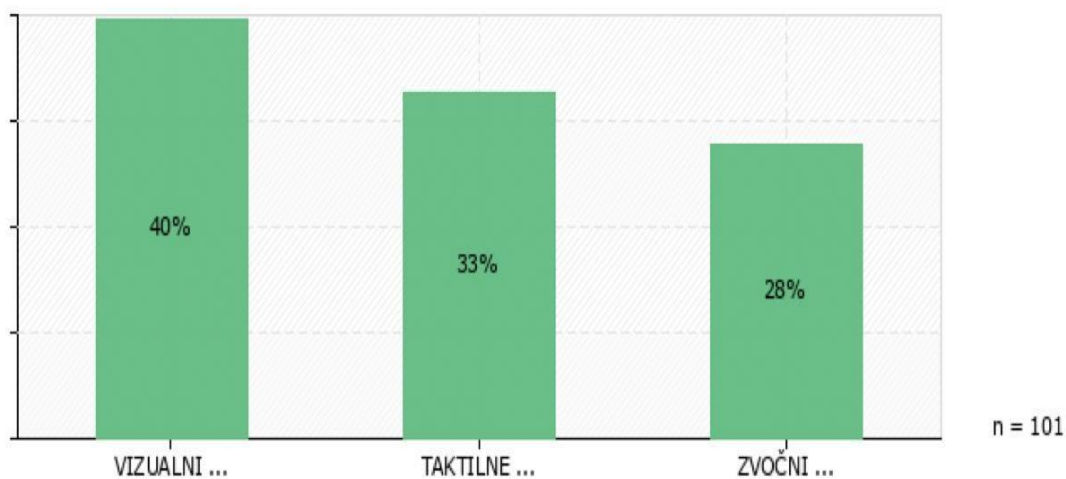


Ti odgovori so bili pričakovani, saj sem predvidela, da ljudem fizična dostopnost samega dela veliko pomeni. Kljub temu velika skupina ljudi ni prepričana glede odgovora. Skleпам, da morda tudi zato, ker nasploh niso najbolj navdušeni nad umetnostjo.

Vprašanje številka 2 je bilo, katera senzorična izkušnja naj bi po mnenju anketirancev najbolj obogatila dožemanje umetniških del. Anketiranci so izbirali med več odgovori. 40 % jih je prepričanih, da bi dožemanje umetniških del najbolj obogatili vizualni elementi, torej projekcije, svetlobni učinki in podobno. 33 % jih pravi, da je za njih to taktilna izkušnja (dotik in teksture). Malo manj kot tretjina jih meni, da bi to bili zvočni elementi (glasba, zvoki narave).

Pri tem vprašanju nisem vnaprej sklepala, kakšni bodo odgovori, saj so le-ti lahko zelo subjektivni.

Graf 2: KATERA SENZORIČNA IZKUŠNJA NAJ BI PO MNENJU ANKETIRANCEV NAJBOLJ OBOGATILA DOJEMANJE UMETNIŠKIH DEL?



Vprašanje številka 3 anketirance sprašuje, ali lahko digitalizacija umetniških del z večsenzoričnimi elementi poveča zanimanje za umetnost med mlajšimi generacijami. Na to vprašanje je 72 % anketiranih odgovorilo, da se s tem strinja, 20 % jih nima mnenja in le 8 % se ne strinja, da bi digitalizacija lahko povečala zanimanje. Takšne odgovore sem tudi sama pričakovala, saj živimo v svetu tehnologije. Predvsem za mlajše generacije, rojene v "digitalni svet", sklepam, da bi jih razstava, ki vključuje večsenzorične učinke, bolj pritegnila kot pa klasična razstava.

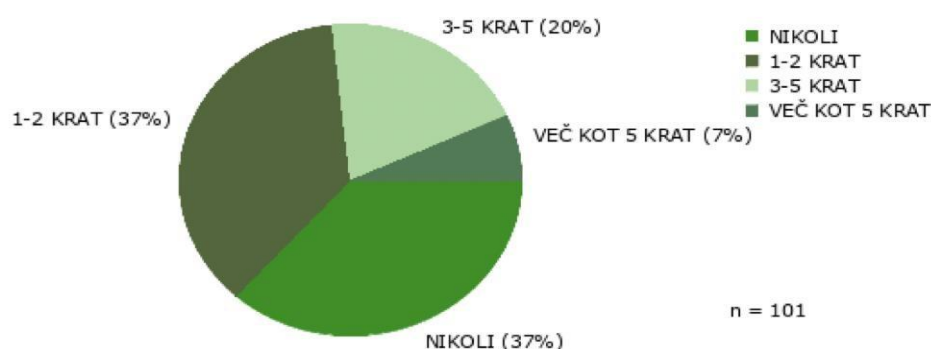
Graf 3: ALI LAHKO DIGITALIZACIJA UMETNIŠKIH DEL Z VEČSENZORIČNIMI ELEMENTI POVEČA ZANIMANJE ZA UMETNOST MED MLAJŠIMI GENERACIJAMI?



Vprašanje številka 4 je anketirance spraševalo, kolikokrat so že obiskali umetniško razstavo, kjer so bile uporabljene digitalne tehnologije za izboljšanje izkušnje. 37 % takšne razstave še ni obiskalo nikoli, 37 % jo je obiskalo 1–2-krat, 3–5-krat jo je obiskalo 20 %, več kot 5-krat pa je takšno razstavo obiskalo 7 % ljudi.

Tudi sama sem predvidela takšno razmerje odgovorov, ker so te razstave redke in je malo možnosti, da bi jih ljudje obiskali večkrat.

Graf 4: KOLIKOKRAT STE ŽE OBISKALI UMETNIŠKO RAZSTAVO, KJER SO BILE UPORABLJENE DIGITALNE TEHNOLOGIJE?

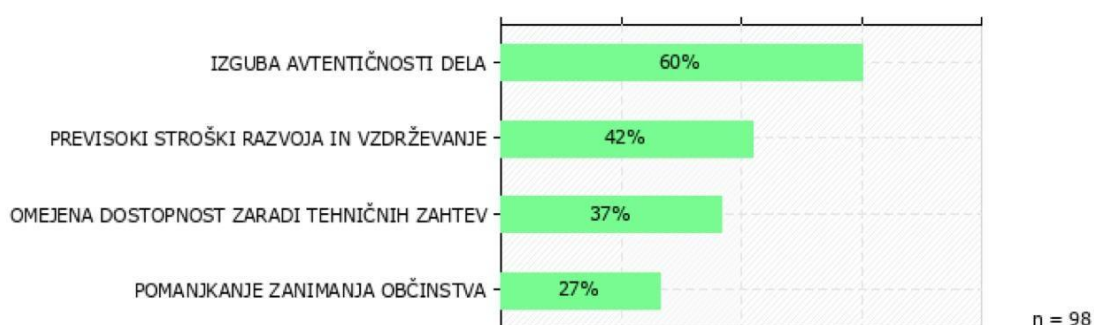


Smo pa iz prejšnjega vprašanja lahko razbrali, da bi takšne razstave povečale zanimanje za umetnost in bi bilo zato dobro, če bi jih bilo več.

Vprašanje številka 5 se navezuje na morebitna tveganja ali izzive, ki jih ljudje vidijo v digitalizaciji umetniških del za multisenzorično izkušnjo. Pri tem vprašanju je bilo možnih več odgovorov. Ljudem se v 60 % zdi, da je največja nevarnost ta, da se izgubi avtentičnost dela. V 42 % menijo, da je nevarnost v visokih stroških razvoja in vzdrževanja. 37 % se zdi tvegan omejen dostop zaradi tehničnih zahtev, 27 % jih vidi izziv v pomanjkanju zanimanja občinstva. Tukaj sem tudi sama sklepala podobno, saj je bilo pri ustvarjanju tudi mene strah izgube avtentičnosti dela. A sem ugotovila, da je delo lahko narejeno avtentično in da ga včasih lahko še izboljšamo, čeprav je to lahko zelo subjektivno. S previsokimi stroški razvoja in vzdrževanja se sicer strinjam, saj nakup očal ni poceni. Toda včasih (tako kot v mojem primeru) je ceneje prenesti delo v digitalno obliko kot pa ga fizično ponovno usposobiti, kar bi zagotovo bilo dražje. Odgovor na to vprašanje je odvisen predvsem od samega umetniškega dela, ki ga želimo digitalizirati.

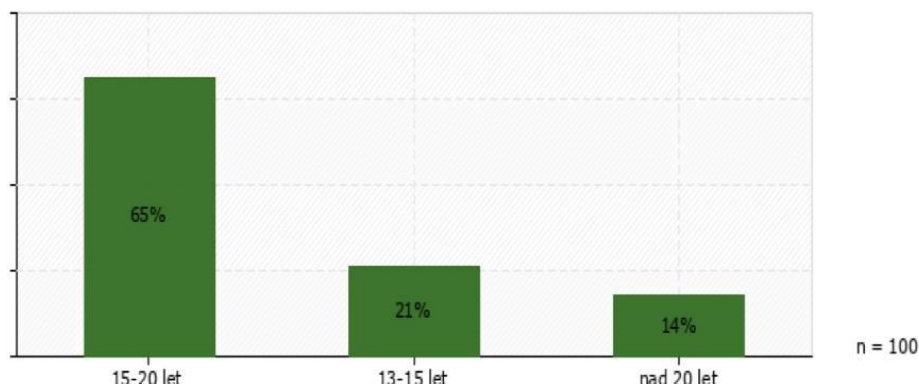
Omejenost dostopa zaradi tehničnih zahtev je velik izziv, ker so redki, ki imajo dostop do opreme, potrebne za takšen projekt. Zato je toliko bolj pomembno, da tisti, ki imamo in znamo kaj takega narediti, to tudi naredimo in tudi drugim ponudimo možnost za ogled umetniških del na drugačen način. Pomanjkanje zanimanja občinstva je nekaj, kar se lahko zgodi, a nam večina v odgovoru na vprašanje 3 pove, da bi takšne razstave spodbudile zanimanje za umetnost.

Graf 8: MOREBITNA TVEGANJA IN IZZIVI DIGITALIZACIJE



Vprašanje številka 6 se je nanašalo na starost anketirancev.

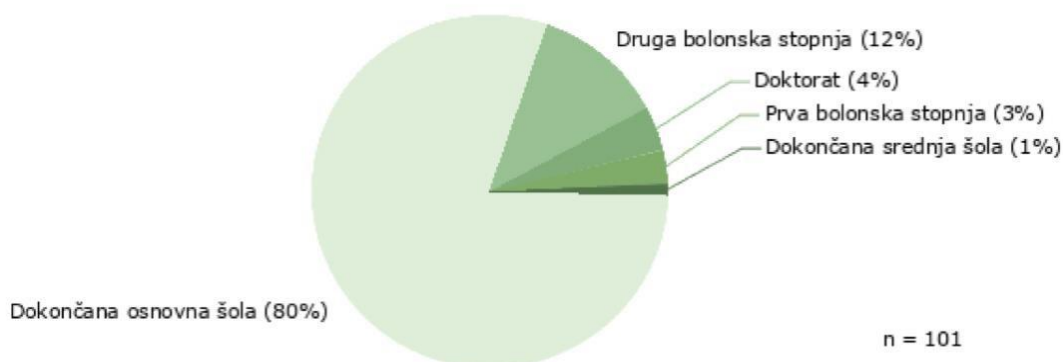
Graf 6: STAROST ANKETIRANCEV



65 % jih je starih od 15 do 20 let, 21 % jih je starih od 13 do 15 let ter 14 % nad 20 let. Ta odgovor je bil najbolj pričakovan, saj so v anketi večinoma sodelovali dijaki. Predvsem zato, ker me je zanimalo, kaj si mladi mislijo o multisenzoričnih razstavah.

Vprašanje številka 7 je bilo vprašanje o izobrazbi. Dokončano osnovno šol jih ima 80 %, dokončano srednjo šolo 1 %, prvo bolonjsko stopnjo 3 %, drugo bolonjsko stopnjo pa 12 %. Ti rezultati so pričakovani in, kot sem poudarila pri prejšnjem vprašanju, so bili moja ciljna publika dijaki. Je pa zanimivo tudi to, da so zraven še druge starostne skupine in tudi to, kaj si vsi mislijo o multisenzoričnih razstavah.

Graf 7: STOPNJA IZOBRAZBE ANKETIRANCEV



## 11.2. Povzetek rezultatov ankete

Najprej bom na kratko povzela anketo. Naredila sem jo z namenom, da bi izvedela, kaj mladi mislijo nasploh o multisenzorični izkušnji in kateri so izzivi pri digitalizaciji umetniških del. Anketo sem navezala na hipoteze, ki sem jih postavila. Večina ljudi misli, da je digitalizacija umetniških del pomembna. Vizualna senzorična izkušnja se jim zdi najbolj pomembna, večina jih tudi misli, da bi multisenzorične razstave pritegnile mlajše generacije. Večina izmed anketirancev takšne razstave še nikoli ni obiskala oziroma jo je le 1–2-krat. Glede izzivov digitalizacije pa večina meni, da je največji problem izguba avtentičnosti dela. Večina anketirancev je stara od 15 do 20 let in ima končano osnovno šolo.

## 11.3. Razprava, interpretacija rezultatov

Na začetku naloge sem si postavila nekaj hipotez.

Hipoteza 1: Predpostavljam, da ljudi skrbi, da z digitalizacijo umetniškega dela le-to izgubi avtentičnost. Ta hipoteza je potrjena, saj je 60 % anketirancev odgovorilo, da se jim zdi to največji izziv pri digitalizaciji določenega dela.

Hipoteza 2: Predpostavljam, da so ljudje prepričani, da bi multisenzorična izkušnja vzbudila zanimanje za umetnost predvsem pri mlajših generacijah. Tudi ta hipoteza je bila potrjena, saj je kar 72 % anketirancev bilo tega mnenja.

Hipoteza 3: Predpostavljam, da so ljudje prepričani, da ima lahko digitalizacija umetniških del velik pomen. Ta hipoteza se je prav tako izkazala za potrjeno, saj se ljudem v 50 % digitalizacija umetniških del zdi pomembna. Vse moje hipoteze so bile potrjene.

## **12. SKLEP**

Ugotovila sem, da se robot Eksoskeleton da zelo dobro in lepo digitalizirati ter narediti delo z multisenzorično izkušnjo. Pri tem lahko pride do izgube avtentičnosti dela, kar se da odpraviti z izkušnjami in dobro opremo. Dobro je tudi, da se poveča zanimanje za umetnost pri mladih ter da velika večina ljudi vidi, da je digitalizacija umetnin pomembna. Ti rezultati nam pokažejo, da bi bilo potrebno multisenzorično izkušnjo razširiti na vsa področja umetnosti.

## **13. DRUŽBENA ODGOVORNOST**

Moja naloga ohranja umetniško delo iz leta 1997, ki je počasi začelo propadati. Robot je nastal leta 1997, v prvotnem stanju je lahko hodil, se zibal in vrtel na mestu. Te funkcije je sčasoma izgubil. Izgubil je možnosti hoje, saj so hidravlični pistoni prenehali delovati. Če bi želeli nadomestiti hidravlične pistone, bi to bilo zelo drago. Za to se je boril projekt Kons. Poleti 2024 sem pričela z delom v kulturnem inkubatorju kot mentorica 3Dtiskanja. Takrat sem prvič videla robota. Izvedela sem, da je robot prenehal delovati in tako se mi je porodila ideja za njegovo digitalizacijo. Po končanem postopku digitalizacije je robot ponovno zakorakal naokoli. Tako sem ohranila kulturno dediščino na področju računalništva in pokazala, da je to eden od možnih načinov, da zavarujemo našo kulturno in tehnično dediščino za zanamce.

## **14. STELARCOV EKSOSKELET KOT 3D MODEL V VR OČALIH – posnetek**

<https://qrfy.io/p/XRfDRYH0Nu>

## 15. VIRI IN LITERATURA

Spletni viri:

*Multisensory Experiences: Definition and Meaning* (s. a.). PeekPRO.

<https://www.peekpro.com/blog/multisensory-experience>

Ucar, E. (8. 9. 2015). *Multisensory Met: Touch, Smell, and Hear Art*. Met Museum.

<https://www.metmuseum.org/perspectives/multisensory-met>

Futurists Club Team. (24. 4. 2021). *The Multi-Sensory Experience of Van Gogh*.

Medium. <https://medium.com/futurists-club-by-science-of-the-time/the-multi-sensoryexperience-of-van-gogh-aca32d938840>

Waxman, A. (13. 9. 2021). *Multi-Sensory Art in Tokyo*. Dine.

<https://dinemagazine.ca/multi-sensory-art-in-tokyo/>

Nova telesnost. (1996). (S.a.).

[https://www.mfru.org/assets/other/library/NOVA\\_TELESNOST\\_katalog-1996.pdf](https://www.mfru.org/assets/other/library/NOVA_TELESNOST_katalog-1996.pdf)

Extra Ear, alternative anatomical architectures. (2019). (S. a.). <http://www.stelarc.org>

tv/zzv. (14. 5. 2003). *Avstralski performer Stelarc v Vrhniki*. STA. [STA: Avstralski performer Stelarc na Vrhniki](#)

Železnikar, J. (2003). *Performans in predavanje Stelarca*. Mladina.

<https://www.mladina.si/61841/performans-in-predavanje-stelarca> EinscanH (s. a.).

<https://www.einscan.com/einscan-h/>

Uvod v Unity (s. a.).

[https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/33595/mod\\_resource/content/0/Unity.pdf](https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/33595/mod_resource/content/0/Unity.pdf)

## 16. PRILOGE

### ANKETA

#### 1. vprašanje

Kako pomembna se vam zdi digitalizacija umetniških del za izboljšanje dostopnosti umetniških del?

- Zelo pomembna
- Pomembna
- Nevtralna
- Nepomembna
- Zelo nepomembna

#### 2. vprašanje

Katera senzorična izkušnja bi po vašem mnenju najbolj obogatila dožemanje umetniških del?

- Vizualni elementi (projekcije, svetlobni učinki)
- Zvočni elementi (glasba, zvoki narave)
- Taktilne izkušnje (dotik, teksture)
- Vonji (aromatične izkušnje)
- Drugo (prosim, navedite)

#### 3. vprašanje

Ali menite, da lahko digitalizacija umetniških del z večsenzoričnimi elementi poveča zanimanje za umetnost med mlajšimi generacijami?

- Zelo se strinjam
- Strinjam se
- Nevtralno
- Ne strinjam se
- Zelo se ne strinjam

#### 4. vprašanje

Kolikokrat ste že obiskali umetniško razstavo, kjer so bile uporabljene digitalne tehnologije za izboljšanje izkušnje?

- Nikoli
- 1–2-krat
- 3–5-krat
- Več kot 5-krat

#### 5. vprašanje

Katera morebitna tveganja ali izzive vidite pri digitalizaciji umetniških del za multi-senzorično izkušnjo?

- Izguba avtentičnosti umetniškega dela
- Omejena dostopnost zaradi tehničnih zahtev
- Previsoki stroški razvoja in vzdrževanja
- Pomanjkanje zanimanja občinstva
- Drugo (prosim, navedite)

#### 6. vprašanje

Kako pomembna se vam zdi digitalizacija umetniških del za izboljšanje dostopnosti umetnosti?

- Zelo pomembna
- Pomembna
- Nevtralna
- Nepomembna
- Zelo nepomembna

#### 7. vprašanje

Katera senzorična izkušnja bi po vašem mnenju najbolj obogatila dožemanje umetniških del?

- Vizualni elementi (projekcije, svetlobni učinki)
- Zvočni elementi (glasba, zvoki narave)
- Taktile izkušnje (dotik, teksture)
- Vonji (aromatične izkušnje)
- Drugo (prosim, navedite)

#### 8. vprašanje

Ali menite, da lahko digitalizacija umetniških del z večsenzoričnimi elementi poveča zanimanje za umetnost med mlajšimi generacijami?

- Zelo se strinjam
- Strinjam se
- Nevtralno
- Ne strinjam se
- Zelo se ne strinjam

#### 9. vprašanje

Kolikokrat ste že obiskali umetniško razstavo, kjer so bile uporabljene digitalne tehnologije za izboljšanje izkušnje?

- Nikoli
- 1–2-krat
- 3–5-krat
- Več kot 5-krat

#### 10. vprašanje

Katera morebitna tveganja ali izzive vidite pri digitalizaciji umetniških del za multi-senzorično izkušnjo?

- Izguba avtentičnosti umetniškega dela
- Omejena dostopnost zaradi tehničnih zahtev
- Previsoki stroški razvoja in vzdrževanja
- Pomanjkanje zanimanja občinstva
- Drugo (prosim, navedite)