

Animiranje 2D likova u 3D okruženju u video produkciji

Jakupović, Benjamin

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:195:996811>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

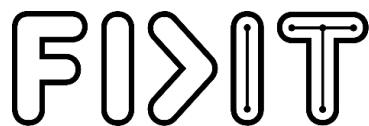
Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Informatics and Digital Technologies - INFORI Repository](#)





Sveučilište u Rijeci

**Fakultet informatike
i digitalnih tehnologija**

Sveučilišni prijediplomski studij Informatika

Benjamin Jakupović

Animiranje 2D likova u 3D okruženju u video produkciji

Završni rad

Mentor: izv. prof. dr. sc. Martina Holenko Dlab

Rijeka, rujan 2024.

Rijeka, 27.5.2024.

Zadatak za završni rad

Pristupnik/ica: Benjamin Jakupović

Naziv završnog rada: Animacija 2D likova u 3D okruženju u video produkciji

Naziv završnog rada na engleskom jeziku: Animation of 3D characters in a 3D environment in video production

Sadržaj zadatka:

Zadatak je prikazati proces produkcije računalne animacije uz pomoć Blendera na primjeru promocijskog videa za koji je zadan scenarij. Potrebno je ukratko predstaviti ključne korake u izradi uključujući preradu scenarija i izradu animatika, snimanje glasova i izradu kadrova te procese dorade kadrova i umetanja zvučnih efekata i glazbe. Naglasak treba biti na opisu procesa animiranja likova kroz prezentaciju načina animiranja govora tijela te načina animiranja lica likova.

Mentor/ica:

Izv. prof. dr. sc. Martina Holenko Dlab



Voditelj za završne radove

Izv. prof. dr. sc. Miran Pobar



Zadatak preuzet: 27.5.2024.



(potpis pristupnika/ice)

Sažetak

U ovom radu će se prikazati proces produkcije računalne animacije, koja će se koristiti za svrhe promoviranja projekta naručitelja, te će se detaljno opisati postupak animiranja likova za kadrove prisutne u računalnoj animaciji.

Sa kreiranom računalnom animacijom kao primjerom, predstaviti će se ključni koraci procesa produkcije videozapisa - prerada scenarija i izrada animatika u fazi predprodukcije, snimanje glasova i izrada kadrova u produkciji te procesi dorade kadrova i uvoženja zvučnih efekata i glazbe u postprodukciji.

Zatim će se predstaviti proces animiranja likova u računalnoj animaciji. Pomoću primjera kadrova iz konačnog proizvoda će se prikazati teorijska podloga potrebna za pripremu likova za proces animiranja te opisati proces pripreme likova.

Naposljetku će se na primjeru dva kadra detaljno opisati proces animiranja likova te predstaviti način animiranja govora tijela te način animiranja lica likova.

Računalna animacija prikazana u završnom radu koristi kombinacije 2D i 3D elemenata te je animirana pomoću softvera Blender.

Ključne riječi: armatura; ograničenja; inverzna kinematika (IK); *Grease Pencil*; interpolacija ključnih okvira; savitljive kosti; *overshooting*

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Opis problema.....	2
2.1. Korišteni alati	2
2.1.1. Blender	2
2.1.2. Kdenlive	2
2.1.3. Krita	2
2.1.4. Audacity	3
3. Opis rješenja	4
3.1. Video produkcija	4
3.1.1. Predprodukcija.....	4
3.1.2. Produkcija	10
3.1.3. Postprodukcija	18
3.2. Animiranje likova.....	23
3.2.1. Teorijska podloga animiranja likova	23
3.2.2. Priprema likova za animiranje.....	36
3.2.3. Postupak animiranja likova	56
4. Zaključak	73
5. Literatura	74
6. Popis slika.....	77
7. Popis priloga	80

1. Uvod

U današnjem dobu, video marketing predstavlja efektivnu metodu predstavljanja proizvoda ili usluge, koja će osigurati veću vidljivost u usporedbi sa drugim načinima marketinga (email marketing, Internet marketing i TV marketing). Razlog proizlazi iz pasivnog procesa konzumiranja sadržaja [1]. Videozapisi predstavljaju pasivni proces, koji osobi istovremeno predstavlja informacije pomoću više osjetila, zbog čega je osoba fokusirana na vizualne ili zvučne efekte prikazane na videozapisu, što omogućuje brže povezivanje osobe sa porukom koja se prenosi videozapisom i lakše prenošenje poruke gledateljima [1]. Videozapisi privuku 3 puta više osoba nego drugi tipovi sadržaja. Marketing pomoću videozapisa uvjeri 73% ljudi na kupovinu proizvoda ili usluge [1].

Postoji više stilova animacije. 2D animacija je među najčešćim stilovima koji se koriste za marketinške videozapise. Odlike 2D animacije uključuju crtanje likova pomoću računalnog softvera. Sa tim softverom se nacrtaju vektorski oblici, koji se zatim animiraju pomoću promjene oblika i njihove pozicije. Budući da su oblici crtani u dvije dimenzije, proces crtanja je jeftin i brz, a nastaju stilizirani i privlačni likovi kojima se jednostavno i efektivno prenose ideje. Dodatno, proces produkcije 2D animacije je jeftin i brz.

U usporedbi sa 2D animacijom, u 3D animaciji se kreiraju objekti koji imaju tri dimenzije (visinu, širinu i dubinu). Tri dimenzije omogućuju veću slobodu u pozicioniranju objekata i stvaranju dojma dubine te su korisni za animacije koje predstavljaju i ilustriraju dizajne usluga i proizvoda [2].

Spojem elemenata 2D i 3D animacije nastaje hibridni stil animacije, u kojem se kombinira jednostavnost i stiliziranost 2D animacije sa dojmom dubine, koji je ostvaren u 3D animaciji. Korištenjem hibridnog stila nastaje animacija koja je privlačna gledatelju te jeftinija i jednostavnija za izradu, u usporedbi sa 3D animacijom.

Stoga je cilj ovog rada opisati postupak produkcije animiranog videozapisa, koji koristi hibridni stil animacije, napravljenog u sklopu kolegija „Stručna praksa“ te predstaviti postupke animiranja 2D likova tijekom produkcije.

Rad je podijeljen na 4 glavna poglavlja. U poglavlju 2 („Opis proizvoda“) će se ukratko predstaviti videozapis koji se izrađuje. Zatim se u poglavlju 3 („Opis problema“) predstavlja kontekst rada te predlaže rješenje i predstavljaju alati koji će se koristiti tijekom rada. Poglavlje 4 („Opis rješenja“) ukratko prikazuje proces video produkcije te opisuje postupak animiranja likova u dva kadra iz konačnog videozapisa. Naposljetku se sumiraju metode animiranja te predstavljaju saznanja o procesu animiranja u poglavlju 5 („Zaključak“).

2. Opis problema

Za potrebe Erasmus+ projekta „Joint Mentorship: Better cooperation for Better VET“ [3], je bilo potrebno izraditi videozapis koji informira gledatelje o važnosti suradnje svih dionika (učenika, roditelja, mentora, škole i obrtničke komore) u procesu naukovanja, odnosno strukovnog obrazovanja.

Naručitelj, Hrvatska obrtnička komora, je predao prijedlog scenarija temeljem kojeg je bilo potrebno izraditi konačni proizvod – računalnu animaciju.

Za rješenje je bilo potrebno napraviti prepravke scenarija u skladu s pravilima struke, predložiti tehniku animacije te kreirati konačnu računalnu animaciju u skladu sa definiranom tehnikom. Izabrana tehnika animacije kombinira 3D i 2D elemente, gdje su likovi te objekti s kojima likovi vrše interakciju 2D, a pozadinski objekti kadra 3D.

2.1. Korišteni alati

Za izradu animacije je korišteno više alata, gdje svaki alat odgovara određenom procesu u video produkciji.

U procesu predprodukcije su ključnu ulogu imali alati za obradu teksta (engl. *word processor*), alati za tablično računanje (engl. *spreadsheet editor*) te alati za uređivanje videozapisa (engl. *video editing software*) – Microsoft Word, Google Tablice i Kdenlive.

Tijekom produkcije se koristi Blender za izradu 3D modela te animiranje likova i elemenata kadra, Krita za crtanje 2D likova te Kdenlive za montažu zvuka i gotovih kadrova.

Naposljetku se u postprodukciji koriste Audacity za uređivanje zvučnih efekata te Kdenlive za završnu doradu videozapisa.

2.1.1. Blender

Blender je besplatni softver otvorenog koda, koji podržava sve elemente 3D produkcijskog cjevovoda – modeliranje, *rigging*, animiranje, renderiranje i montažu (engl. *compositing*) [4].

Blender se koristio za izradu 3D modela okoliša, animiranje likova te montažu dijelova scene tijekom procesa renderiranja, odnosno iscrtavanja kadra.

2.1.2. Kdenlive

Kdenlive je besplatni softver otvorenog koda za uređivanje videozapisa. Softver omogućuje rad sa više audio i video zapisa [5]. U video produkciji se ovaj softver koristio za spajanje renderiranih kadrova.

2.1.3. Krita

Krita je besplatni softver otvorenog koda koji se koristi za crtanje. Softver omogućuje crtanje objekata pomoću kistova te vektorsko crtanje [6].

U Kriti su se dizajnirali 2D objekti i likovi, koji su se zatim animirali u Blenderu.

2.1.4. Audacity

Audacity je besplatan softver otvorenog koda za snimanje i uređivanje zvučnih zapisa [7].

Pomoću filtera i dodataka softveru, omogućuje se uređivanje zvučnih zapisa. Audacity se koristio za prepravljanje snimljenih glasova i uređivanje glazbe, prije nego što su se ti zvučni efekti ugradili u animaciju.

3. Opis rješenja

U ovom poglavlju je opisan postupak video produkcije koji je praćen tijekom produkcije animacije te je prikazan i postupak animiranja likova.

3.1. Video produkcija

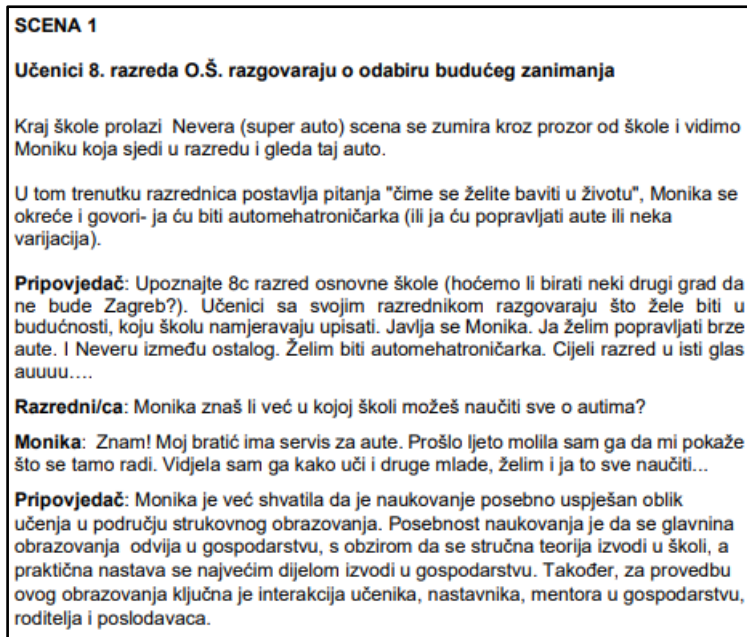
Video produkcija predstavlja skup procesa koji se izvode tijekom stvaranja videozapisa. Proces se može podijeliti u tri glavne faze [8]:

- Predprodukcija
- Produkcija
- Postprodukcija.

3.1.1. Predprodukcija

Tijekom procesa predprodukcije je bilo potrebno analizirati scenarij naručitelja te predložiti rješenja koja bi prepravila probleme predloženog scenarija. Zatim se iz prepravljenog scenarija izradio animatik – videozapis stvoren iz sekvenci slika koje predstavljaju kadrove napravljene u skladu sa scenarijem. Animatik služi kao sredstvo za vizualiziranje kadrova scenarija te omogućuje brzu provjeru ostvarivosti kadrova.

Predložena verzija scenarija je imala definirane likove, dijaloge između njih te dodatnog pripovjedača koji je pojašnjavao događaje.



Slika 1 Isječak iz predloženog scenarija

Na Slici 1 je vidljiv isječak scene 1 iz predloženog scenarija, u kojem se mogu uočiti problemi koje je potrebno prepraviti:

- Pripovjedač objašnjava ono što je vidljivo iz dijaloga između likova, što znači da je pripovjedač (ili dijalog između likova) redundantan i može se izbrisati
- Koriste se točne lokacije i objekti koji se ne smiju koristiti bez licence (Osnovna škola u Zagrebu, Nevera kao automobil)
- Dijalozi su dugi te su zbog toga neprirodni i usporavaju ritam scene.

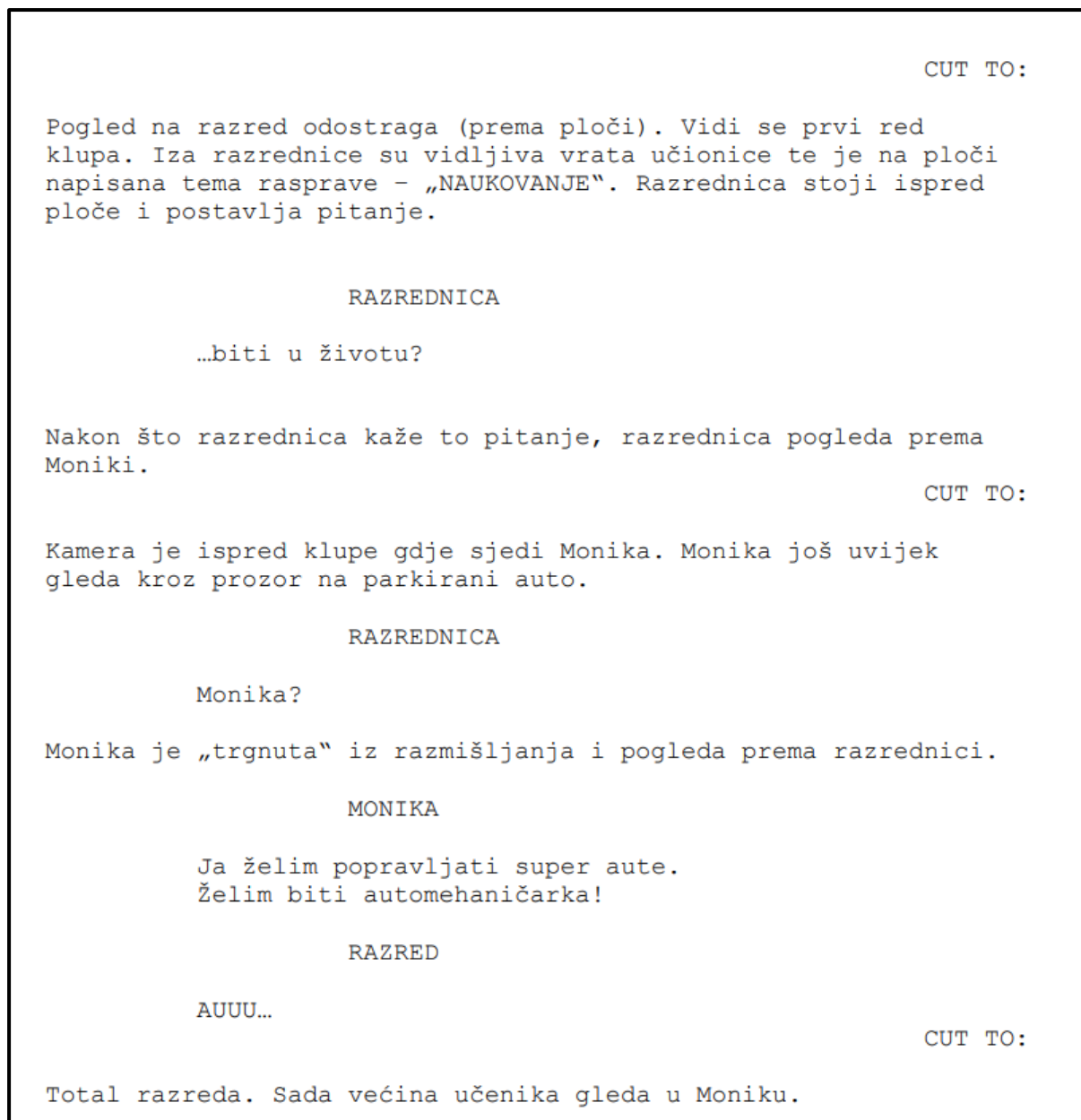
3.1.1.1. Prepravak scenarija

Nakon analize nedostataka, bilo je potrebno ostvariti dogovor oko tehnike izvođenja animacije i oko rješenja dijaloga. Dijalog je napravljen ostavljanjem dijaloga između likova i brisanjem pripovjedača iz scenarija, te se za tehniku animacije odabrala kombinacija 2D i 3D okoline.

Likovi (ljudi) koji su animirani su 2D, a okolina u kojoj se likovi nalaze su 3D. Za broj sličica u sekundi (engl. *framerate*) je izabrano 25FPS (sličica u sekundi), a rezolucija videozapisa je FullHD (1920 x 1080 piksela).

Prije nego što se može započeti daljnji rad na videozapisu, potrebno je uskladiti scenarij i uvesti prepravke. Proces prepravljanja scenarija je bio iterativan te se nakon svake iteracije scenarij prepravljao, kako bi se prepravili problemi nabrojani u poglavlju 3.1.1.

Na Slici 2 se može vidjeti konačna iteracija scenarija, zapisana u standardnom formatu scenarija.



Slika 2 Isječak prve scene u konačnom scenariju

Na Slici 2 se mogu vidjeti rješenja na probleme predloženog scenarija:

- Dijalozi su skraćeni i njihova monotonost je slomljena uvođenjem promjena kadrova
- Korištenjem okoliša (na primer, tekst napisan na ploči) je vizualno dopunjena lokacija i radnja koja se u njoj događa.

3.1.1.2. Izrada animatika

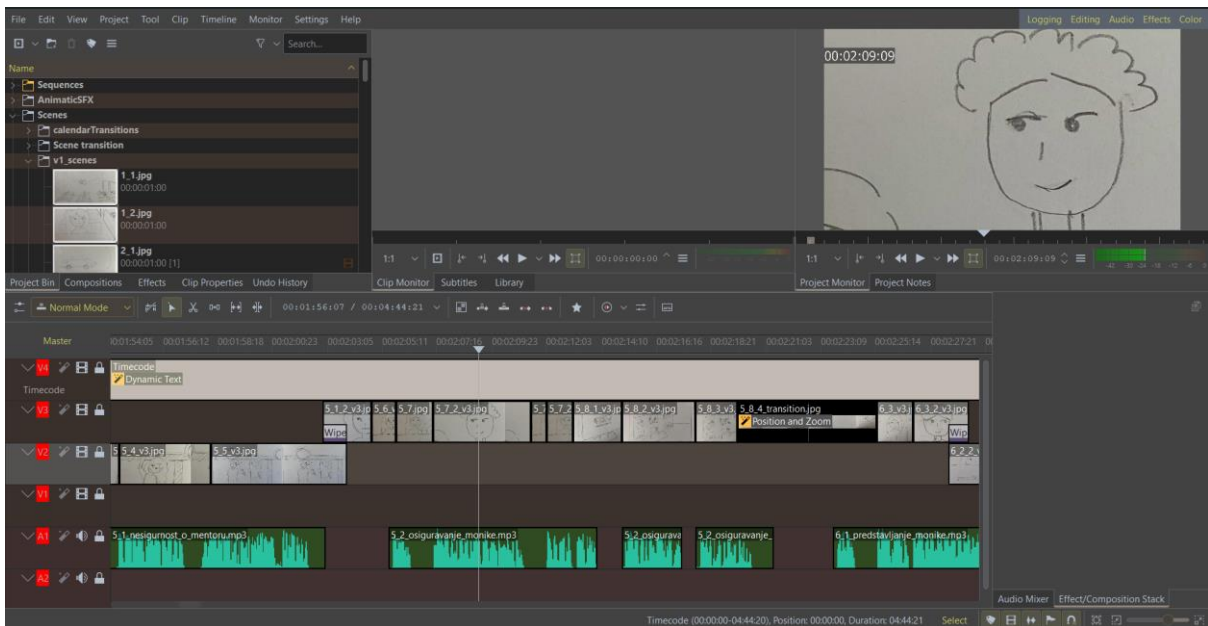
Dok se izrađivao scenarij se paralelno implementirao i animatik u Kdenlive softveru. Animatik i scenarij su sadržajno usklađeni te bilo koja promjena u jednom od dokumenata rezultira odgovarajućim usklađivanjem drugog dokumenta.

Za animatik je bilo potrebno snimiti glasove i napraviti skice kadrova.

Skice kadrova su crtane na papiru te uvezene u Kdenlive kao slike.

Uz slike se u Kdenlive uvoze i glasovi za likove. U ovoj fazi se za izradu (privremenih) glasova koristio online softver TTSTFree, koji pretvara tekst u govor (engl. *text-to-speech*, *TTS*) [9].

Postupak izrade animatika je bio iterativan, gdje se u svakoj iteraciji prepravljao postojeći problem iz prethodne iteracije. Na Slici 3 je vidljiv prikaz izrade animatika u radnom okruženju Kdenlive-a, a na Slici 4 je prikazan primjer kadra u napravljenom animatiku. Za svaku iteraciju animatika se koristila vremenska oznaka (engl. *timecode*), koja omogućuje identifikaciju svake slike u animatiku.



Slika 3 Prikaz animatika u Kdenlive-u



Slika 4 Kadar animatika sa vremenskom oznakom

3.1.1.3. Popisivanje grafike i kadrova

Nakon što je animatik završen, mogao se započeti rad na testnom kadru, u kojem bi se provjerila izvedivost predložene implementacije animacije. Nakon izvođenja testnog kadra, konačni animatik se prikazuje naručiteljima kako bi se dobila potvrda zadovoljenosti naručiteljevih zahtjeva.

Prije nego što se započne izrada testnog kadra, bilo je potrebno popisati kadrove i objekte koji se pojavljuju u kadrovima.

Izradom popisa se olakšava praćenje toka izrade kadrova i objekata tijekom produkcije. Popis kadrova i objekata je napravljen u softveru Google Tablice te je dijeljen između članova tima koji su sudjelovali u produkciji videozapisa.

Broj kadra	Započinje u	Lokacija	Tip lokacije (INT/EXT)	Scena sanjarenja (d/n)	Tip kadra	Opis
1	00:05:00	Monikin razred	INT	n	total	Učenici gledaju prema ploči. Monika gleda prema ploči pa kroz pi
2	00:10:18	Monikin razred	INT	n	srednje širok	Monika sjedi za klupom, gleda kroz prozor.
3	00:13:12	Monikin razred	INT	n	total	Prikaz auta koji Monika gleda. (Ulica preko puta)
4	00:17:01	Monikin razred	INT	n	širok	Razrednica postavlja pitanje i proziva Moniku.
5	00:19:14	Monikin razred	INT	n	srednje širok	Monika sjedi za klupom, odgovara na pitanje razrednice ("Što žel
6	00:27:24	Monikin razred	INT	n	total	Učenici gledaju u Moniku i komentiraju njen odgovor uzvikom ("A
7	00:29:09	Monikin razred	INT	n	širok	Razrednica pita Moniku gdje može naučiti o autima.

Slika 5 Popis kadrova

Na Slici 5 se može vidjeti popis svih kadrova. Za svaki kadar je dodijeljen broj koji se koristi u nazivanju kadrova tijekom produkcije, te su opisana svojstva koja definiraju taj kadar, kao što su: lokacija, vremenska oznaka početka i tekstualni opis. Bojanjem brojeva kadrova se omogućuje praćenje kadrova koji su završeni (zeleno), u tijeku izrade (narančasto) i koji još nisu napravljeni (bijelo).

Za svaki kadar su se zatim popisali objekti i likovi koji se tamo pojavljuju, što je vidljivo na Slici 6.

Broj kadra	Opis	Lokacije	Objekti	Pozadine
1	Total razreda	(torso, glava, oči)		
		Monikin Razred	Monikin razred, interijer školska klupa Prozori ukras stolica ormar prozor pozadinski učenici osvjetljenje	Pozadinske zgrade stablo Ulica u okolini škole- ext.
2	Monika gleda kroz prozor	Monikin razred	Monikin razred, interijer školska klupa Prozori ukras stolica ormar	
5	Monika sjedi za klupom, odgovara na pitanje			
8	Monika govori o servisu bratice			

Slika 6 Popis likova i objekata u kadru 1, 2, 5 i 8

Istim postupkom su se popisali svi objekti i likovi koji se pojavljuju u animaciji te njihova svojstva.

	A	B
1	lik	Monika (tinejdžer)
2	posebni elementi glave	-
3	visina lika (u m)	1,6
4	kosa	zlatna, kovrčava, duga
5	predmeti koje koriste	papir(ispit), viličasti ključ
6	odjeća gornja	bijela majica
7	odjeća donja	traperice
8	varijacije odjeće	plavi radni kombinezon, bijela majica sa autićem (boja autića ide na narančastu)
9	obuća	tenisice
10	default ruke	spuštena uz tijelo
11	ruke - držanje	papir(lijeva ruka), viličasti ključ (desna ruka, lijeva ruka),
12	ruke - korištenje	rukovanje (desna ruka), popravljanje auta (desna ruka)
13	usta - izrazi	nasmiješena, zamišljena, neutralna
14	usta - animiranje govora (d/n)	d
15	boja očiju	plava
16	treptanje očima (d/n)	d
17	cijelo tijelo vidljivo (d/n)	d
18	rotacija lika	poluprofil i odostraga
19	Karakter lika	
20	Posebne Napomene	#Za Moniku (s autićem) napraviti varijantu gdje su noge u sjedećoj pozi
21	Preostalo	Napraviti Moniku (majica s autićem), pogled s leđa
22		

Slika 7 Popis likova

Na Slici 7 se mogu vidjeti opisi likova koji se pojavljuju u animaciji. Definiranjem svojstava likova (visina, kosa, varijacije) se može omogućiti praćenje odnosa izgleda likova i jasnije definicije svih mogućih varijanti likova koje se trebaju pojaviti u animaciji.

Naziv	Opis	Vrsta	Složenost	varijacije	Što varira
Radionica izvana	Model radionice izvana. Uključuje znak radionice, vrata i neke elemente interijera	objekt	Složeno	1	
Radionica iznutra	Unutarnji zidovi radionice	objekt	složeno	1	
Vrata radionice	Vrata radionice	objekt	Jednostavno	1	
Pozadinski Viličasti ključ	Model viličastog ključa - vidljiv na Monikinom stolu i kao "logotip" radionice	objekt	Jednostavno	2 veličina	
Stol	Stol unutar radionice. Sličan školskoj klupi, ali bez prednjeg dijela koji pokriva noge	objekt	Jednostavno	1	
Računalna oprema (dijagnostički uređaj)	Uređaj na ormariću, koji se koristi za dijagnozu stanja automobila. Nalazi se unutar radionice.	objekt	Složeno	1	

Slika 8 Popis objekata

Na Slici 8 je prikazan tablični opis svih objekata koji se trebaju izraditi. Definirana su svojstva objekta, njegova složenost te varijacije koje je potrebno napraviti.

Naziv fonta	lokacija korištenja
Verdana	E-naukovanje logotip
	Glavna stranica E-naukovanje
	Popis radionica E-naukovanje
	Opis mentora E-naukovanje
	Popis ocjena mentorove radionice
	TO-DO Lista
	Pozivni ekran
Bradley hand	Majstorski ispit
	školska ploča
	kalendar

Slika 9 Popis korištenih fontova

Na Slici 9 je prikazan tablični zapis kojim se definira koji se fontovi koriste za određene objekte.

1	Naziv	Zoom	Prednji plan	Pozadinski plan
2	Lukina radionica - ext.	ne	Osobe u dijalogu	Radionica izvana
3				Zid
4				Nebo
5				Pozadinske zgrade
6				Pozadinski Viličasti ključ
7				Gume
8				Automobil
9				Dizalica za aute
10				

Slika 10 Opis scena koje je potrebno izraditi

Na Slici 10 je vidljiv primjer popisa scena, u kojem su objekti koji se pojavljuju u scenama organizirani u prednje i pozadinske planove. Organiziranjem objekata u prednje i pozadinske planove je omogućeno definiranje ključnih objekata koji se trebaju prvi vidjeti u kadru.

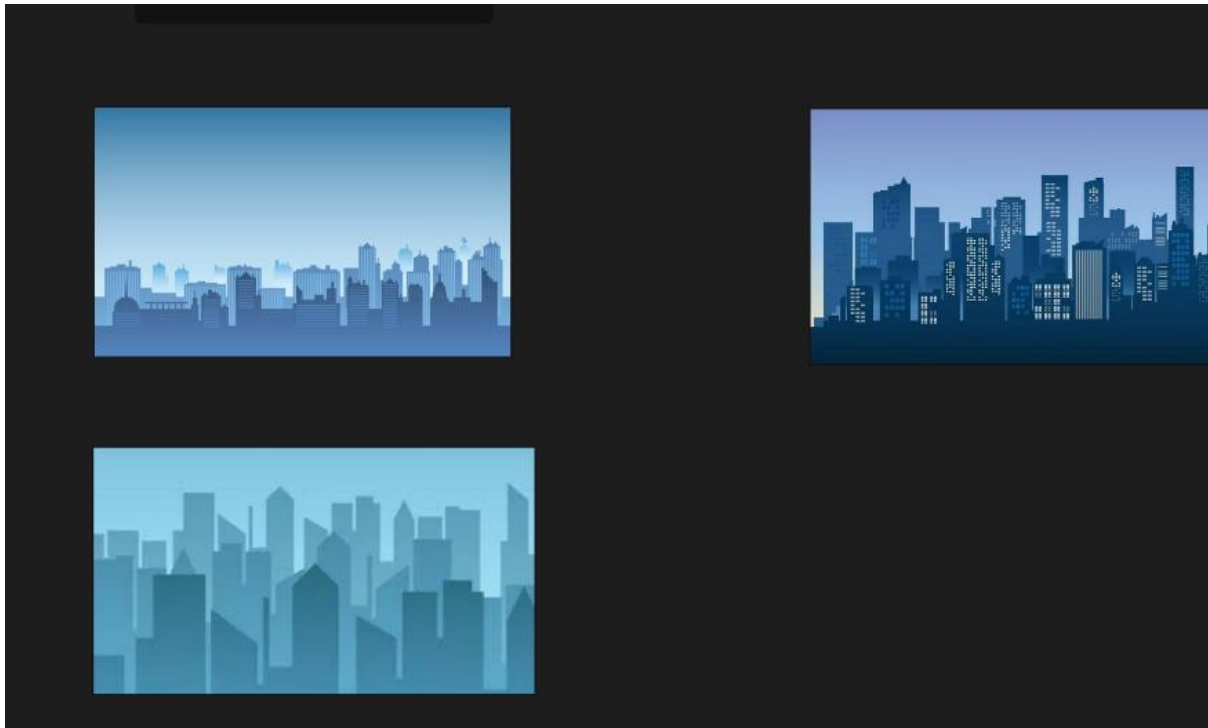
3.1.2. Produkcija

Nakon što su popisani objekti, može se započeti postupak produkcije kadrova. Proces izrade kadrova će biti opisan pomoću testnog kadra, koji se izradio prije nego što se nastavio postupak produkcije ostalih kadrova.

3.1.2.1. Izrada kadrova

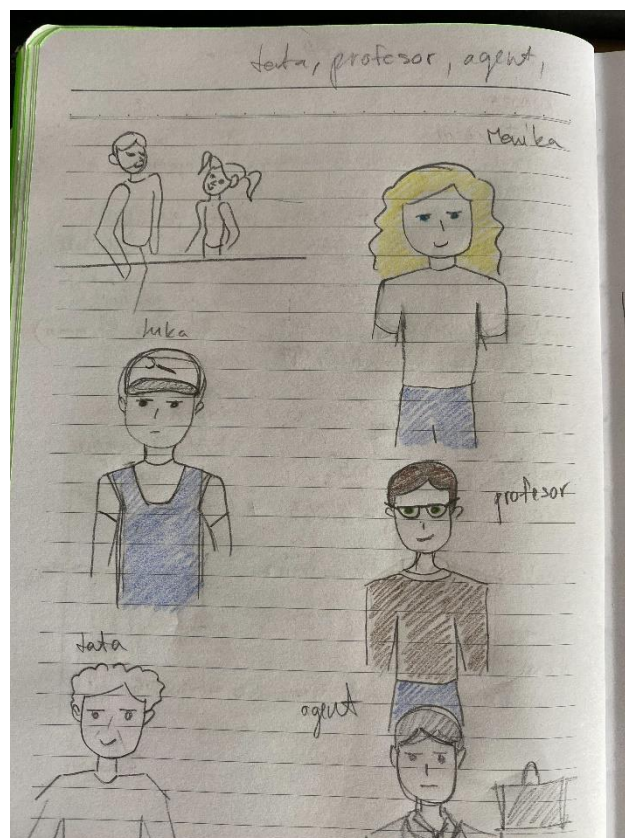
Izrada testnog kadra je bio iterativan proces koji se sastojao od izrade objekata i likova te njihove pripreme i ugrađivanja u scenu, nakon čega su se odgovarajući objekti kadra animirali.

Prije izrade likova i objekata, prvo su se pronalazili referentni objekti temeljem kojih se izrađuje *moodboard* – organizirani skup slika, uzoraka i teksta, koji služi kao referenca za prenošenje ideja o nekoj temi. Tijekom produkcije se *moodboard* stvarao za sve objekte koji su se pojavljivali u konačnom proizvodu te je služio kao sredstvo za inspiriranje dizajna objekata.



Slika 11 Moodboard za pozadinski grad u testnom kadru

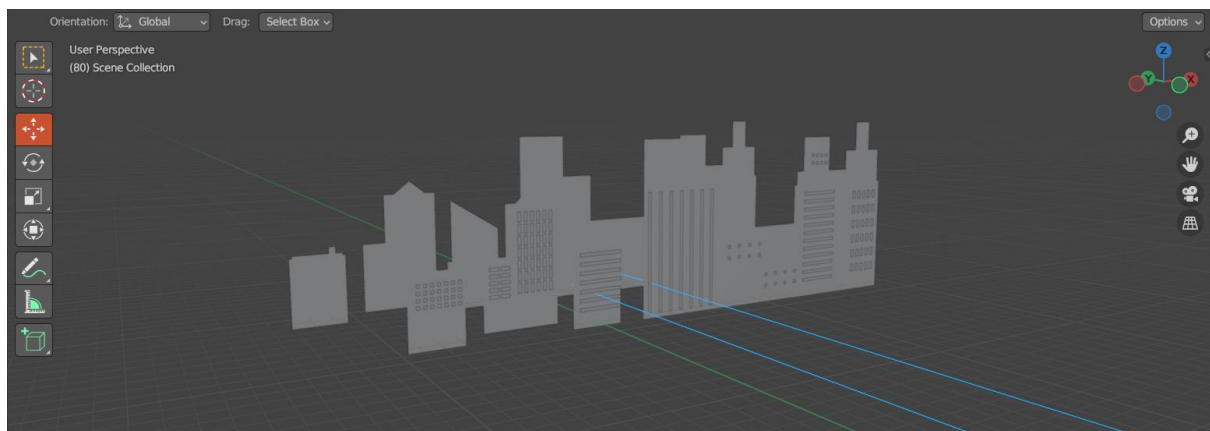
Na Slici 11 se može vidjeti primjer moodboard-a koji se koristio prilikom izrade modela pozadinskih zgrada.



Slika 12 Skice likova

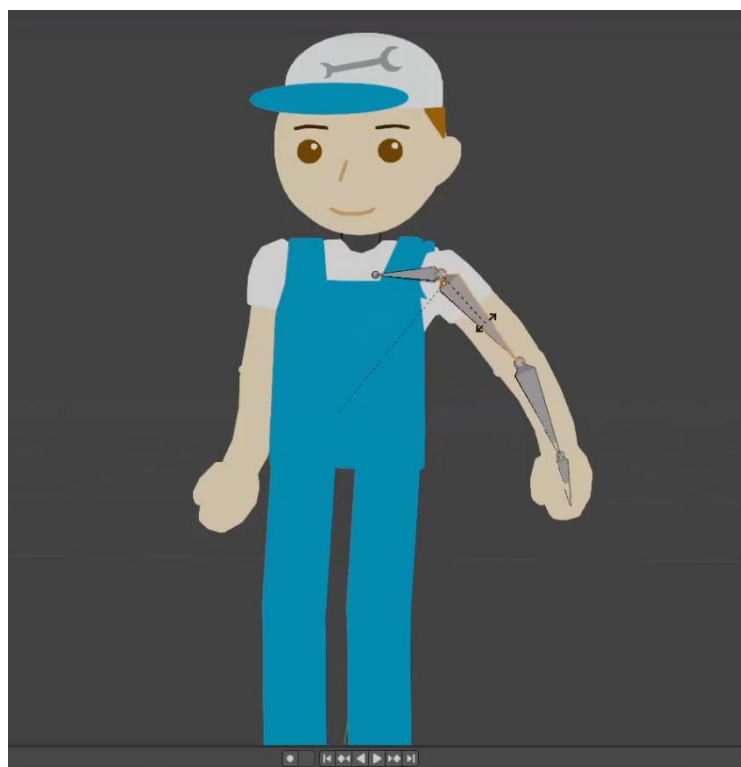
Na Slici 12 se mogu vidjeti skice likova koje će se izraditi za kadar.

Nakon pronalazaka objekata, započet je rad na stvaranju objekata. Na Slici 13 se može vidjeti model pozadinskih zgrada, stvoren za testni kadar.



Slika 13 Slika pozadinskih zgrada u Blenderu

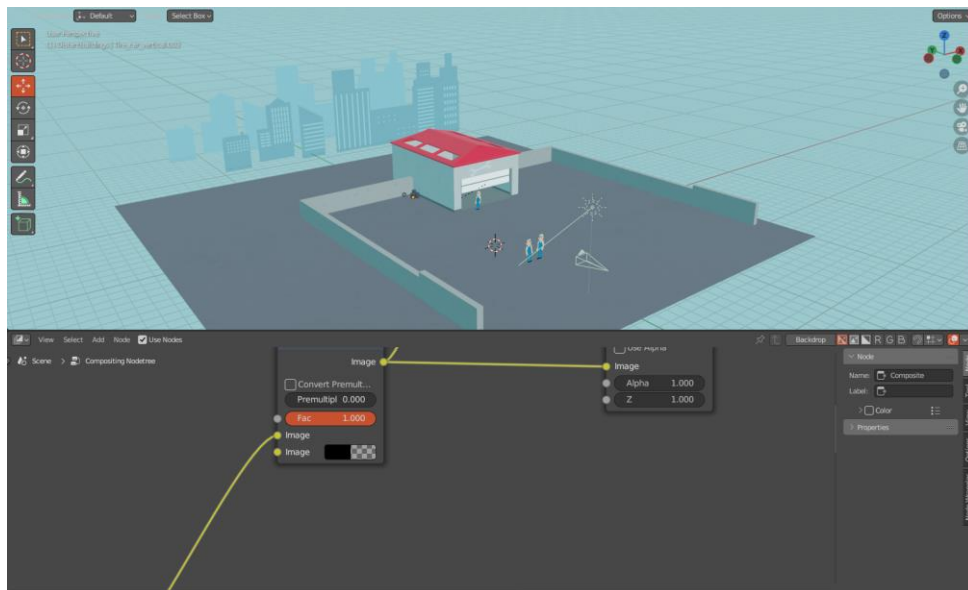
Proces dizajniranja likova se također izvodio paralelno uz izradu objekata. Likovi su se crtali u softveru Krita te su se uvozili u Blender, gdje su se pripremali za animiranje i animirali.



Slika 14 Priprema lika za animiranje

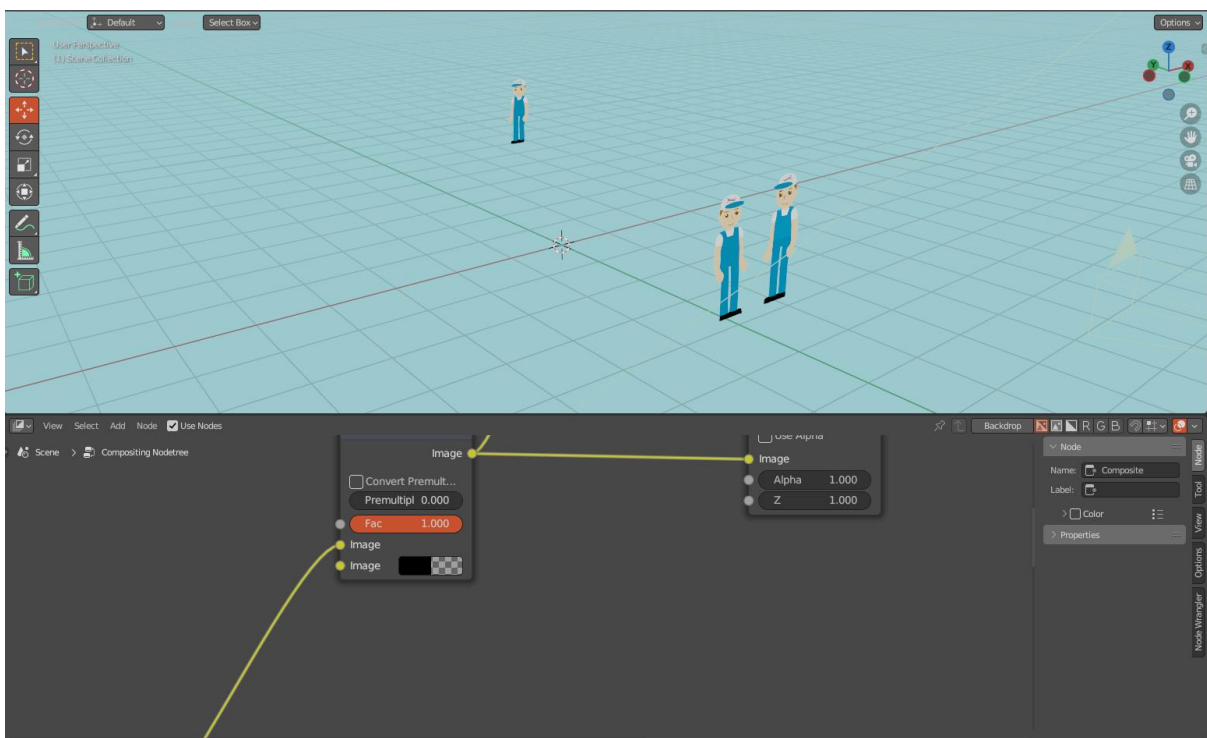
Na Slici 14 se može vidjeti prva iteracija uvezenog modela lika iz Krite, koji se priprema za postupak animiranja.

Nakon modeliranja objekata i likova, počeli su se postavljati u kadar. Prva iteracija scene kadra je vidljiva na Slici 15.

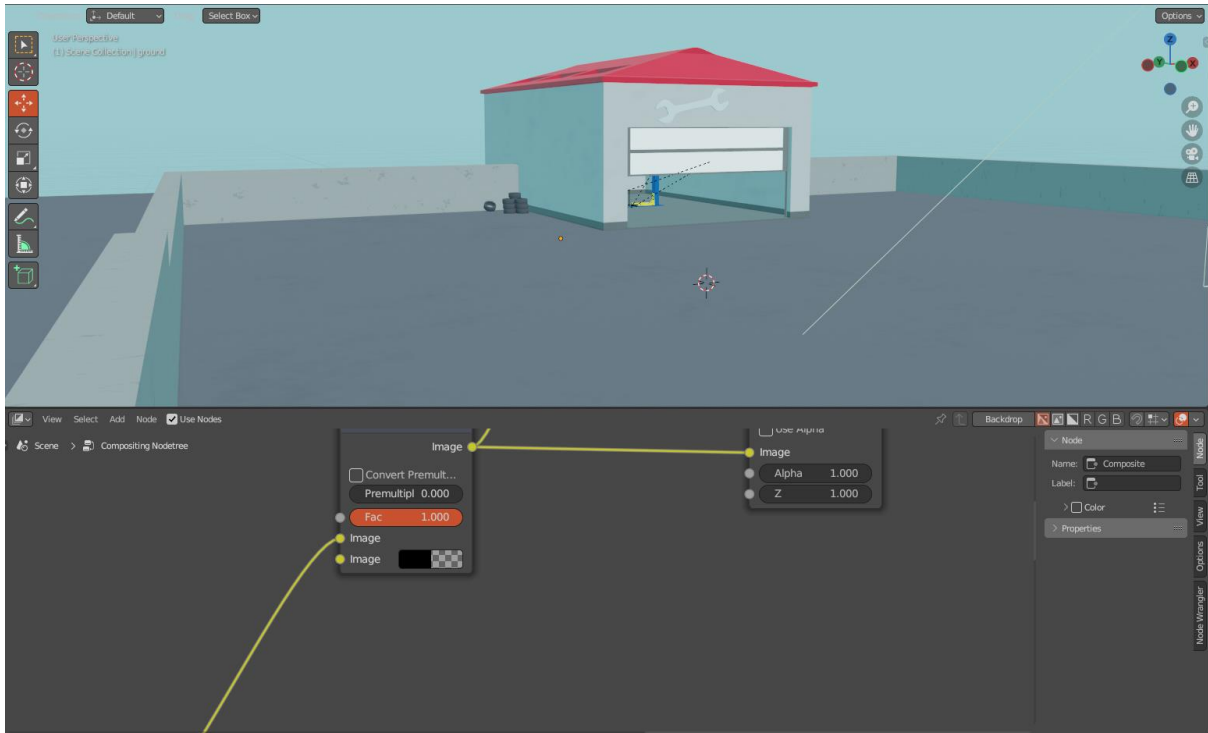


Slika 15 Prva iteracija testnog kadra

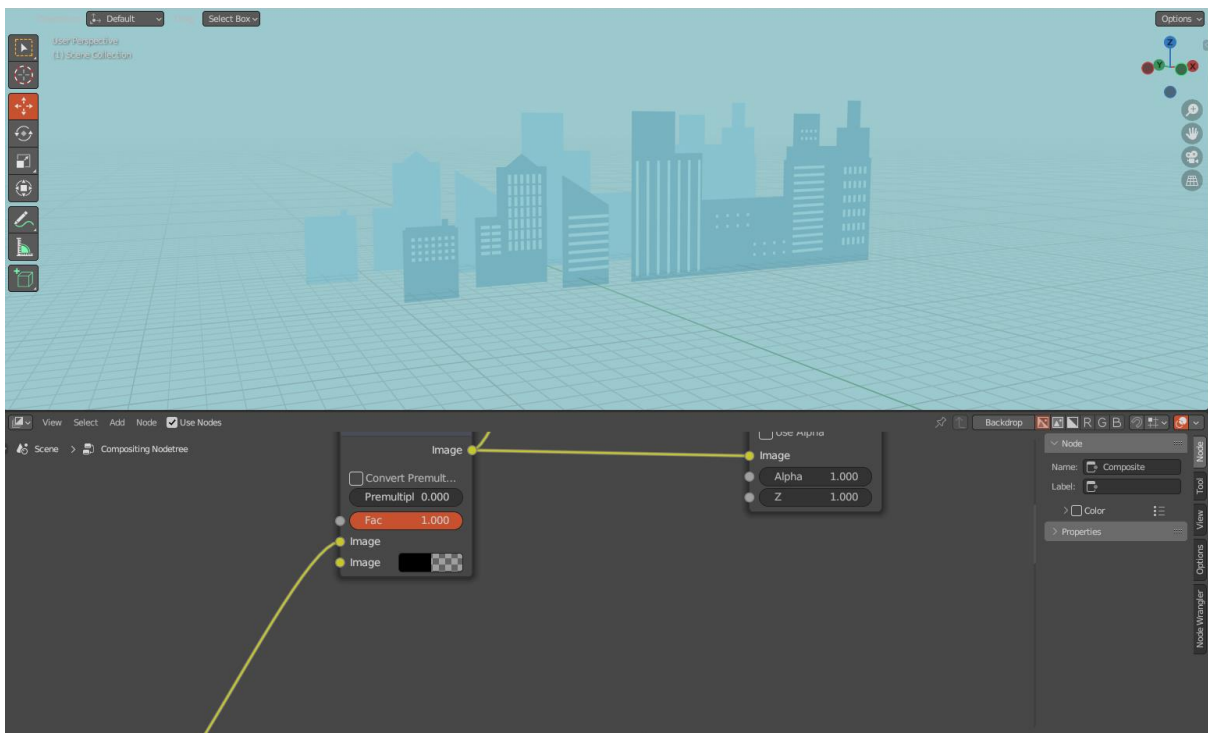
Kako bi se optimizirao proces renderiranja, kadar je napravljen u više slojeva te se svaki sloj renderira zasebno i spaja u procesu montaže (engl. *compositing*). Na slikama 16,17,18 su prikazani slojevi u koje je podijeljen testni kadar – „prednji plan“ koji sadrži likove i objekte s kojima oni vrše interakciju, „stražnji plan“ koji sadrži 3D pozadinske objekte te „pozadinski plan“ koji sadrži udaljene 2D pozadinske objekte.



Slika 16 Likovi su dio prednjeg plana



Slika 17 Radionica kao dio stražnjeg plana



Slika 18 Zgrade kao dio pozadinskog plana

Testni kadar se renderirao u više iteracija, te se u svakoj iteraciji izvode prepravci u skladu sa problemima kadra. Problemi u iteracijama uključuju:

- Prevelik slobodan prostor u kadru
- Loše korištenje boja (kontrast koji odvraća pažnju od glavnih objekata prednjeg plana)
- Boje koje ne predstavljaju objekte kakvi su u prirodi ili dočaravaju krivi dojam
- Neispravan odnos visina objekata
- Loše definirane oči likova, koje zbunjuju gledatelja.

Na Slici 19 je prikazana prva iteracija testnog kadra, koja odražava probleme napomenute iznad.



Slika 19 Prva iteracija testnog kadra

Na kadru je vidljiv problem boja - siva boja u pozadini rezultira stvaranjem „tmurnog“ dojma animacije, a stražnji plan (koji je plavo obojan) dodatno zbunjuje gledatelja zbog monotonih boja koje ne odgovaraju objektima u stvarnom okolišu (na primjer, asfaltni pod bi trebao biti sive boje, a ne plave boje).

Problemi boja i odnosa objekata su prepravljani u sljedećim iteracijama, što je vidljivo na Slici 20. Također je važno napomenuti kako viličasti ključ prikazan na Slici 20 „uzima“ previše pažnje gledatelju te se treba smanjiti kontrast boja, kako bi se gledatelj fokusirao na objekte prikazane u prednjem planu.



Slika 20 Druga iteracija testnog kadra

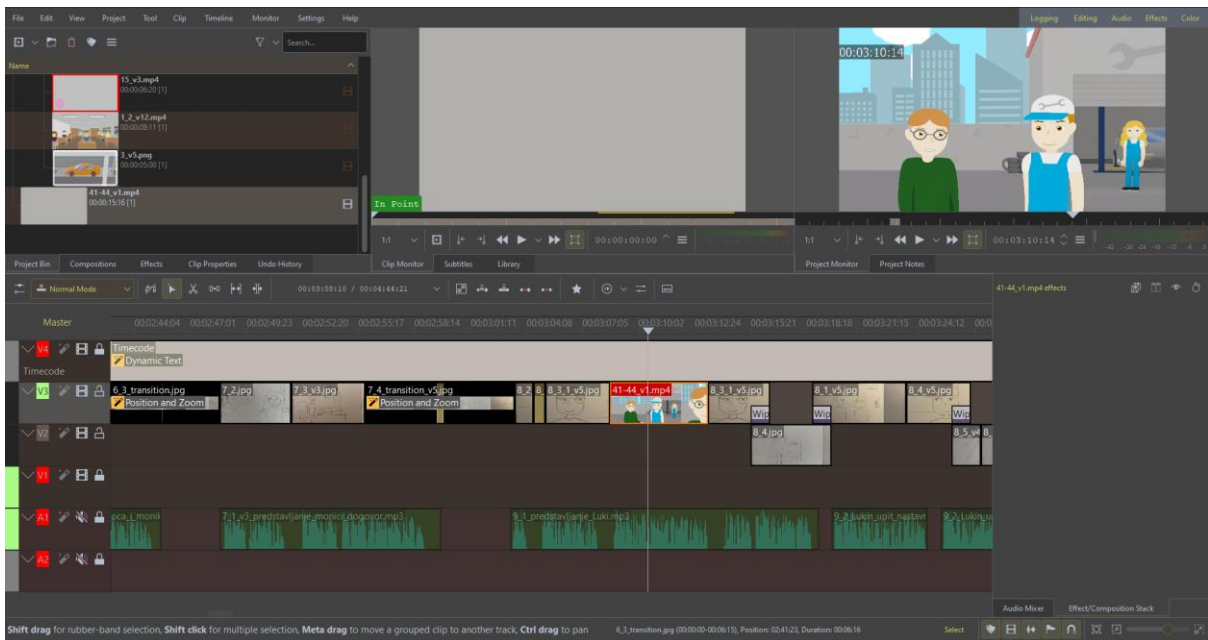
Naposljetku se prepravljaju problemi likova uvođenjem boljih očiju te dodavanjem efekata „dubine“ pomoću sjena na likovima. Na Slici 21 je prikazana konačna iteracija testnog kadra, u kojoj su popravljene napomenuti problemi.



Slika 21 Konačna iteracija testnog kadra

Postupak izrade preostalih kadrova je sličan postupku opisanom iznad.

Na kraju izrade svake iteracije kadra, taj se kadar renderira te se postavi na odgovarajuće mjesto u animatiku. Kadar se ugrađuje unutar Kdenlive softvera, što je vidljivo na slici 22.



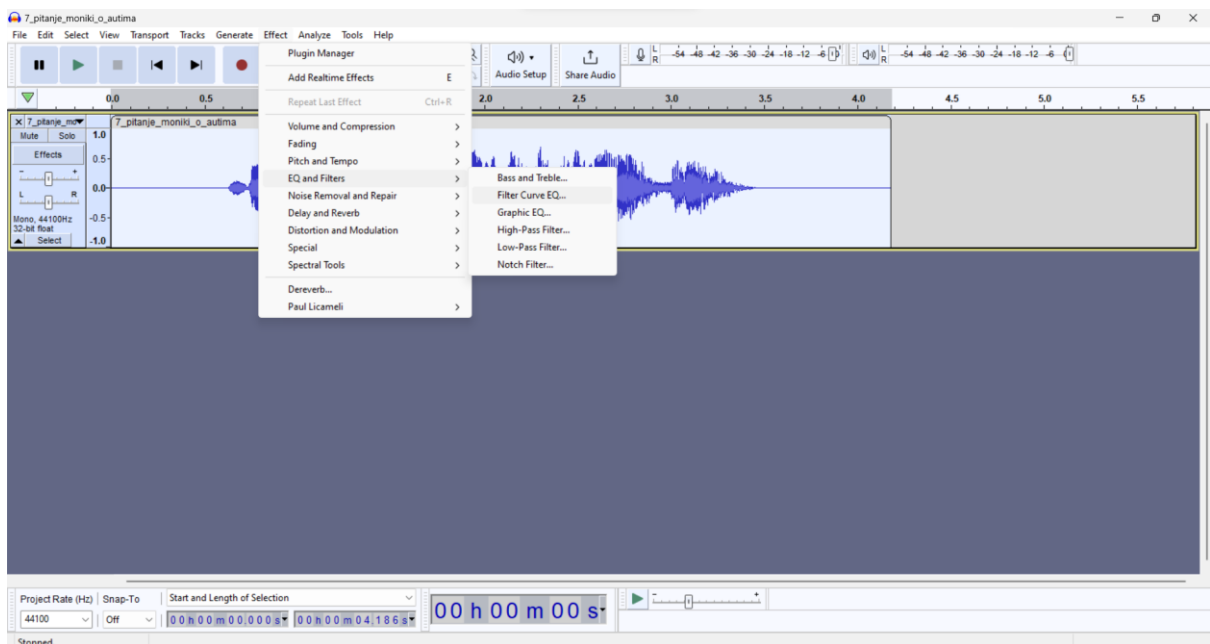
Slika 22 Ugrađivanje testnog kadra u animatik

3.1.2.2. Snimanje glasova

Tijekom produkcije su se snimali glasovi koji će zamijeniti privremene glasove u animatiku. Glasovi su snimani uživo pomoću mobilnog uređaja te su obrađeni u Audacity softveru.

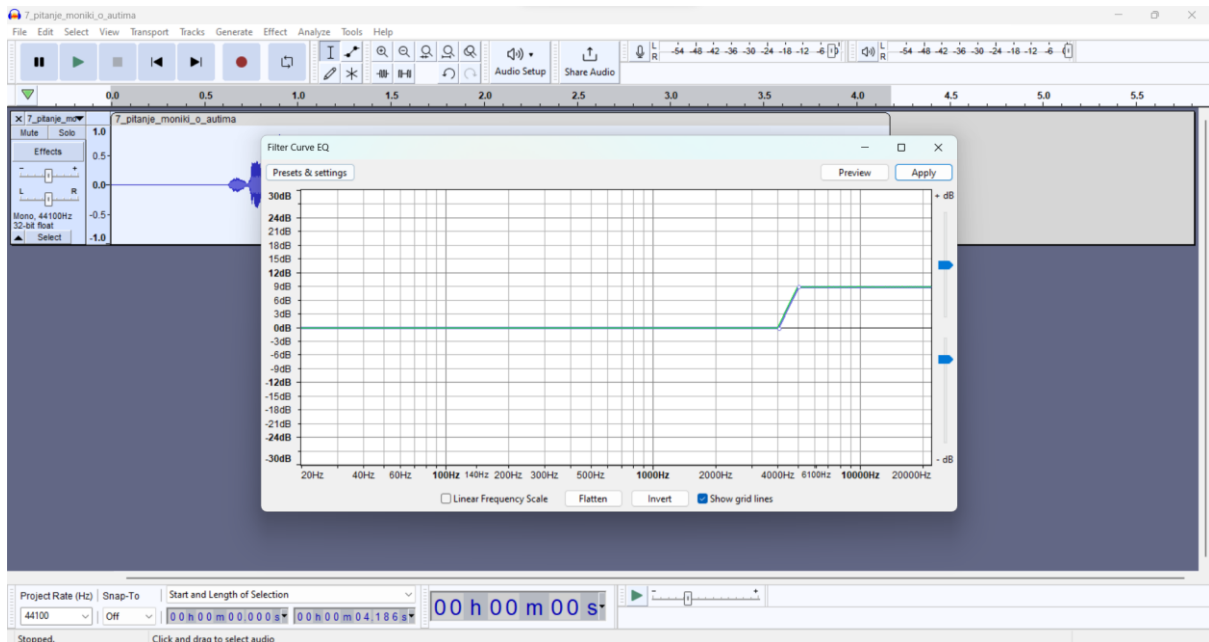
Audacity se koristio za uklanjanje šuma iz snimke te za poboljšavanje jasnoće glasa korištenjem alata za izjednačavanje frekvencija (engl. *equaliser*, *EQ*). Cilj obrade zvuka je bio poboljšanje jasnoće glasa, kako bi dijalozi u animaciji bili jasno razumljivi u jednom gledanju.

Na Slici 23 je prikazano sučelje u Audacity-u, pomoću kojeg se uređuje zvuk.



Slika 23 Sučelje Audacity-a

Na zvuk se primijeni EQ efekt, kojim se poveća intenzitet visokih i niskih frekvencija, što povećava jasnoću glasa. Na slici 24 je vidljiv EQ efekt kojim se povećavaju visoki frekvencija.



Slika 24 Povećanje intenziteta visokih frekvencija

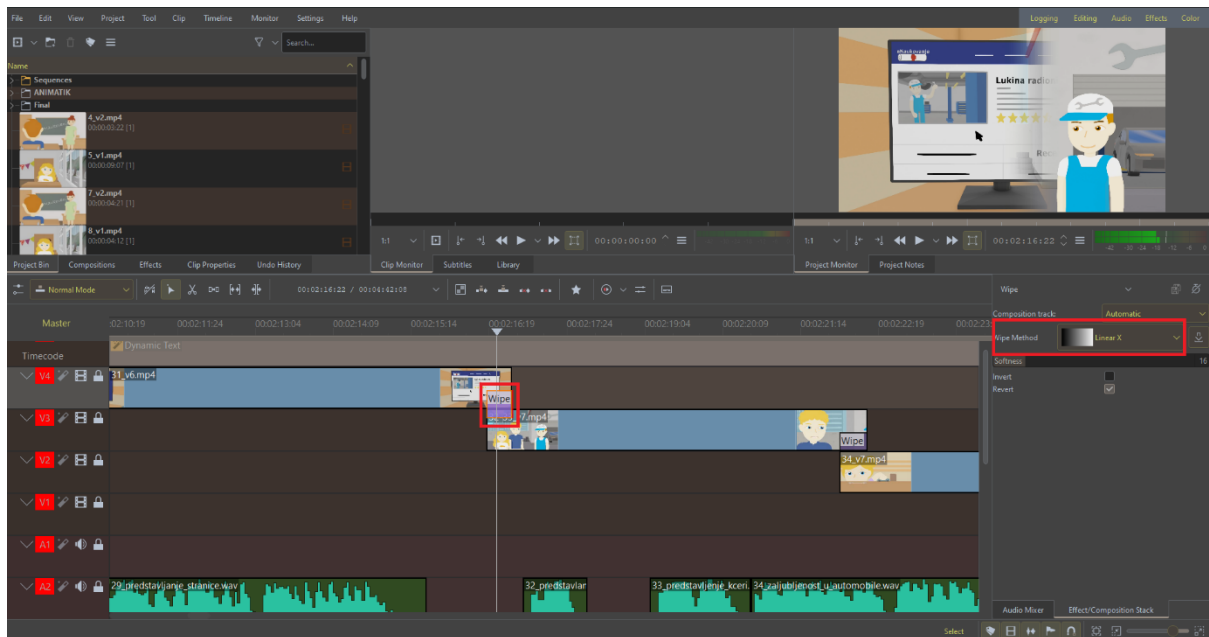
Obrađeni zvuk se zatim ugrađuje u Blender, gdje se pomoću zvuka animiraju usta. Naposljetku se obrađeni zvuk ugrađuje u animatik u Kdenlive softveru, uz kadar koji je animiran u Blenderu.

3.1.3. Postprodukcija

Nakon što su kadrovi napravljeni, mogu se ugraditi na svoje odgovarajuće mjesto u animatiku te se izvršava proces montaže i namještanja tranzicija između kadrova.

3.1.3.1. Stvaranje tranzicija

Nakon što se kadrovi ugrade u Kdenlive, u skladu sa scenarijem se postavljaju tranzicije koje naglašavaju promjenu između scena. Na Slici 25 se može vidjeti definiranje tranzicije klizanja (engl. *slide*), koja predstavlja izmjenu između scena.

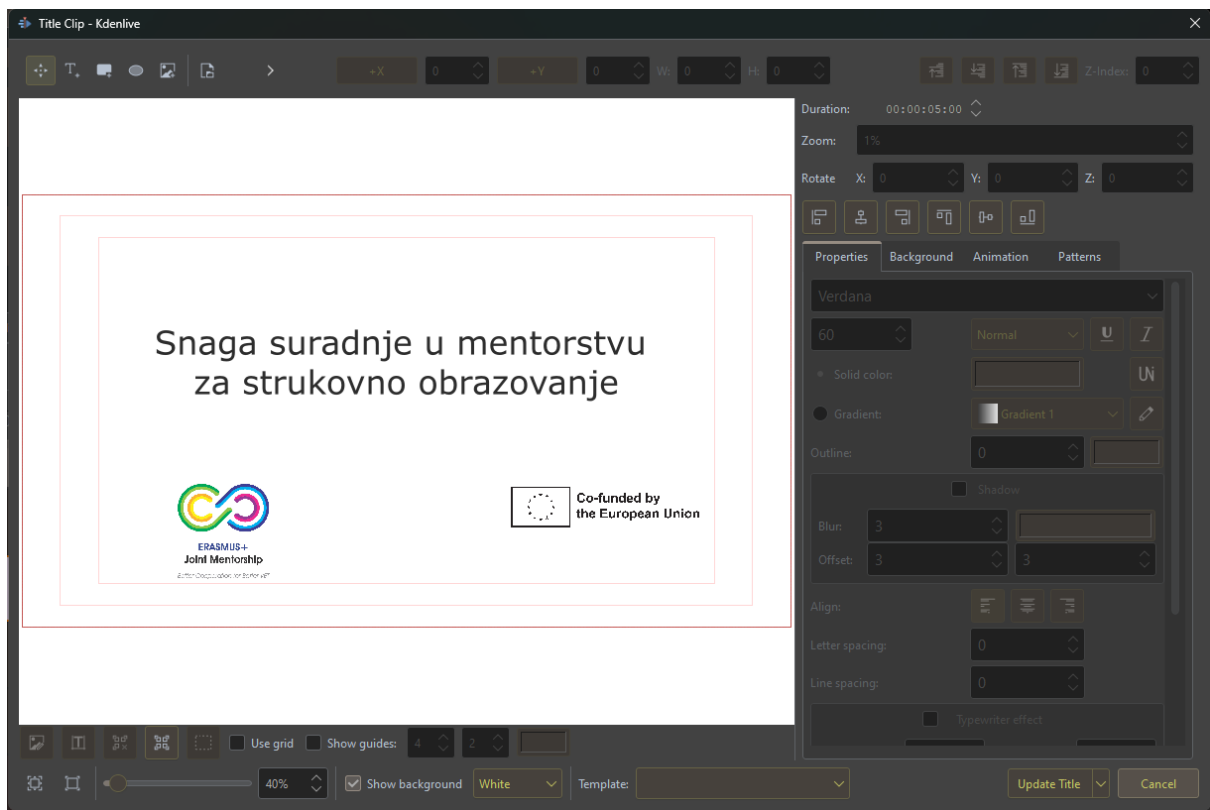


Slika 25 Stvaranje tranzicija između scena

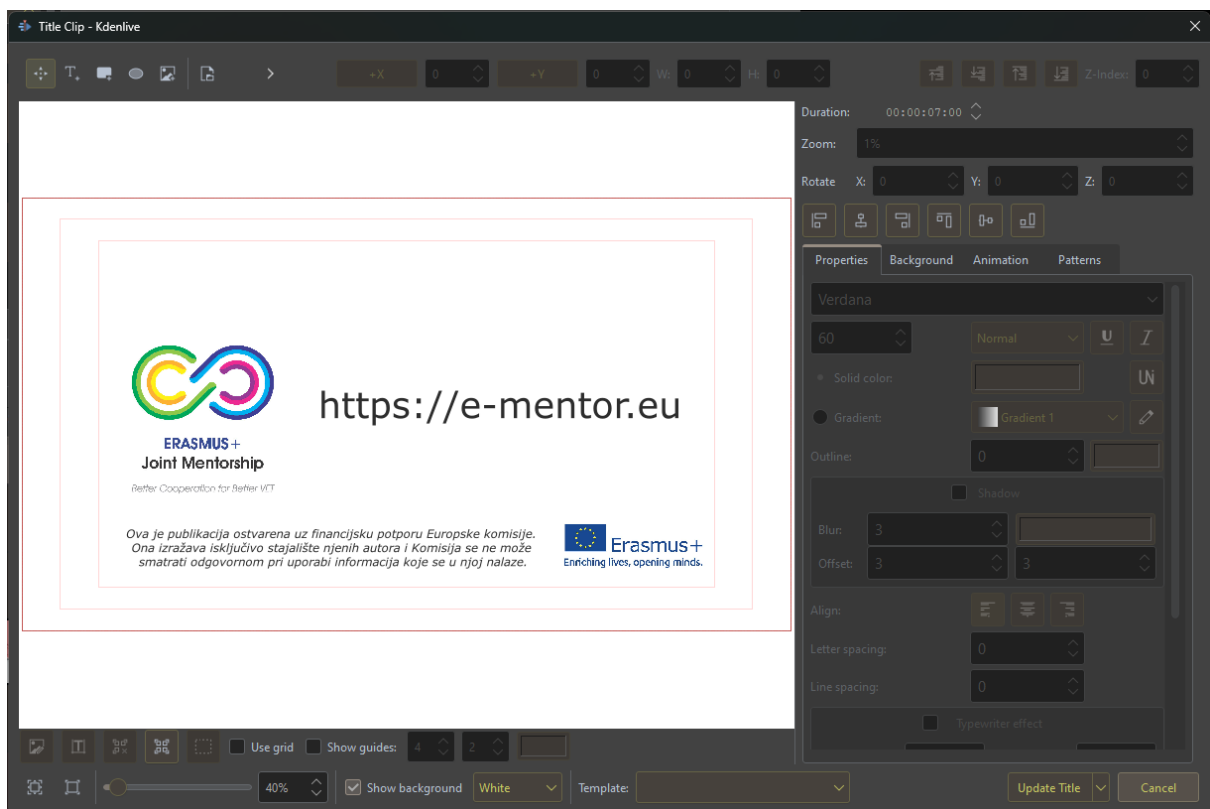
Istim postupkom se stvaraju i radijalne tranzicije između kadrova, koje predstavljaju tranziciju između scena vizualizacije, odnosno scena „sanjarenja“.

3.1.3.2. Stvaranje uvodnih kadrova

U ovoj fazi se stvaraju uvodni i završni kadrovi koji prikazuju nužne podatke – naslov, logotip naručitelja, poruku i završnu listu zasluga (engl. *credits*). Budući da su ti kadrovi statični, mogu se stvoriti u Kdenlive-u pomoću „Create Title“ alata.



Slika 26 Alat za stvaranje naslova, uvodni naslov



Slika 27 Alat za stvaranje naslova, završni sadržaj

Na Slici 26 je vidljiv uvodni naslov koji se prikaže na početku animacije. Uvodni naslov sadrži naslov te logotip projekta i sponzora. Budući da je naslov animacije glavni element, potrebno je povećati font naslova, a logotipove smanjiti na način da ostanu čitljivi.

Slika 27 prikazuje završni sadržaj koji pokazuje logotip projekta i poveznicu na web stranicu. Budući da su to ključni elementi završnog naslova, bilo ih je potrebno naglasiti veličinom i tako osigurati da ih gledatelj prvo pogleda. Ostali elementi, koje je bilo nužno postaviti su po veličini manji nego ključni elementi.

3.1.3.3. Ugrađivanje zvuka

U fazi postprodukcije se također i ugrađuju glasovi, zvučni efekti i glazba. Zvučni efekti uključuju ambijentalne zvukove okoliša, kreativne efekte i zvučne efekte korištene pri interakciji sa objektima. Svi zvučni efekti su preuzeti sa web stranice Freesound [10], a glazba je preuzeta sa stranice Freepd [11].

Implementacija zvuka u animatik je ostvarena pomoću Kdenlive softvera, u koje je ugrađeno više slojeva zvučnih efekata. Ukupno je definirano 10 zvučnih slojeva.

Prva dva sloja se koriste za glasove te su oni najglasniji u usporedbi sa preostalim slojevima. Nakon njih slijede 3 sloja namijenjena ambijentalnim zvukovima, koji predstavljaju zvukove koji bi se čuli u lokacijama u kojima se izvodi radnja.

Sloj 6 se koristi za zvučne efekte koji se koriste za predstavljanje rezultata interakcije likova s objektima (na primjer zvuk podizanja papira).

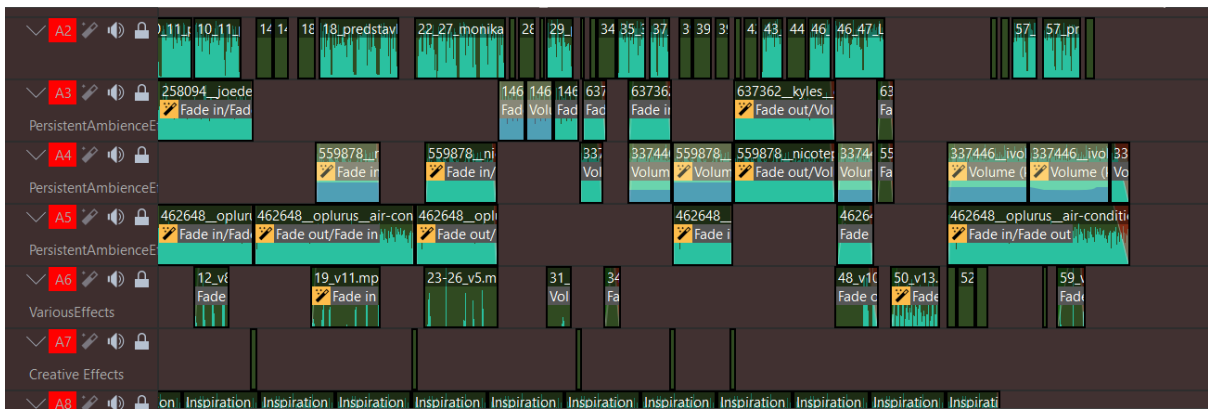
Sloj 7 se koristi za kreativne efekte koji dodatno naglašavaju radnju. U slučaju trenutne animacije, taj sloj je rezerviran za zvukove tranzicija.

Slojevi 8, 9 i 10 se koriste za glazbu. Glazba je u softveru podijeljena na više dijelova – uvod, završetak i petlju koja se ponavlja kroz animaciju. Izmjene između vrste glazbe su postignute *crossfade* efektom. Implementacija *crossfade* efekta je vidljiva na Slici 28.



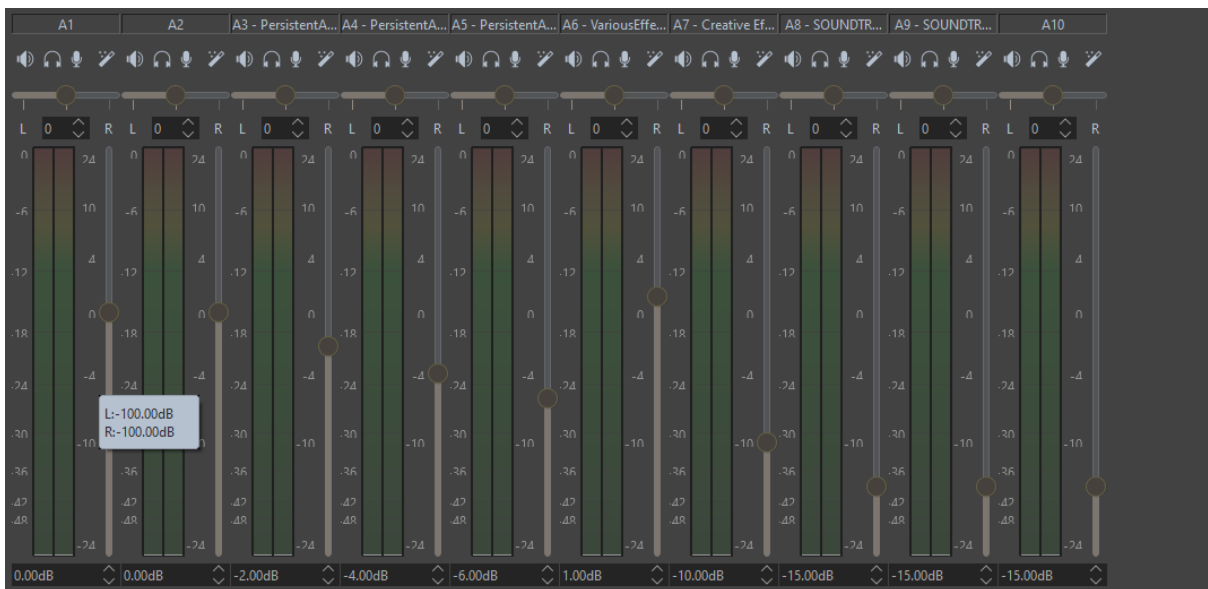
Slika 28 Implementacija *crossfade* efekta

Isječak vremenske linije Kdenlive-a u kojoj se vidi projekt je vidljiv na Slici 29.



Slika 29 Isječak vremenske linije Kdenlive-a, koja pokazuje zvučne efekte

Nakon ugrađivanja zvukova, zvuk je bilo potrebno balansirati [12]. Balansiranje zvuka je postignuto u Kdenlive-u. Na Slici 30 je vidljiva definicija glasnoća po zvučnim slojevima.



Slika 30 Glasnoće zvučnih slojeva

Zvučni slojevi koji sadrže glasove (slojevi 1 i 2) su najglasniji te je njihova glasnoća ostavljena na 0 dB (decibela).

Nakon toga slijede zvučni efekti sloja 6, čija glasnoća je postavljena na 1 dB.

Ambijentalni zvučni efekti (slojevi 3,4,5) imaju definiranu glasnoću kao -2, -4 i -6 dB.

Glazba, koja je postavljena u slojevima 8, 9 i 10, je najtiša te je postavljena na -15 dB.

Nakon što su ugrađeni zvukovi, animatik je postavljen u finalnu fazu te se mogao započeti proces renderiranja konačnog videozapisa.

3.2. Animiranje likova

U ovom poglavlju je prikazana teorijska podloga koju je važno razumjeti i primijeniti u procesu animiranja likova. Nakon pojašnjenja teorijske podloge, prikazati će se proces animiranja likova u dva kadra.

3.2.1. Teorijska podloga animiranja likova

U ovom poglavlju su opisani teorijski koncepti, koji su bili ključni za animiranje likova.

3.2.1.1. Animacija i rigging

Animacija je postupak koji omogućuje pomicanje objekta ili njegovu promjenu kroz vrijeme. Objekti se mogu animirati na više načina [13]:

- Pomicanjem objekta, što mijenja njegovu poziciju, veličinu i rotaciju kroz vrijeme
- Deformiranjem objekta
- Naslijeđenom animacijom koja uzrokuje kretanje jednog objekta pomicanjem drugog.

Kako bi se omogućilo animiranje objekta, prvo ga je potrebno pripremiti. Objekt se priprema za animaciju pomoću procesa znanog kao *rigging* [13].

Proces *rigging*-a uključuje više funkcionalnosti, od kojih su sljedeće korištene prilikom animiranja likova:

- Armature
- Ograničenja (engl. *constraints*).

3.2.1.2. Armatura

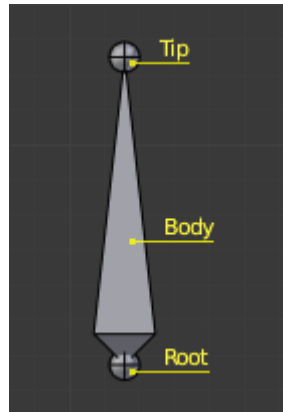
Armatura predstavlja skup kostiju koje imitiraju ponašanje stvarnog kostura. Armatura se sastoji od međusobno povezanih kostiju. Svaka kost je vezana za određeni objekt ili dio objekta, zbog čega pomicanje kosti rezultira pomicanjem i deformiranjem objekta koji je za nju vezan [14].

3.2.1.3. Kost

Kosti predstavljaju osnovne elemente od kojih se armatura sastoji. Svaka kost se sastoji od tri elementa [15]:

- Početni zglob (engl. *root, head*)
- Tijelo kosti
- Krajnji zglob (engl. *tail, tip*).

Na Slici 31 su vidljivi dijelovi kostiju, te njihov prikaz u Blenderu.



Slika 31 Izgled i elementi kosti u blenderu (Izvor: [15])

Postoje dvije vrste kostiju [16]:

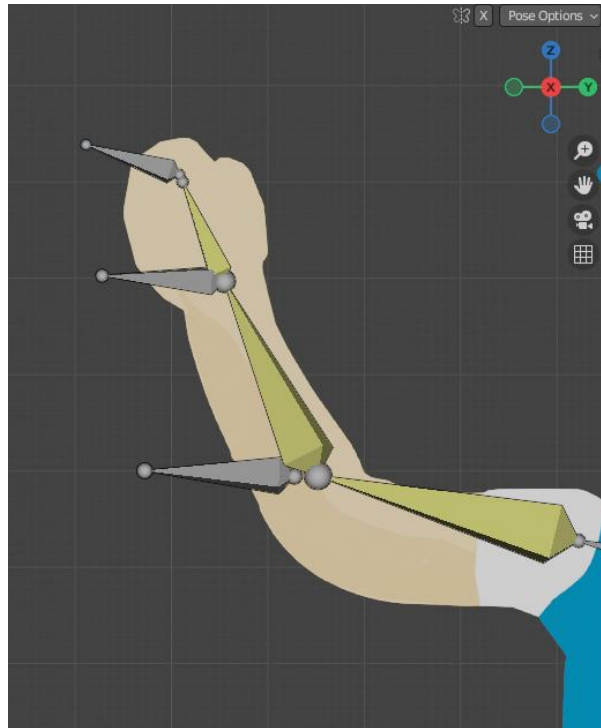
- Deformirajuće kosti (engl. *Deforming Bones*)
- Kontrolne kosti (engl. *Control Bones*).

Deformirajuće kosti su kosti koje su povezane sa objektima te omogućuju deformiranje objekta svojim pomicanjem.

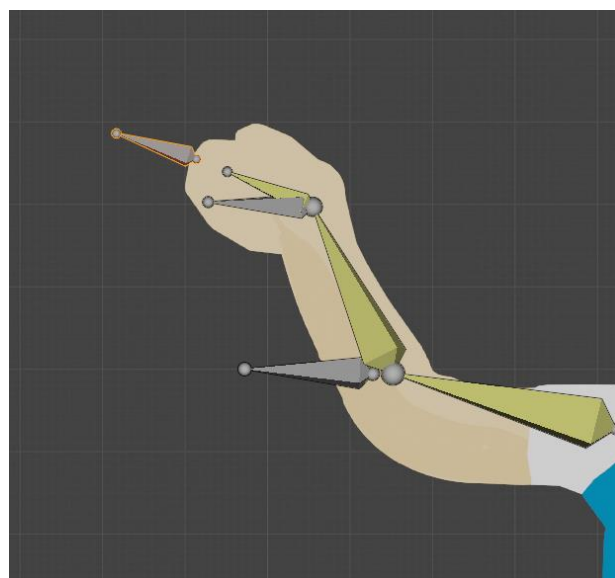
Kontrolne kosti predstavljaju kosti koje ne deformiraju objekte, već se njihovim pomicanjem mijenja ponašanje i način reagiranja deformirajućih kostiju ili drugih objekata.

Na Slici 32 se mogu vidjeti deformirajuće i kontrolne kosti. Deformirajuće kosti su obojane žutom bojom te uzrokuju savijanje ruke vidljivo na slici. Kosti obojane sivom bojom su kontrolne kosti. Njihovim pomicanjem se mijenja ponašanje deformirajućih kosti. U ovom slučaju, pomicanjem kontrolnih kosti se pomiče i odgovarajuća deformirajuća kost.

Na Slici 33 se može vidjeti promjena rotacije šake lika, kao rezultat pomicanja kontrolne kosti šake.



Slika 32 Deformirajuće i kontrolne kosti



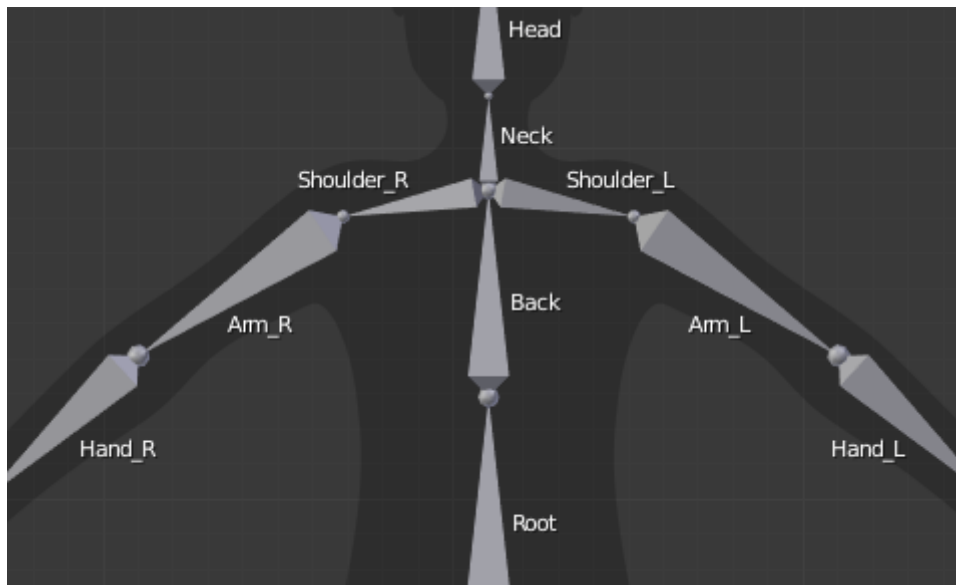
Slika 33 Pomicanjem kontrolne kosti šake se pomiče i deformirajuća kost šake

3.2.1.4. Standard nazivanja kostiju

Kako bi se olakšalo snalaženje sa armaturom i pronalaženje odgovarajućih kostiju, potrebno je koristiti smisljeno nazivlje u skladu sa sljedećim pravilima [17]:

- Kostiju imaju smisljena imena, koja odražavaju objekt koji je povezan s njima, na primjer „*head*“ kao naziv za kost koja je vezana za glavu lika
- Ako kostiju imaju svoj par, potrebno je sa oznakama označiti je li par na lijevoj strani lika ili na desnoj. Parovi kostiju su najčešće kostiju nogu i ruku te se označavaju sa identifikatorima *L*, *R* ili *left*, *right* koji su odvojeni od naziva kostiju sa odgovarajućim separatorom.

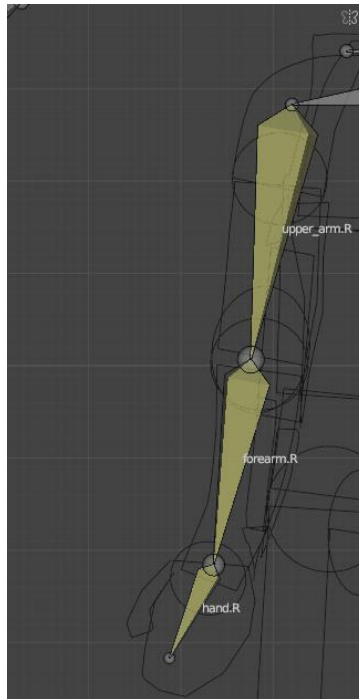
Na Slici 34 se može vidjeti primjer armature čovjeka te standard nazivanja kostiju.



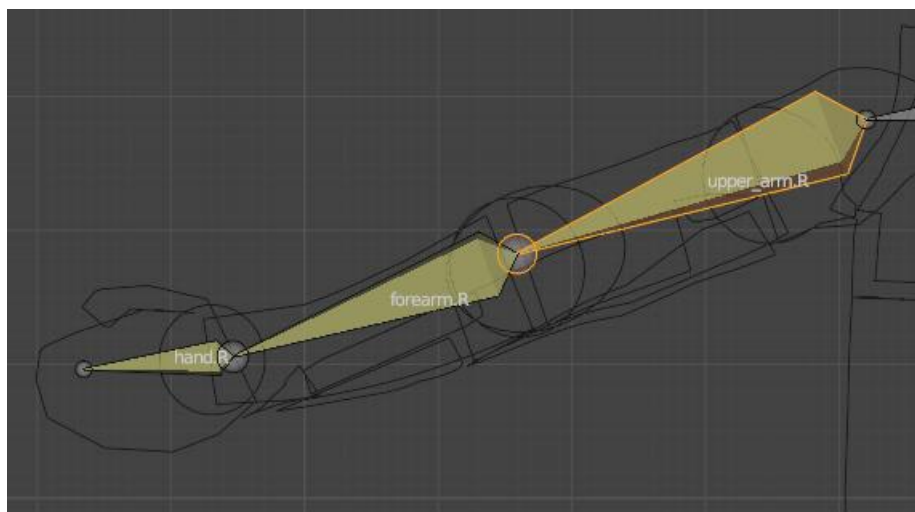
Slika 34 Standard nazivanja kostiju u armaturi čovjeka (Izvor: [17])

3.2.1.5. Odnosi između kostiju u armaturi

Kostiju se temelje na hijerarhijskom odnosu, gdje postoji odnos između roditeljskih kostiju i kostiju djece. Definiranjem roditeljskih kostiju (engl. *parenting*) se omogućuje detaljnija kontrola nad armaturom i stvaranje realističnih odnosa kostiju u armaturi. Pomicanjem roditeljskih kostiju se pomiču i odgovarajuće kostiju djeca. Na primjeru armature ruke prikazanoj na Slici 35 se može vidjeti odnos kostiju djece i kostiju roditelja. Kost *upper_arm.R* je kost roditelj kostima *forearm.R* i *hand.R*. Rotacijom kostiju *upper_arm.R* će se rotirati i odgovarajuća kost djece, zbog definiranog hijerarhijskog odnosa među njima, što je vidljivo na Slici 36.



Slika 35 Armatura ruke

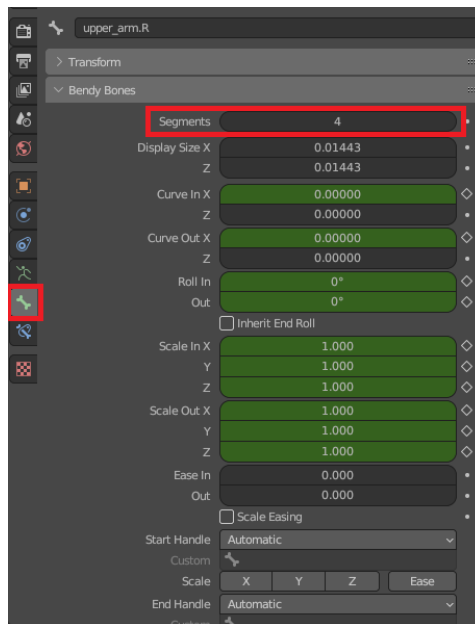


Slika 36 Rotiranje roditeljske kosti

3.2.1.6. Savitljive kosti

Savitljive kosti (engl. *bendy bones*) omogućuju zamjenu dugog lanca malih kostiju u jednu savitljivu kost. Kreiranjem savitljivih kostiju se omogućuje kreiranje armaturi za izrazito savitljive objekte. Jedan od čestih područja primjene ovakvih kostiju je za simuliranje kralježnice [18].

Savitljiva kost se može definirati za svaku kost u opcijama svojstava kostiju. Povećanjem broja segmenata (engl. *segments*), poboljšava se kvaliteta deformiranog objekta vezanog za savitljivu kost. Na Slici 37 se može vidjeti postavka za definiranje savitljivih kostiju.



Slika 37 Definiranje savitljivih kostiju

3.2.1.7. Inverzna kinematika

Inverzna kinematika (engl. *Inverse Kinematics*, *IK*) omogućuje pojednostavljenje animacijskog procesa uz mogućnost izrade kompleksnijih realističnih animacija.

IK omogućuje pozicioniranje kostiju koje se nalaze u lancu temeljem promjene pozicije kosti na kraju tog lanca, što olakšava proces animiranja. U standardnim tehnikama animiranja, animator bi započeo promjenu poze kostiju promjenom rotacije kosti roditelja u lancu, dok ne dođe do konačne kosti djeteta u lancu [19].

IK se može predstaviti pomoću primjera animiranja podizanja šake na armaturi prikazanoj na Slici 36. U slučaju korištenja *IK*-a, jedino što bi se trebalo napraviti je promijeniti pozicija kosti šake (nazvana *hand.R*). Ostale kosti u lancu (do kosti *upper_arm.R*) će se pozicionirati u skladu s promjenom.

U usporedbi s *IK*, kada bi se animiralo podizanje šake pomoću standardne tehnike animiranja, bilo bi potrebno ručno promijeniti poziciju svake kosti u lancu, krećući od kosti *upper_arm.R*.

Nakon definiranja armature, *IK* nije automatski postavljen te ga se treba definirati za odgovarajuće kosti korištenjem ograničenja za kosti (engl. *bone constraints*).

3.2.1.8. Ograničenja

Ograničenja predstavljaju način pomoću kojeg se mogu kontrolirati svojstva objekata, znanih kao vlasnik (engl. *owner*), pomoću definiranih statičnih vrijednosti ograničenja ili pomoću drugog objekta, znanog kao meta (engl. *target*) [20].

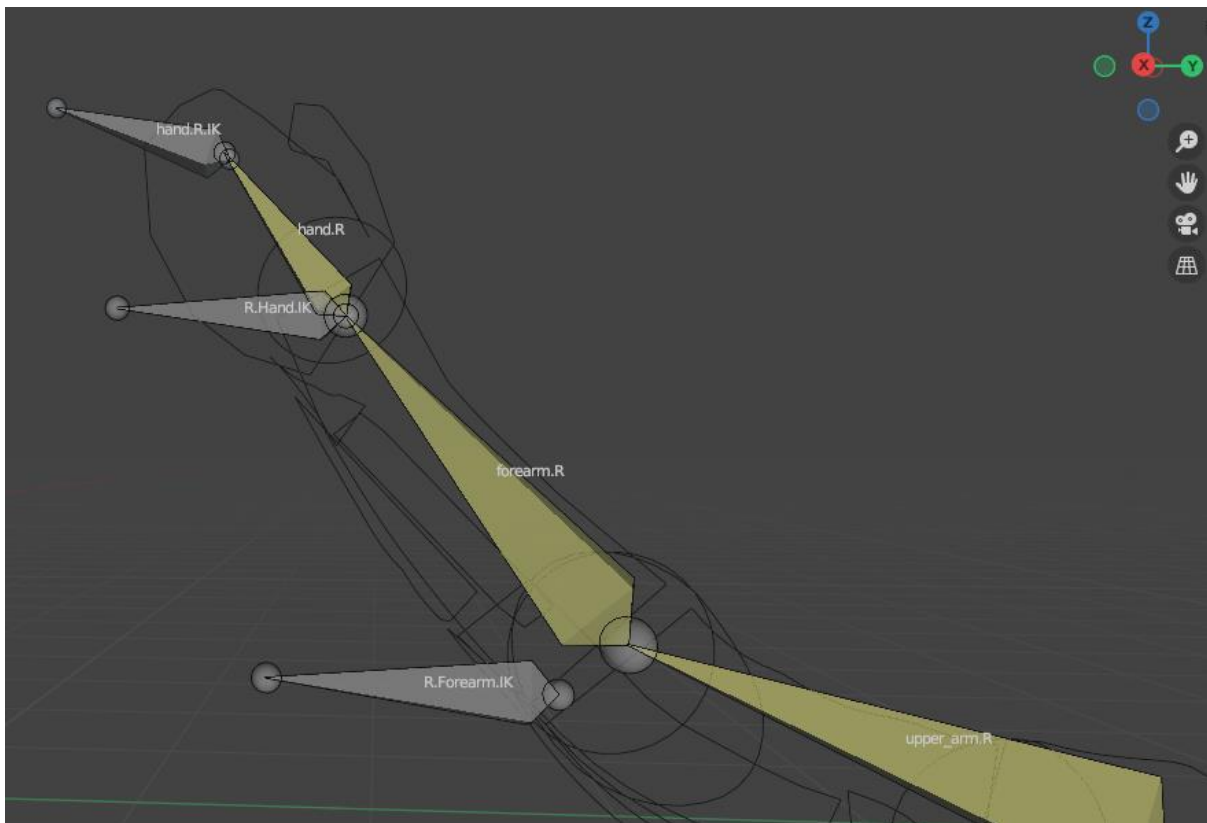
Ograničenja se mogu primijeniti na objekte i na kosti armature.

Postoji više vrsta ograničenja [20]:

- Ograničenja koja utječu na transformaciju objekata (engl. *Transform*)
- Ograničenja koja utječu na praćenje objekata (engl. *Tracking*)
- Ograničenja koja utječu na odnose između objekata (engl. *Relationship*).

Transform ograničenja utječu na transformacije objekta na koje je ograničenje primijenjeno. Te transformacije uključuju poziciju, rotaciju i veličinu objekta. Tako će, na primjer, Blenderovo ograničenje kopiranja lokacije (engl. *Copy Location Constraint*), premjestiti objekt vlasnik na poziciju objekta mete.

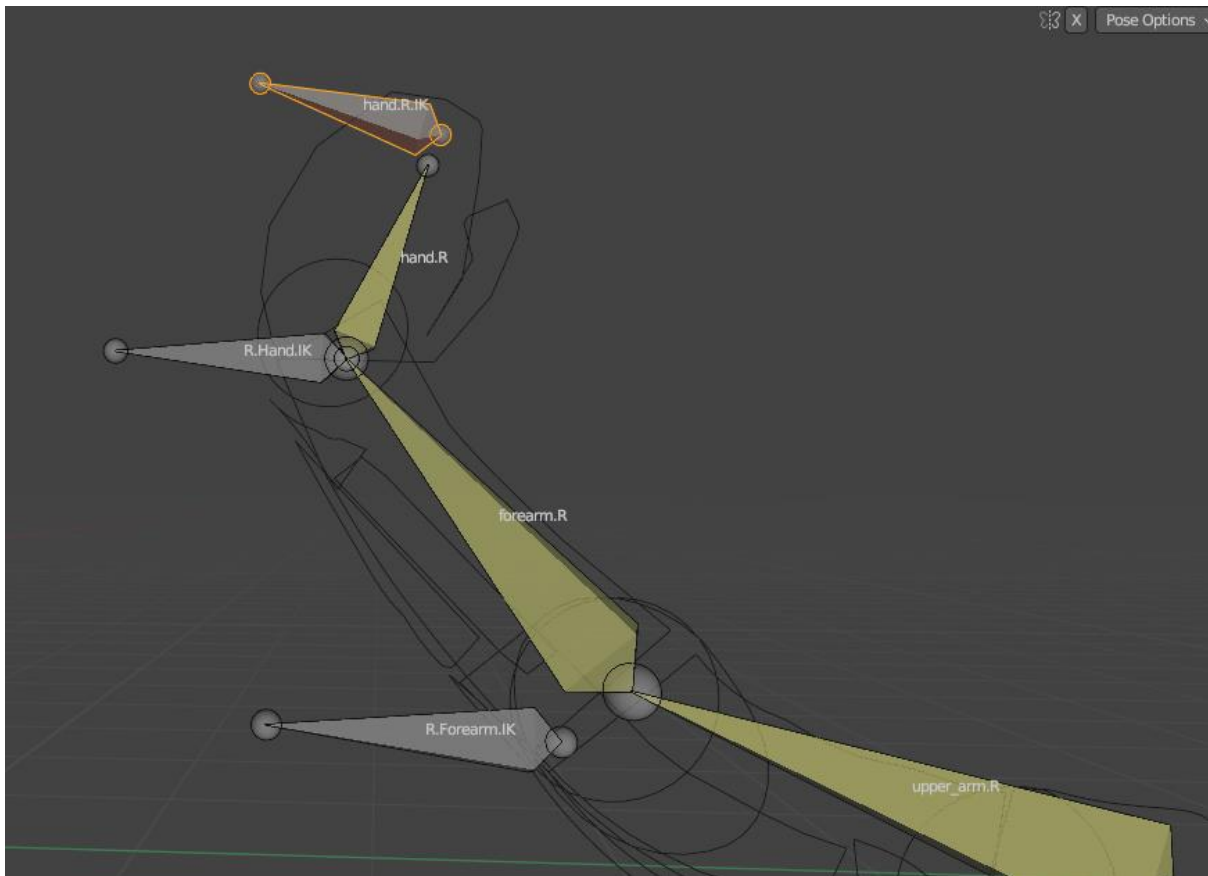
Tracking ograničenja omogućuju utječu na transformacije objekta na takav način da je objekt uvijek usmjeren prema meti koju „gleda“. Jedno od *Tracking* ograničenja koje se može koristiti je *IK* ograničenje (engl. *Inverse Kinematics Constraint*). Pomoću tog ograničenja se implementira *IK* tehnika poziranja likova u animaciji. Pomoću *IK* ograničenja se povezuju deformirajuće kosti u lancu sa odgovarajućim kontrolnim kostima. Zatim se proces animiranja olakša, budući da se pomicanje deformirajućih kostiju u lancu izvodi pomoću promjene pozicije kontrolne kosti, umjesto direktnom promjenom pozicije deformirajućih kostiju u lancu. Na Slici 38 se može vidjeti primjer primijenjenog *IK* ograničenja na armaturi ruke.



Slika 38 Definirana armatura pomoću *IK* ograničenja

Na primjeru armature ruke se mogu vidjeti kontrolne kosti (obojane sivo) i deformirajuće kosti (obojane zlatno). Svaka kontrolna kost je povezana sa odgovarajućom deformirajućom kosti. Tako je, na primjer, kontrolna kost *hand.R.IK* povezana s kosti *hand.R*.

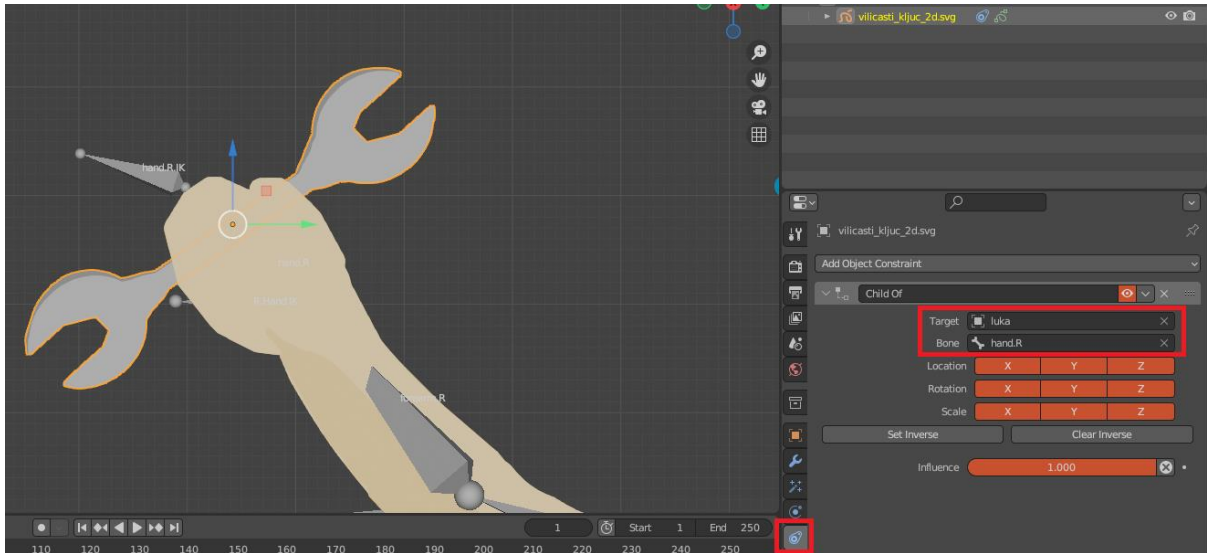
Animiranje pomicanja šake se onda može izvesti pomicanjem kosti *hand.R.IK*, umjesto rotacijom kosti *hand.R*, što je vidljivo na Slici 39.



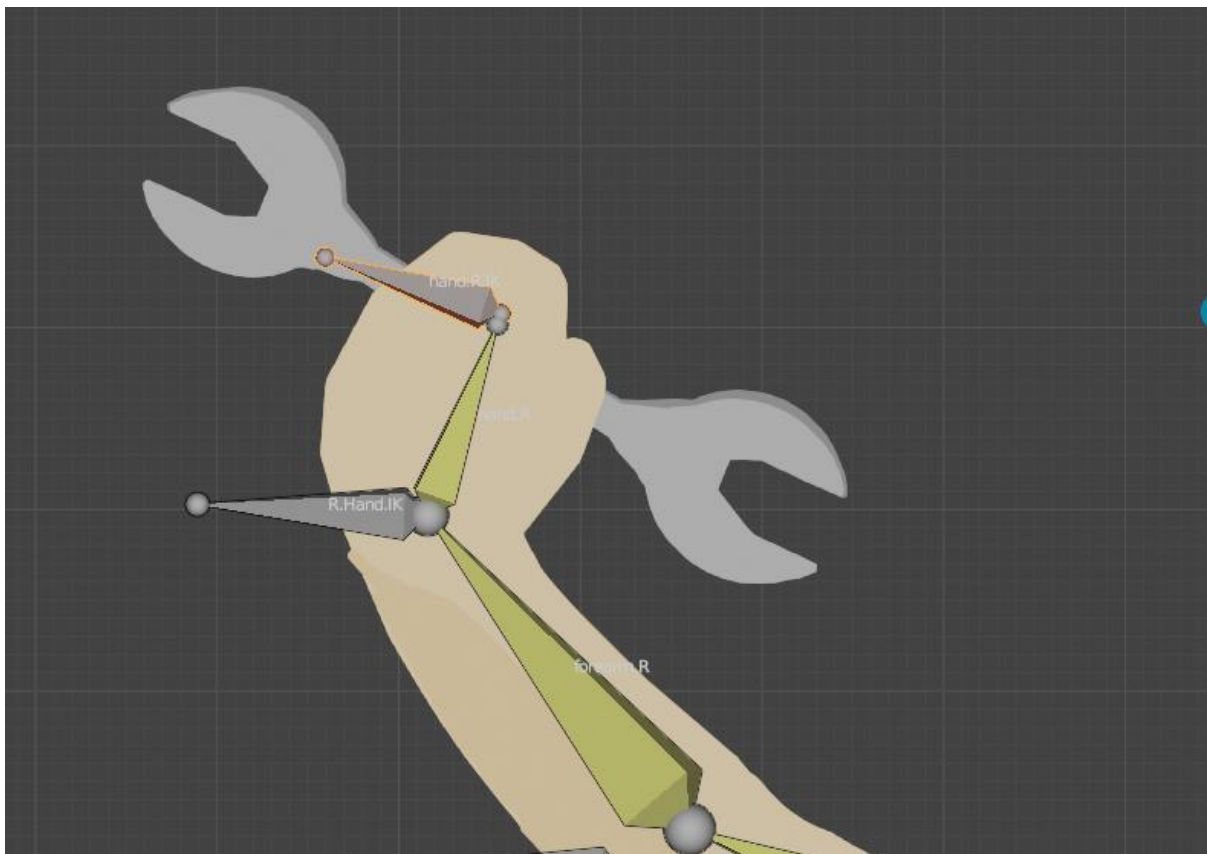
Slika 39 Kost *hand.R* se rotirala promjenom pozicije *hand.R.IK*

Naposljetku, *Relationship* ograničenja omogućuju definiranje hijerarhijskih odnosa između objekta vlasnika i *target* objekta. Jedno od ograničenja koje spada u *Relationship* tip ograničenja je i Dijete-od ograničenje (engl. *Child-Of Constraint*).

Child-Of ograničenje omogućuje povezivanje objekta vlasnika sa *target* objektom, koji će funkcionirati kao roditelj tom objektu. Pomoću tog ograničenja se objekt vlasnik može povezati s kosti armature i osigurati da objekt vlasnik prati armaturu. Na primjeru, prikazanom na Slikama 40 i 41 se može vidjeti povezivanje šake sa viličastim ključem pomoću ograničenja. Ako se primijeni *Child-Of* ograničenje na model viličastog ključa te se kao *target* objekt postavi kost *hand.R*, može se ostvariti dojam da osoba drži viličasti ključ u ruci te se olakšati animacija u kojoj osoba koristi taj objekt.



Slika 40 Definiranje ograničenja za viličasti ključ



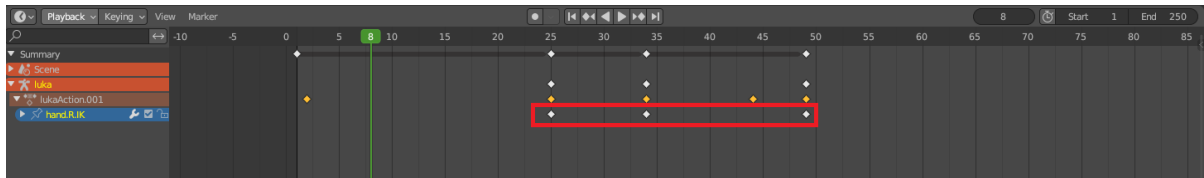
Slika 41 Pomicanjem kosti *hand.R* se pomiče i viličasti ključ

3.2.1.9. Ključni kadrovi

U Blenderu, svojstva se animiraju promjenom svojstava kroz vrijeme. Kako bi se promijenila odgovarajuća svojstva objekata u vremenu, koriste se ključni kadrovi (engl. *keyframes*). Ključni kadrovi predstavljaju zapis vrijednosti svojstava objekata, kao što su na primjer rotacija, lokacija i veličina, u određenom vremenskom trenutku. Svrha ključnog kadra je omogućavanje interpolirane animacije.

To znači da će se za objekt kojem se animira promjena pozicije, koji ima dva definirana ključna okvira u kadrovima 1 i 20, u skladu s definiranom metodom interpolacije odrediti odgovarajuće pozicije tog objekata između kadrova 1 i 20 [21].

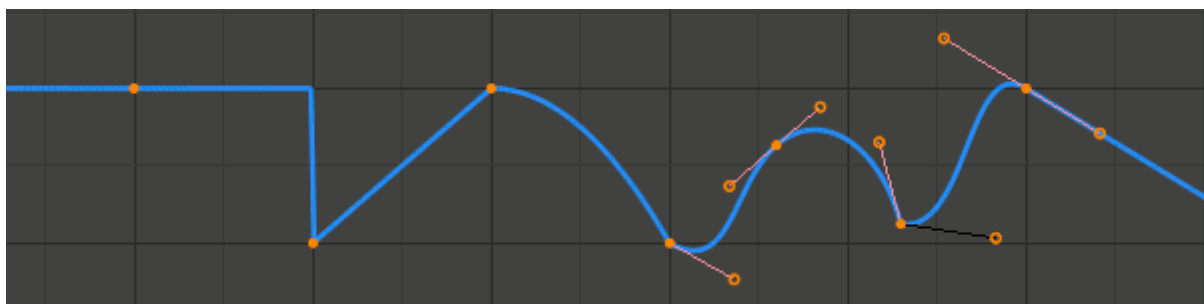
Ključni okviri se mogu vidjeti u vremenskoj liniji alata Blender. Na Slici 42 se može vidjeti primjer ključnih okvira koji su odgovorni za rotiranje šake lika.



Slika 42 Ključni okviri odgovorni za pomicanje šake

3.2.1.10. Interpolacija

Interpolacija između dva ključna kadra je predstavljena pomoću animacijskih krivulja. Pomoću tih krivulja se može prilagoditi kako se vrijednost svojstva spremljenog u ključnom okviru (svojstvo odgovara Y osi krivulje) mijenja kroz vrijeme (X os krivulje), odnosno između dva ključna okvira. Tip krivulje koji definira interpolaciju se može konfigurirati za svaki ključni okvir [21]. Na Slici 43 je prikazan primjer krivulje koja interpolira vrijednost između dva ključna okvira.



Slika 43 Animacijska krivulja (Izvor: [21])

3.2.1.11. Govor tijela

Kako bi animacija likova u dijalogu bila intrigantna i ostvarivala osjećaj „živosti“ te time doprinosila boljem prijenosu emocija, potrebno je proučiti govor tijela i uskladiti ga sa snimljenim dijalogom i porukom koja se želi prenijeti.

Govor tijela predstavlja neverbalni jezik koji čini između 60% i 65% sve komunikacije te se dijeli na izraze lica, geste, pokrete tijela, držanje tijela (engl. *posture*) te treptanje i smjer gledanja očiju [22].

Smjer gledanja očiju je pokazatelj pažnje u dijalogu. Gledanje u oči govornika naznačava kako je osoba zainteresirana i posvećuje pažnju tematici govora, dok izbjegavanje kontakta naznačava nezainteresiranost i moguće skrivanje osjećaja [22].

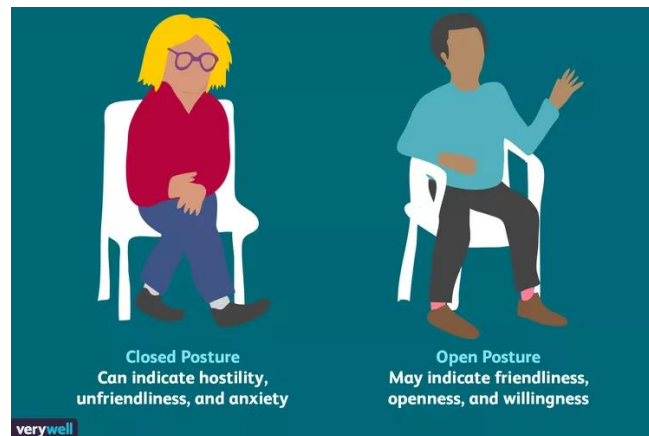
Treptanje očiju također naznačava emotivno stanje osobe. Ovisno o kontekstu, često treptanje očima može naznačavati da je osoba pod stresom i nervozna, ali može i predstavljati i uzbuđenost. Ako su ljudi uzbuđeni, povećati će se učestalost treptanja [23].

Pokreti tijela i držanje tijela također prenose poruku o stanju osobe. Na primjer, postavljanje ruku na kukove prenosi poruku kako je osoba spremna i ima kontrolu nad situacijom. Držanje tijela predstavlja fizički izgled osobe i način na koji je tijelo osobe postavljeno u situacijama. Držanje tijela prenosi karakteristike osoba i prikazuje karakteristike osobnosti osobe [22].

Postoje dvije vrste držanja tijela [22]:

- Otvoreno
- Zatvoreno.

Kod otvorenog držanja tijela, trup osobe je izložen i izbočen prema van. Sa otvorenim držanjem tijela se prenosi dojam otvorenosti, prijateljske namjere i voljnosti. U usporedbi sa otvorenim, zatvoreno držanje tijela je karakterizirano sa pognutim trupom osobe i „prekriženim“ rukama i nogama. Zatvoreno držanje tijela predstavlja dojam neprijateljstva ili anksioznosti [22]. Na Slici 44 se može vidjeti primjer otvorenog i zatvorenog držanja tijela.



Slika 44 Vrste držanja tijela (Izvor: [22])

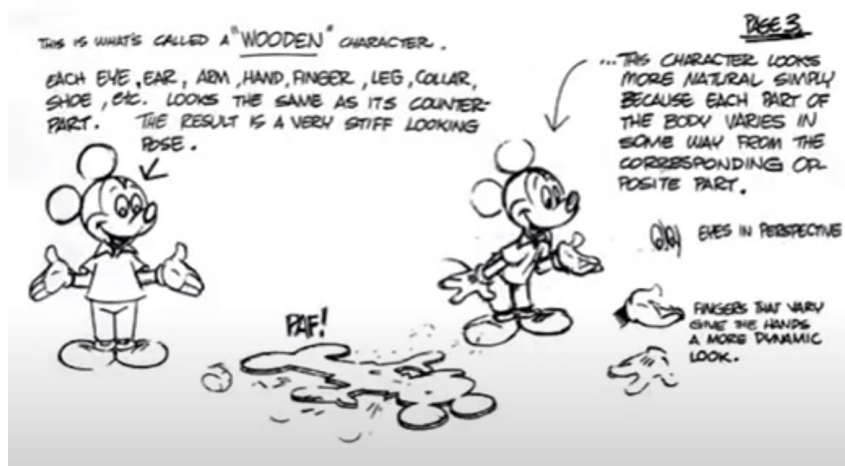
3.2.1.12. Animiranje govora tijela u dijalogu

Kako bi se uspješno animirali privlačni govori tijela u dijalogu, potrebno je razumjeti govor tijela te ga uskladiti sa osjećajima koje bi lik u animaciji trebao prenositi [24].

Za dobro ostvarenu pozu tijela u animaciji, potrebno je ostvariti sljedeće postupke [24]:

- Odglumiti emocije koje lik u animaciji treba prenijeti te promatrati vlastiti govor tijela kao referencu
- Promatrati jasnoću govora tijela kada se samo vidi silueta lika niske detaljnosti. Ako je emocija dobro prenesena sa siluetom, poza tijela je dobro ostvarena.
- Asimetrične poze dodaju dinamičnost liku te umanjuju dojam „krutosti“.

Na primjeru Slike 45 se može vidjeti prikaz asimetrične poze tijela.



Slika 45 Usporedba simetrične i asimetrične poze (Izvor: [24])

Dodatno, postupak animiranja dijaloga uključuje animiranje ustiju, očiju, pokreta glavom te govora tijela.

Proces animiranja ustiju uključuje analizu snimljenog glasa i popisivanje odgovarajućih fonema, odnosno najmanje cjeline glasa. Temeljem tih fonema se mogu izraditi pozicije ustiju. Najčešće se koristi osam osnovnih pozicija ustiju koje se izmjenjuju u skladu sa fonemom u određenom dijelu audiozapisa [25].

Prilikom animiranja ustiju, ključno je omogućiti gledateljima dovoljno vremena kako bi mogli pročitati oblik ustiju, zbog toga je potrebno osigurati da oblik ustiju vidljiv barem 2 sličice (engl. *frame*) [25].

Za animiranje očiju je ključno definirati i razumjeti gdje lik koji govori treba gledati. Nakon što se prepozna subjekt koji lik u dijalogu treba promatrati, treba se osigurati fokusiranje očiju na taj objekt.

U dijalogu, glava ima ključnu ulogu. Ljudi klimaju i trzaju glavom kako bi naglasili riječi u dijalogu. Za animiranje kretanja glave u dijalogu, potrebno je predvidjeti pokret glave prije nego što se klimanje glave zapravo dogodi. Spuštanjem glave nekoliko sličica (3 do 4) prije naglašenog sloga i podizanjem glave tijekom odgovarajućeg sloga riječi, uz efekt treptanja se ostavlja dojam naglašavanja riječi te poboljšava prenošenje dojma animacije. Efekt klimanja se može dodatno pojačati uvođenjem pokreta ramena tijekom klimanja [25].

Naposljetku je potrebno prepoznati pravilno korištenje gesti u govoru tijela. Prilikom govora, ljudi pokretima ruku naglašuju glavne točke svojeg dijaloga. Važno je napomenuti kako govor tijela prethodi dijalogu kojeg naglašava u razmaku do 20 sličica. Veličina razmaka između govora tijela i dijaloga ovisi o karakteru osobe koji se želi postići [25].

3.2.1.13. Prirodnost animacije

Kako bi se osigurala prirodnost kretanja likova u animaciji, bilo je potrebno znati 12 principa animacije [26]:

- Skupljanje i rastezanje (engl. *Squash and Stretch*), koji naglašava kako rastezanjem i skupljanjem oblika tijela lika se omogućuje ostvarenje dojma promjene volumena te se tako povećava realizam.
- Predviđanje (engl. *Anticipation*) predstavlja princip koji ostvaruje interes gledatelja pomoću jasnog nagovještavanja akcije koja će se ubrzo dogoditi
- Uprizorenje (engl. *Staging*) predstavlja princip koji naglašava planirano kadriranje objekata u kadru kako bi se usmjerila pažnja na najvažnije dijelove tog kadra
- Principi crtanja sliku po sliku i iz poze u pozu (engl. *Straight Ahead Action and Pose to Pose*) su principi koji predstavljaju tehnike animiranja likova. *Straight Ahead Action* podrazumijeva crtanje likova sličinu po sličicu, dok se *Pose to Pose* tehnika fokusira na izradu ključnih okvira te popunjavanjem između ključnih okvira. Animiranje likova u Blenderu je postignuto korištenjem tehnike *Pose to Pose*.
- Princip preklapajuće akcije (engl. *Follow Through and Overlapping Action*) predlaže ostvarenje dojma kako se objekti u animaciji kreću neovisno jedni o drugima. Na primjeru animacije trčanja, kosa lika će se nastaviti kratko kretati, čak i kada lik prestane trčati.
- Princip akceleracije i usporavanja (engl. *Slow In and Slow Out*) naglašava kako objekti koji započinju i završavaju animaciju trebaju ubrzavati i usporavati, umjesto da započnu i zaustave svoje kretanje instantno. Ostvarenje ovog principa daje dojam mase objekta koji se animira.
- Princip kretanja po lukova (engl. *Arcs*) naglašava kako bi se likovi trebali kretati po krivulji, a ne po ravnoj liniji. Kretanje po lukovima ostvaruje dojam realističnog organskog kretanja.
- Sekundarna Akcija (engl. *Secondary Action*) dodaje dubinu i realizam animaciji dodavanjem dodatnih akcija koje lik izvodi uz primarne akcije. Tako će se dojam poboljšati, ako se uz animaciju ustiju tijekom govora lika pomiče i tijelo lika koji govori.
- Tajming (engl. *Timing*) je ključan za definiranje ritma scene i usklađivanje pokreta likova sa njima.
- Pretjerivanje (engl. *Exaggeration*) uvođenjem pretjerivanja u animacije likova se suptilni pokreti mogu naglasiti, kako bi ih gledatelj lakše primijetio.
- *Solid drawing* princip koji omogućuje geometrijsku reprezentaciju likova koja ostvaruje dojam volumena te tako poboljšava realizam.

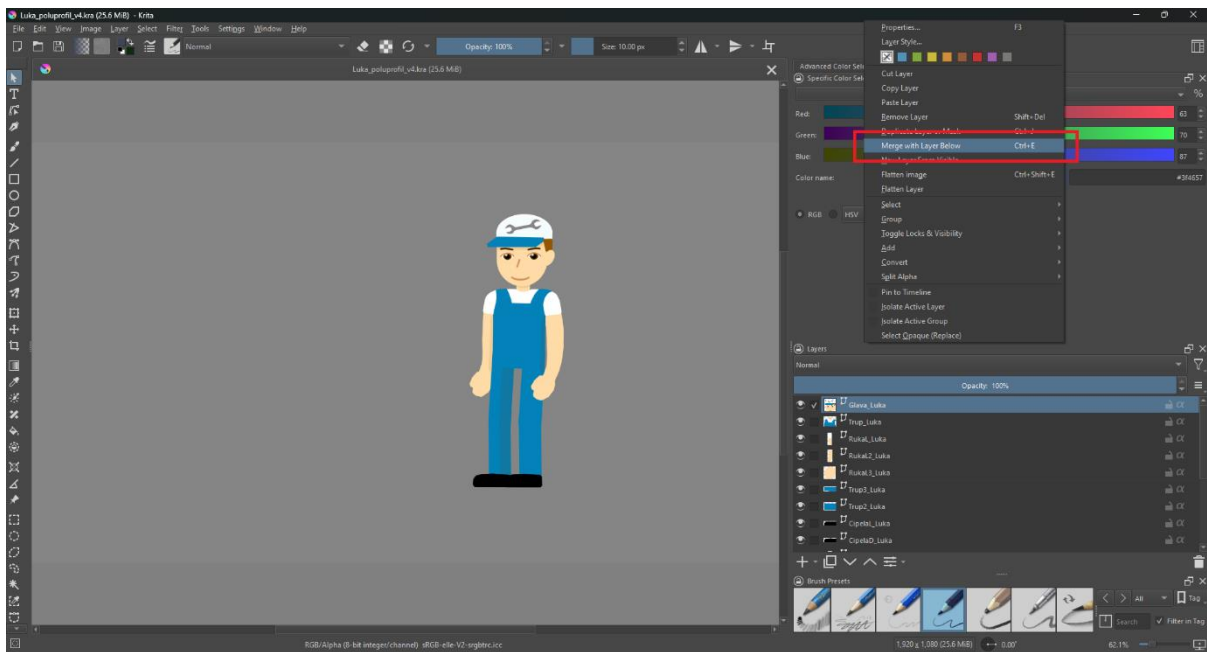
- Privlačnost lika (engl. *Appeal of Character*) je princip koji naglašava važnost stvaranja privlačnih likova, koji će povećati pažnju gledatelja. Privlačnost likova se postiže kombinacijom vizualnog dizajna likova, njihovih personalnosti i realističnih kretnji.

3.2.2. Priprema likova za animiranje

3.2.2.1. Uvoz lika

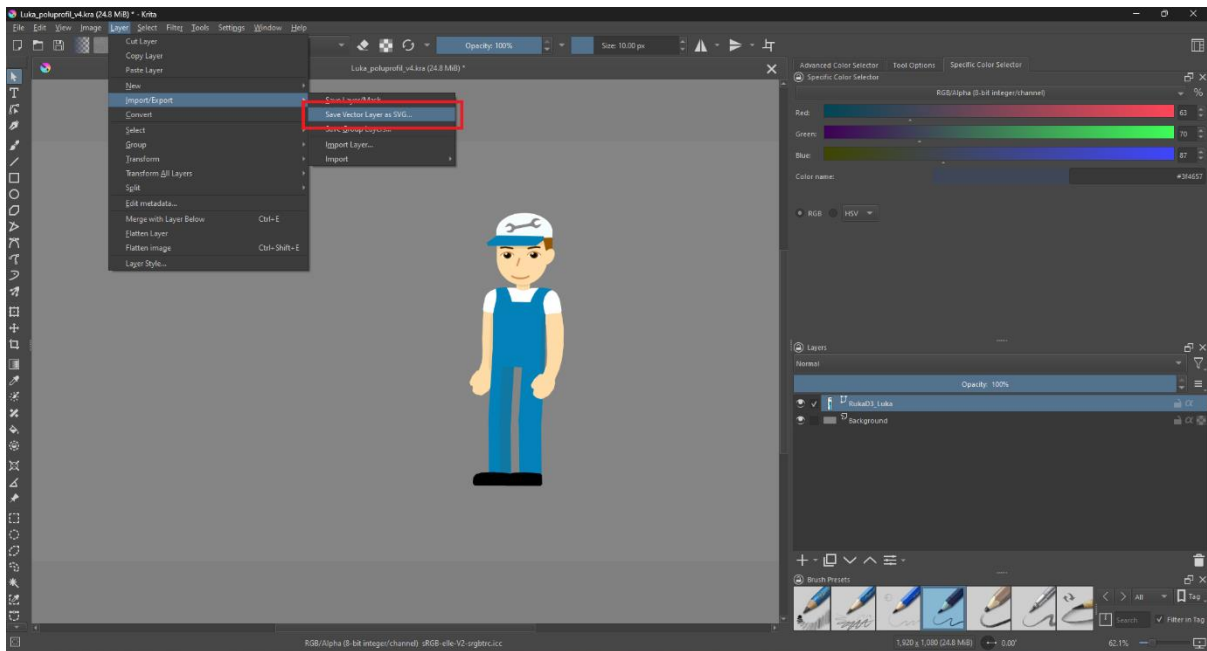
Nakon što se lik nacрта u Kriti, može se uvesti (engl. *import*) u Blender te se pripremiti za animiranje. Proces pripreme likova je prikazan na primjeru lika znanog kao Luka.

Nakon što se Luka nacrtao u Kriti koristeći vektorsko crtanje, može se iskoristiti Kritina funkcionalnost za izvođenje SVG datoteke. Prije nego što se izvede SVG datoteka, potrebno je spojiti sve vektorske slojeve u aplikaciji, što je prikazano na Slici 46.



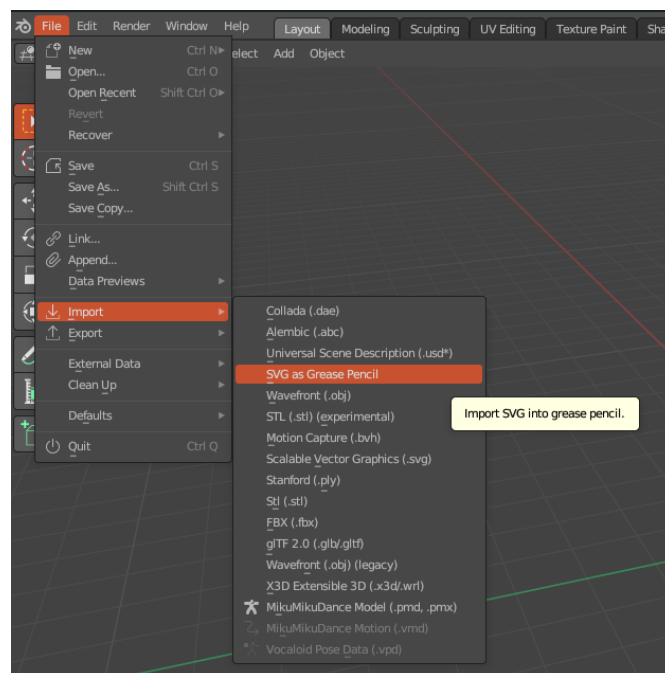
Slika 46 Spajanje vektorskih slojeva u Kriti

Zatim se izabrani vektorski sloj može izvesti pomoću opcije *Save Vector Layer as SVG*, što je vidljivo na Slici 47.



Slika 47 Izvođenje vektorskog sloja iz Krite

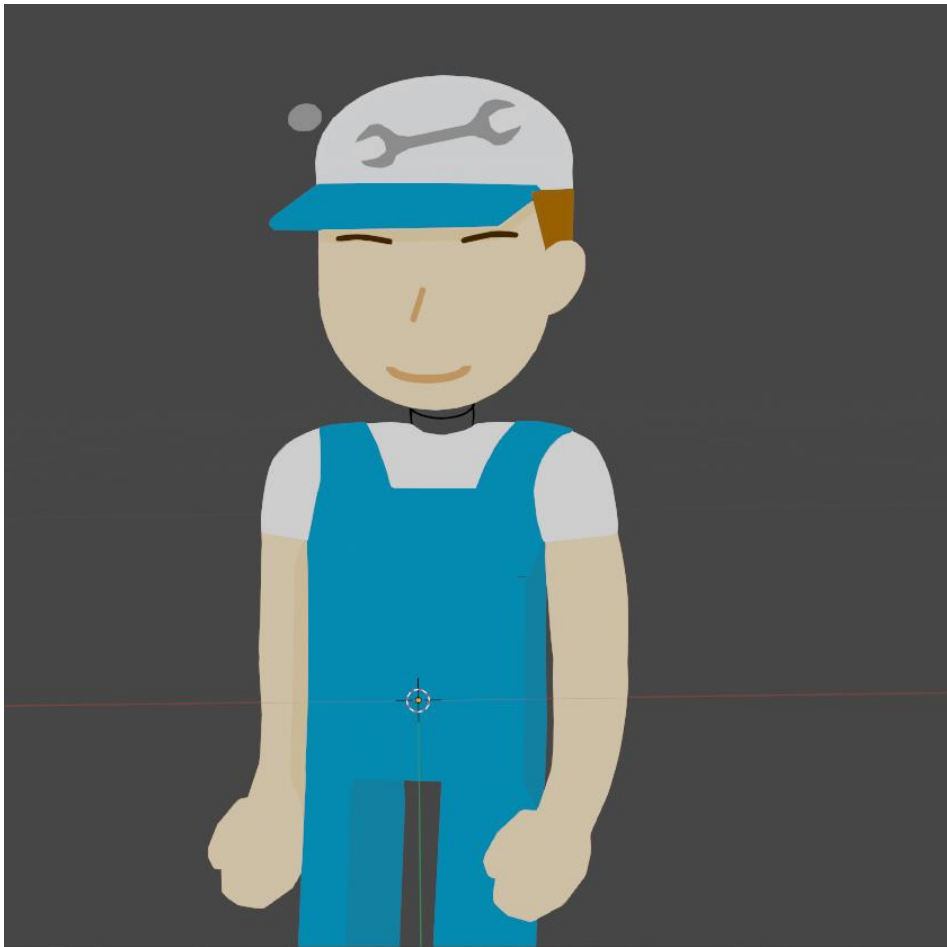
Izvedena SVG datoteka se zatim može uvesti u Blender, gdje će se pripremiti za animiranje. SVG datoteke se uvode u Blender kao *Grease Pencil* objekti. U Blenderu, *Grease Pencil* predstavlja objekte koji se mogu crtati pomoću kursora ili ploče za crtanje. *Grease Pencil* se koristi za izradu 2D animacije [27]. Na Slici 48 je vidljiv proces uvođenja lika iz SVG datoteke.



Slika 48 Uvođenje lika iz SVG datoteke

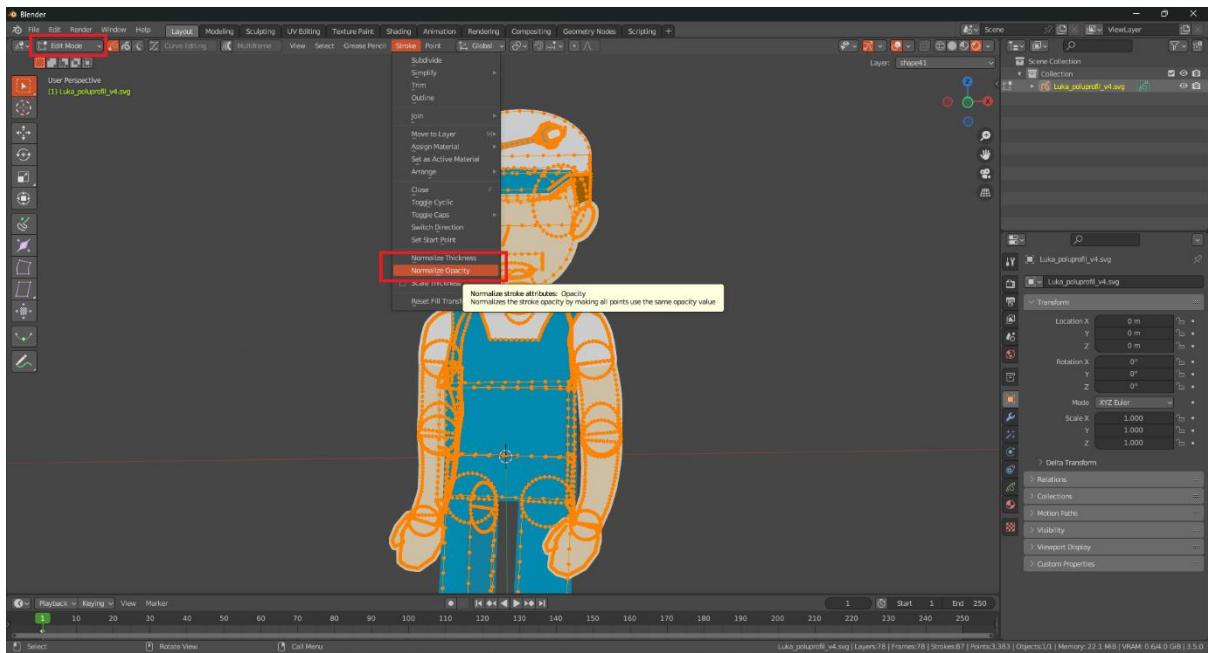
Izborom opcije *SVG as Grease Pencil*, otvara se prozor u kojem se izabire SVG datoteka koja se uvozi u Blender. Nakon izbora SVG datoteke koja se uvozi, Luka se uspješno uveze kao *Grease Pencil* objekt.

3.2.2.2. Prepravak nedostataka uvezenog modela

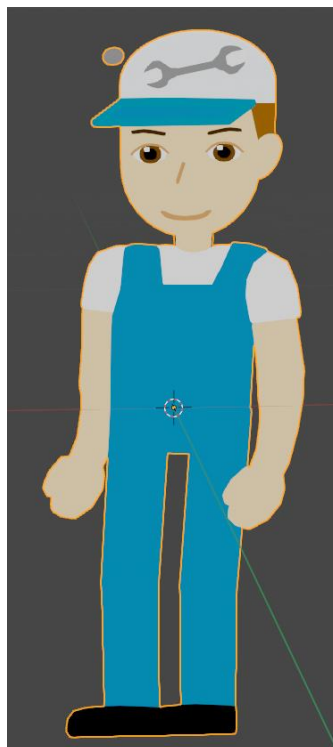


Slika 49 Uvezeni model Luke

Kao što je vidljivo na Slici 49, uvezeni model ima nedostatke koje je potrebno prepraviti. Nedostaci uključuju prozirne dijelove tijela i nevidljive oči. Ulaskom u način uređivanja objekta (engl. *Edit mode*) se mogu izabrati svi vrhovi koji čine objekt te se izabrati opcija *Normalize Opacity*, koja će prepraviti problem prozirnosti. Na Slikama 50 i 51 je prikazan postupak uvođenja te posljedica primjene *Normalize Opacity* opcije.

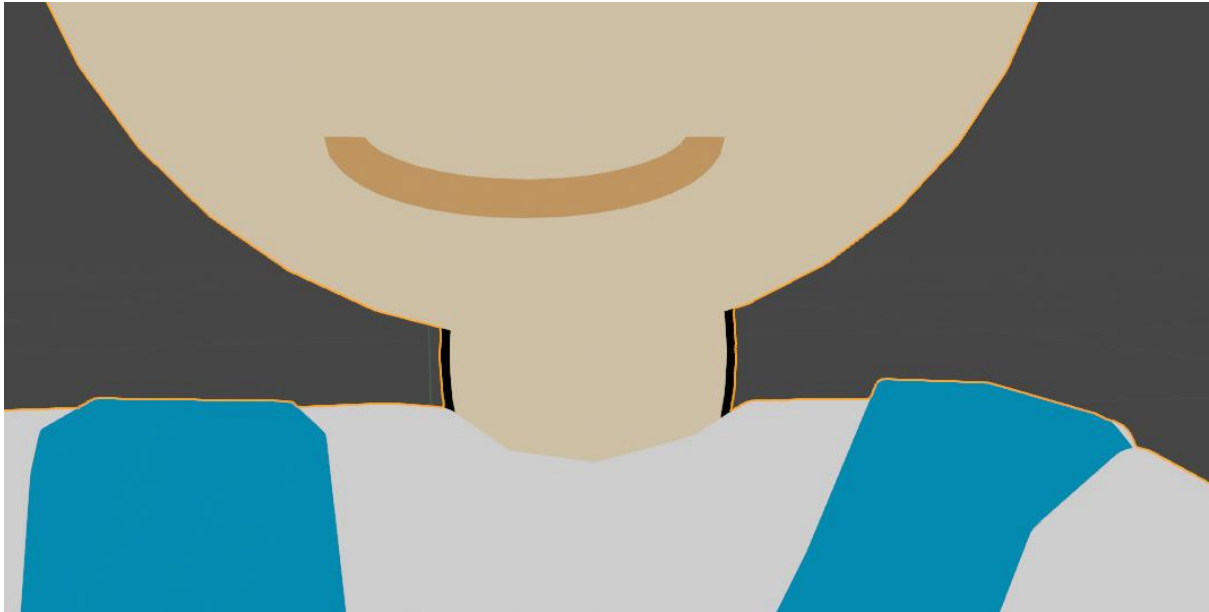


Slika 50 Primjena opcije *Normalize Opacity* na model Luke



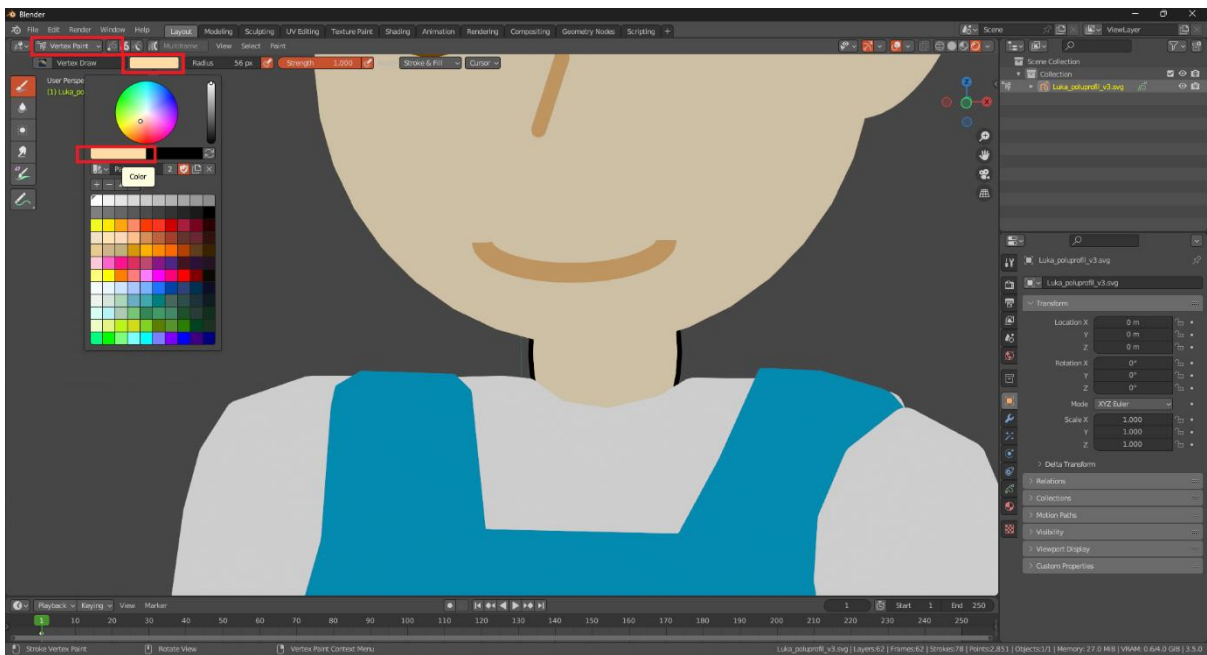
Slika 51 Luka nakon primjene *Normalize Opacity* opcije

Na modelu mogu postojati dodatni problemi koje je potrebno prepraviti, kao što je sivi krug vidljiv iznad Lukine kape (Slika 51) te crne crte koje okružuju vrat (Slika 52).

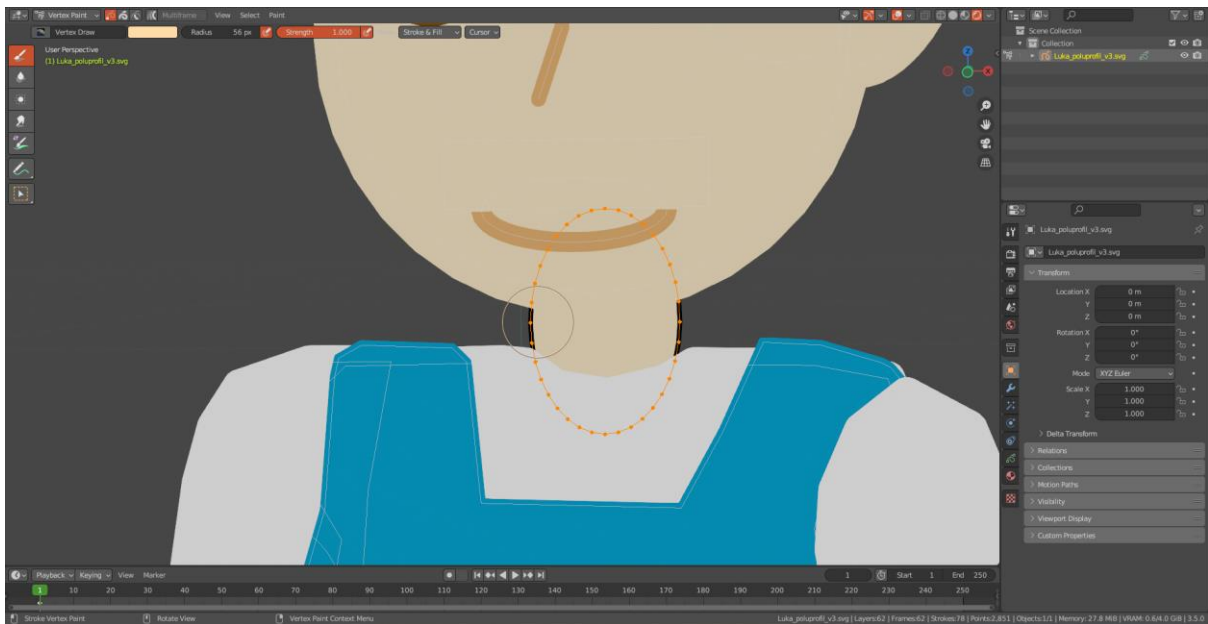


Slika 52 Problem vrata lika

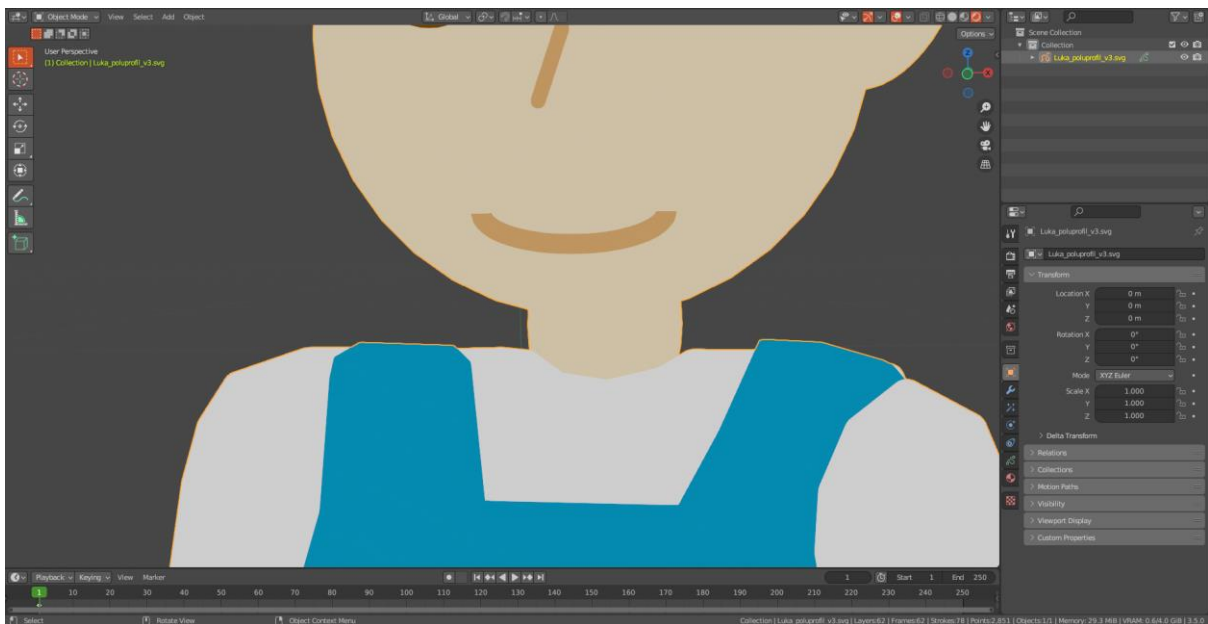
Sivi krug se može izbrisati u načinu uređivanja, a vrat se treba popraviti pomoću načina bojanja vrhova (engl. *Vertex paint mode*). U načinu bojanja vrhova se izabere objekt koji se želi pobojati te se sa „kistom“ promijeni njegova boja. Kako bi se pobojao vrat, potrebno je otvoriti način bojanja vrhova, izabrati paletu boja te odabrati dio tijela koji se želi obojati, što je vidljivo na Slikama 53, 54 i 55.



Slika 53 Izbor paleta boja



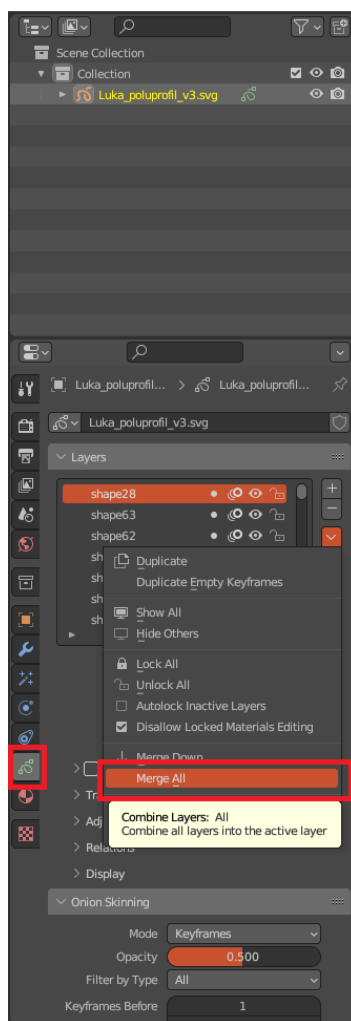
Slika 54 Bojanje izabranog dijela tijela



Slika 55 Popravljen problem vrata

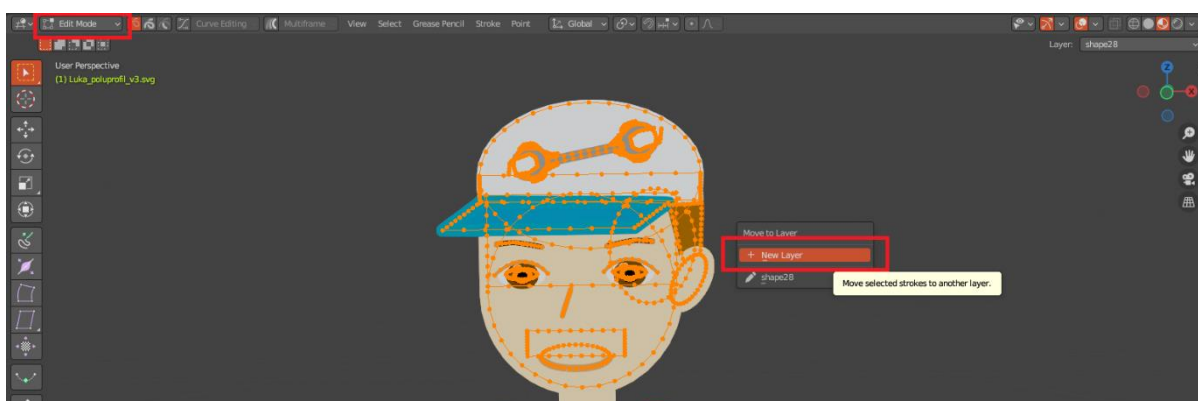
3.2.2.3. Slojevi modela lika

Nakon što se poprave preostali problemi crnih rubova, mogu se započeti uređivati slojevi *Grease Pencil* objekta. *Grease Pencil* slojevi omogućuju grupiranje dijelova tijela, što olakšava rad prilikom izrade armature lika. Slojevi također omogućuju definiranje odnosa između objekata u njima. Budući da su slojevi automatski stvoreni prilikom procesa uvođenja, najčešće ne odgovaraju potrebnim slojevima. Stoga se svi slojevi prvo moraju spojiti u jedan te se zatim razdvojiti u odgovarajuće dijelove. Na Slici 56 se može vidjeti proces spajanja svih slojeva.



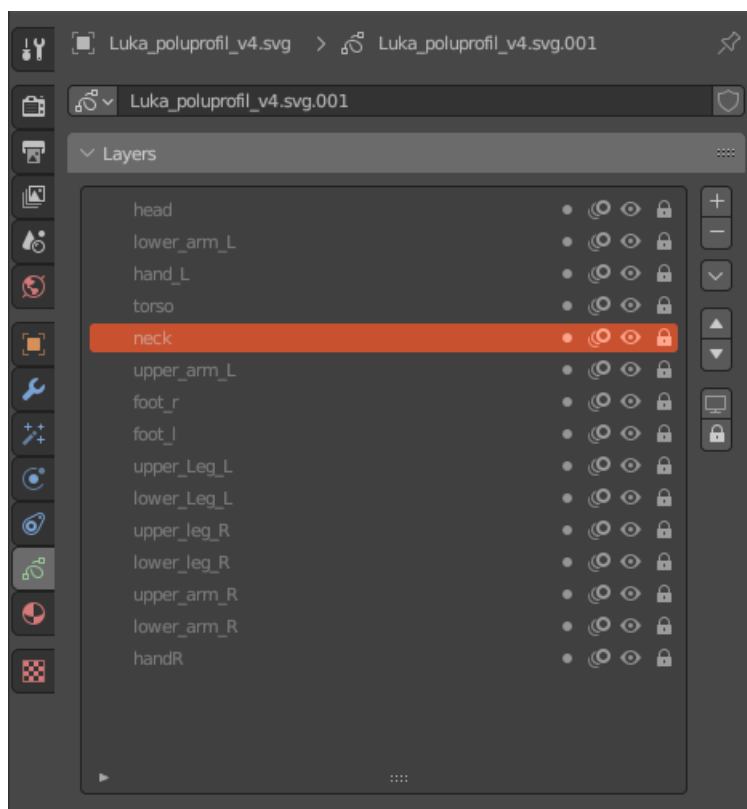
Slika 56 Spajanje slojeva

Nakon što se slojevi spoje, mogu se zatim odvojiti u skladu sa potrebama. Odvajanje slojeva se izvodi izborom odgovarajućih vrhova objekta u načinu uređivanja te kreiranjem novog sloja koji sadrži te objekte, što je vidljivo na Slici 57.



Slika 57 Odvajanje glave u zaseban sloj

Ovaj postupak se primjenjuje na sve dijelove tijela te se stvaraju slojevi u koje su grupirani dijelovi tijela - kao što su oči, glava, usta, vrat, trup, noge, nadlaktica, podlaktica i šake. Izvedeni slojevi su prikazani na Slici 58.



Slika 58 Slojevi crteža Luke nakon grupiranja dijelova tijela

Prilikom odvajanja slojeva, nužno je postaviti pravilan redoslijed slojeva odozgo prema dolje, jer redoslijed slojeva određuje koji su objekti iznad a koji ispod. Tako je na primjer trup (sloj *torso*) ispred vrata (sloj *neck*). Ako se zamijeni redoslijed slojeva, dizajn likova neće biti ispravan (Slika 59).

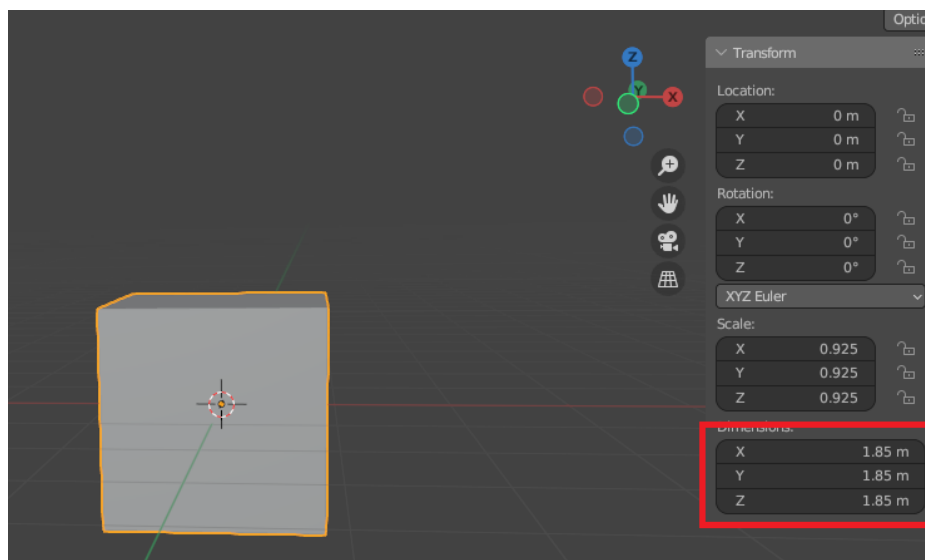


Slika 59 Izgled Luke, ako je sloj *neck* iznad *torso*

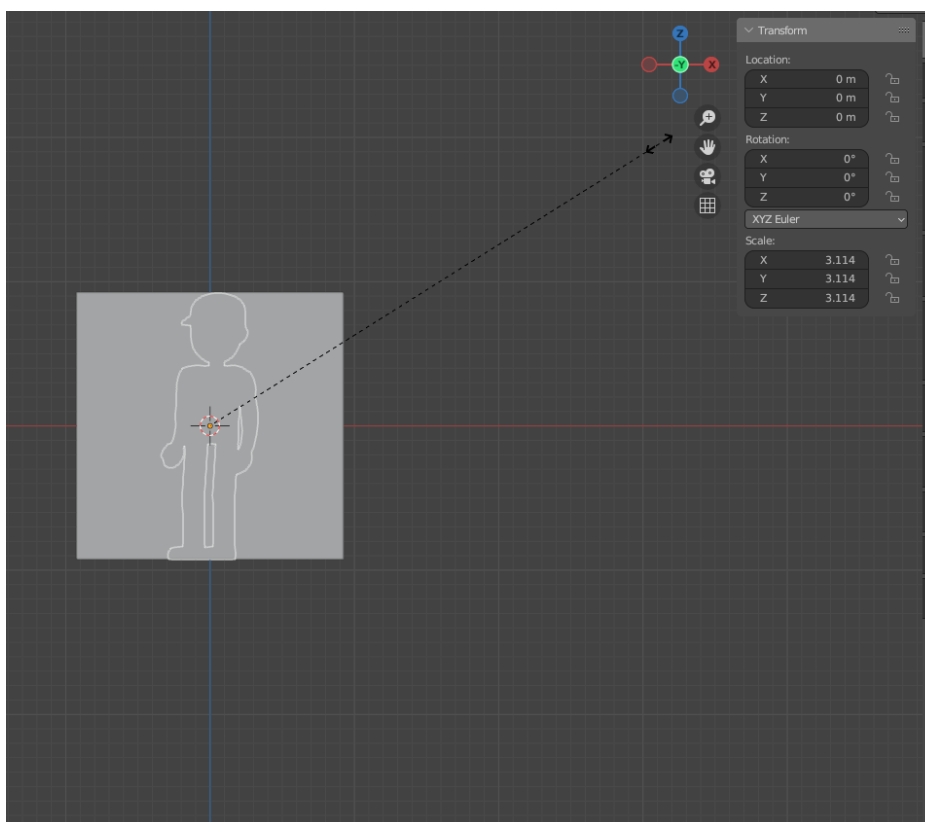
Nakon što su se svi slojevi napravili, usta i oči su se odvojili u zasebne slojeve ispred sloja glave. Razlog je pojednostavljenje animiranja lica.

3.2.2.4. Skaliranje lika

Nakon što se kreiraju slojevi, u Blenderu se može aktivirati način rada s objektima (engl. *Object Mode*), te se lik Luke može skalirati u skladu s opisom koji je prikazan u tablici pripreme grafike. Za skaliranje visine lika se koristi objekt kocke kao referenca koja određuje njegovu visinu, postupak je prikazan na Slikama 60 i 61.

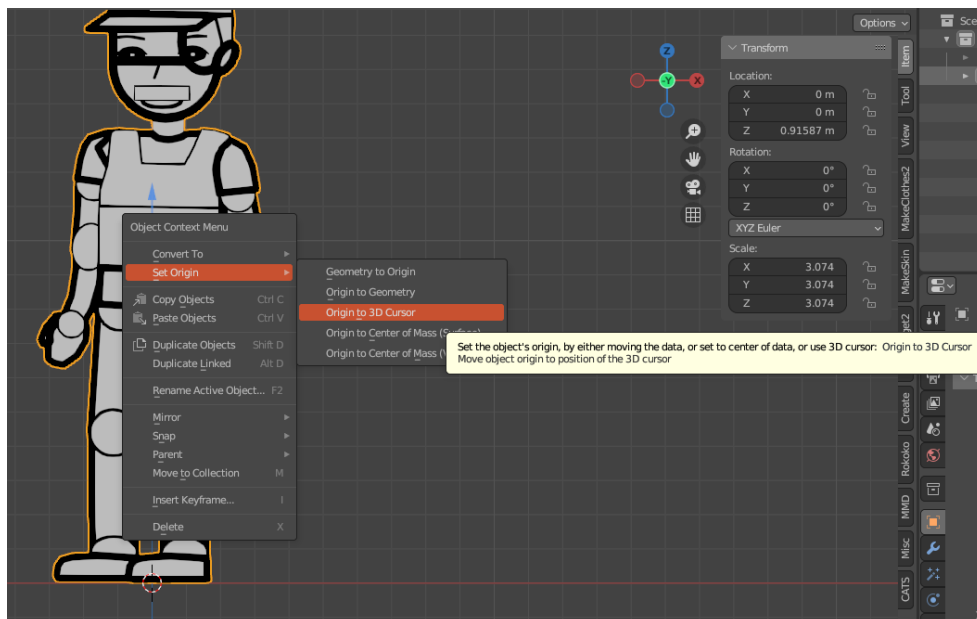


Slika 60 Definiranje dimenzija kocke u skladu sa definicijom lika u tablici pripreme grafike



Slika 61 Skaliranje lika u skladu s referencom

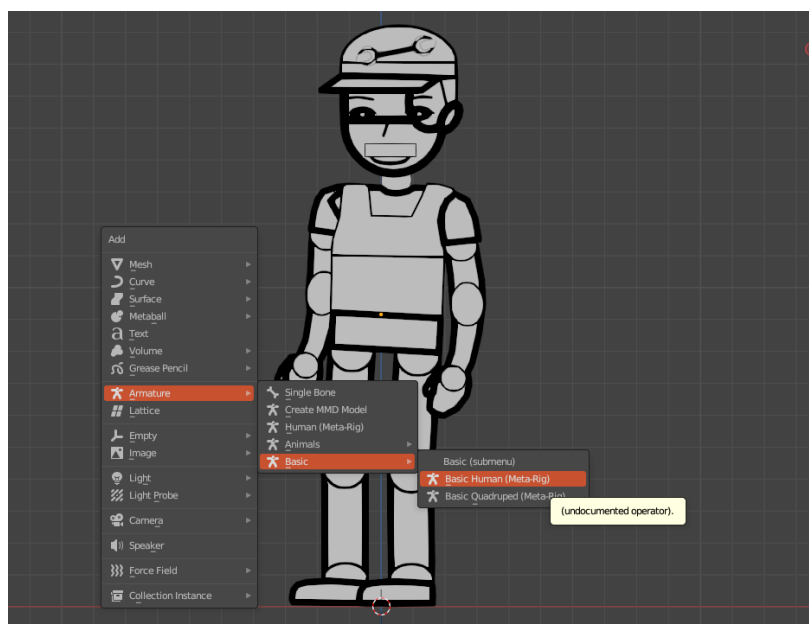
Nakon što se lik skalira, potrebno je promijeniti njegovu izvorišnu točku (engl. *origin*), koja definira poziciju objekta u 3D prostoru. Nova pozicija izvorišne točke je postavljena na stopala lika. To je postignuto pomicanjem lika prema gore, tako da mu se dno stopala nalazi na crvenoj osi te izborom opcije *Origin to 3D cursor*, što je prikazano na Slici 62.



Slika 62 Postavljanje izvorišne točke lika

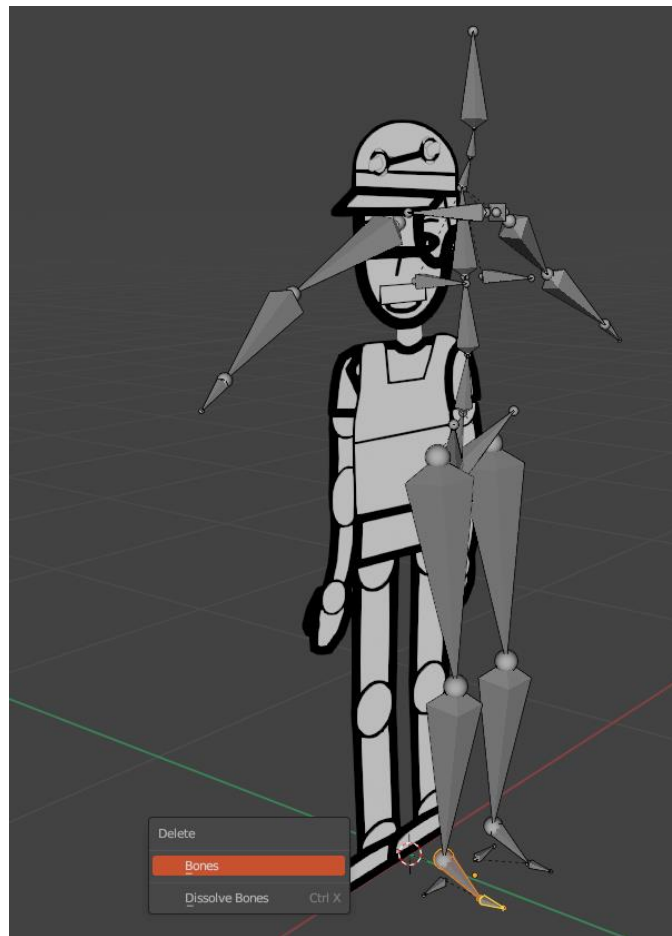
3.2.2.5. Izrada armature

Nakon izvođenja postupaka iznad, Luki se može dodijeliti armatura, pomoću koje će se animirati tijelo. Za armaturu se koristi Blender dodatak Rigify [28], koji olakšava proces izrade armature lika te nudi unaprijed napravljene armature. Kao osnova se koristi osnovna ljudska armatura Rigify-a (engl. *Basic Human rig*). Na Slici 63 se može vidjeti postupak dodavanja armature.



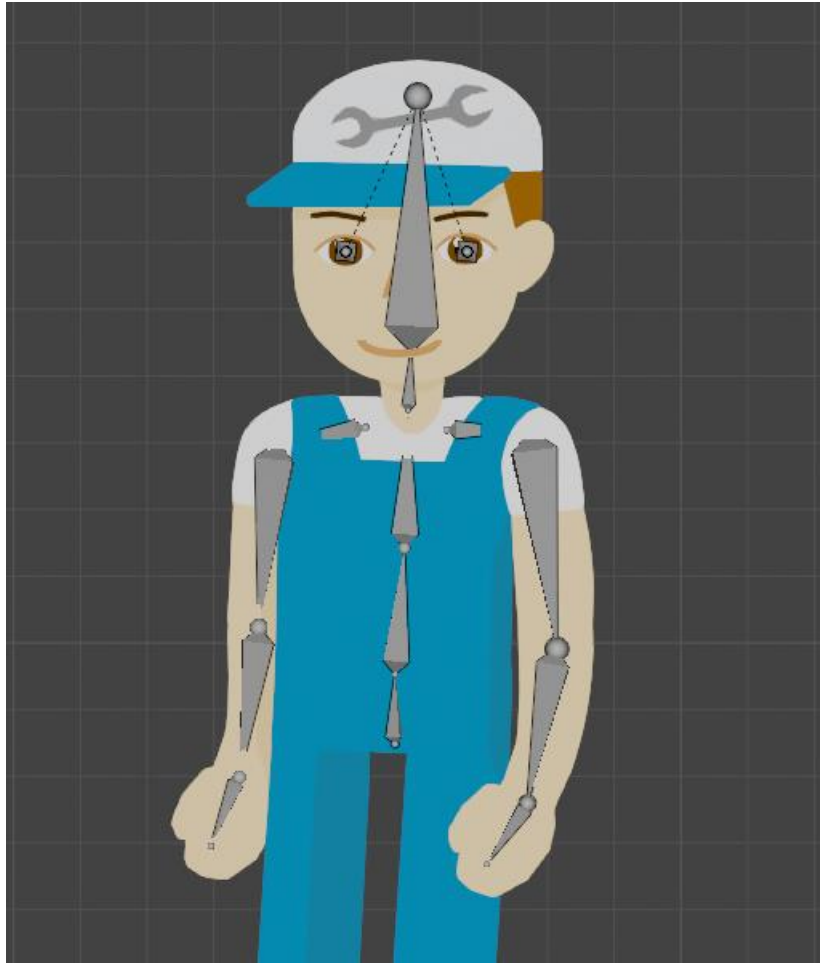
Slika 63 Dodavanje armature

Dobivena armatura ima višak kostiju, koje se zatim moraju maknuti, budući da nisu potrebne. Brisanje kostiju se može izvesti u načinu uređivanja, što je vidljivo na Slici 64.



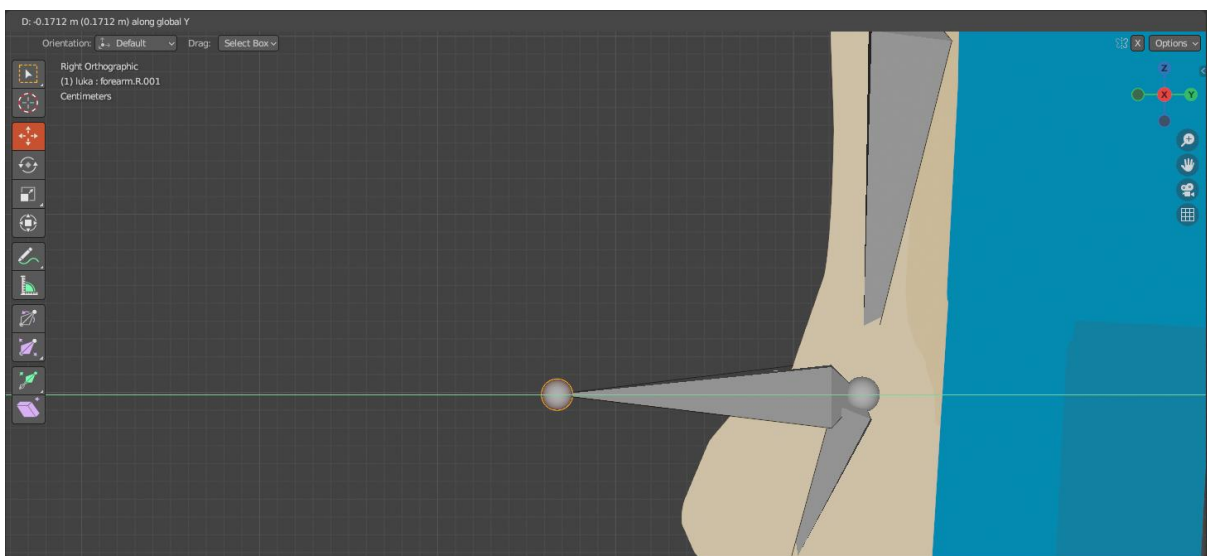
Slika 64 Brisanje nepotrebnih kostiju

Nakon brisanja kostiju, potrebno je armaturu prilagoditi obliku lika pomoću skaliranja i promjena pozicije njenih kostiju te je na kraju potrebno dodati nove kosti za oči, koje su kosti djeca glave. Izgled novonastale armature je vidljiv na Slici 65.

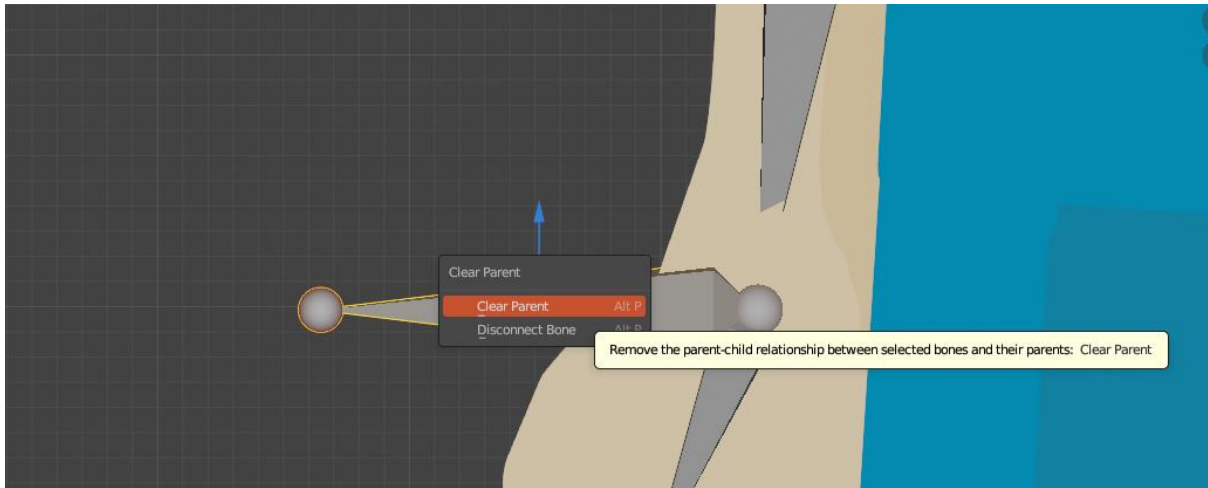


Slika 65 Izrađena armatura lika

Kako bi se mogla animirati armatura lika, potrebno je napraviti kontrolne kosti za *IK*. Kontrolne kosti se stvaraju procesom ekstruzije u načinu uređivanja, nakon čega se odvajaju od kostiju pomoću *Clear Parent* opcije. Postupak je vidljiv na Slikama 66 i 67.

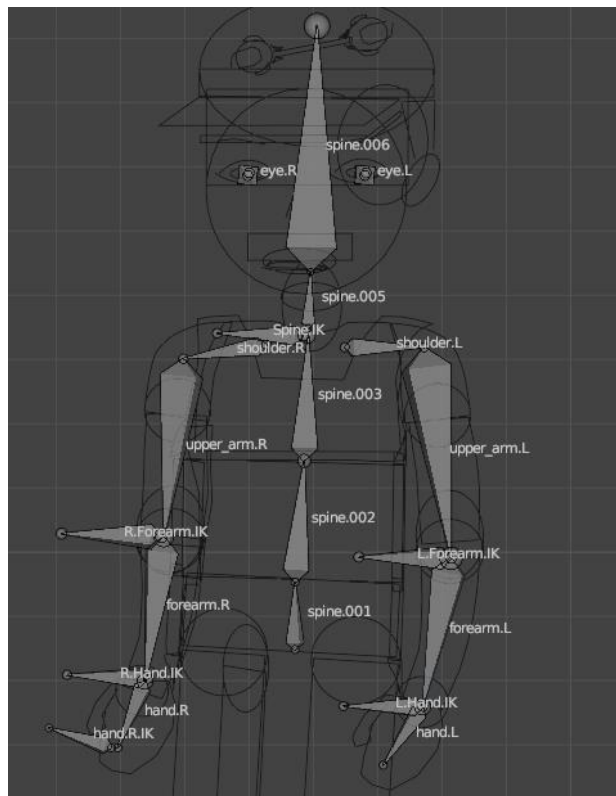


Slika 66 Ekstruzija kontrolne kosti



Slika 67 Brisanje roditeljskog odnosa za kontrolnu kost

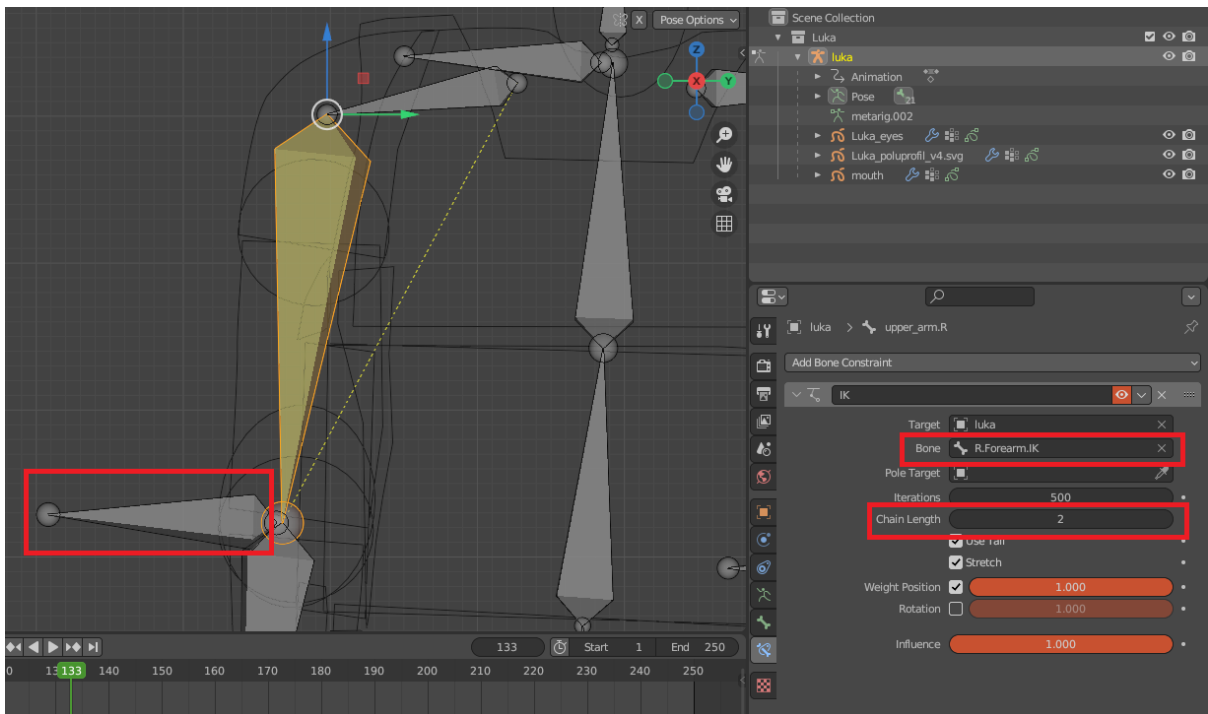
Istim postupkom se izrađuju kontrolne kosti za zglobove ruku te za trup. Na Slici 67 je vidljiva armatura lika sa kontrolnim kostima.



Slika 68 Armatura lika sa kontrolnim kostima

Nakon što je armatura lika napravljena, potrebno je povezati armaturu sa odgovarajućim *IK* kostima. To je postignuto korištenjem ograničenja. Ograničenja se dodaju na kosti u načinu poziranja (engl. *Pose Mode*).

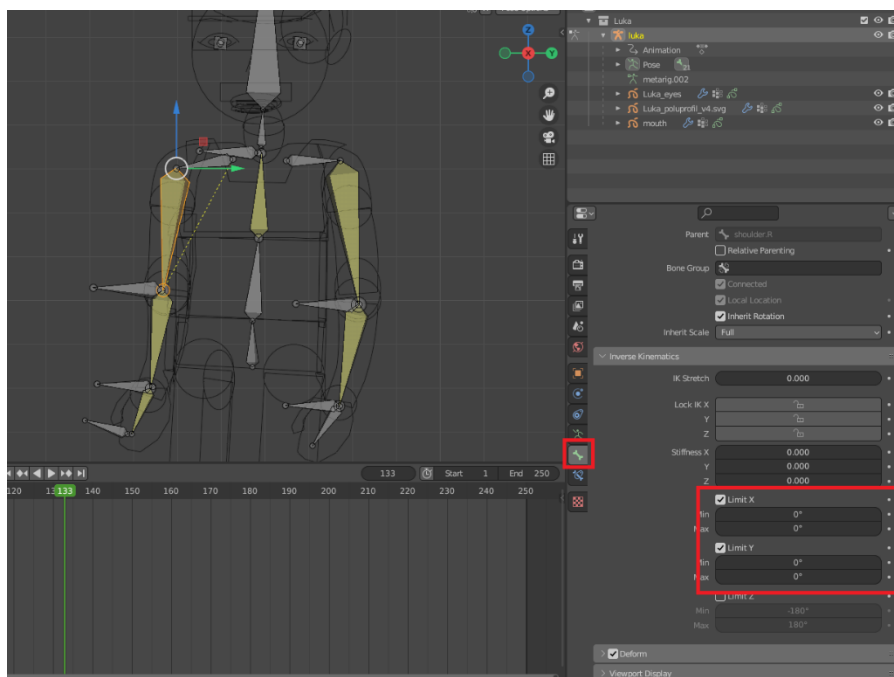
Kako bi se definirao *IK* za kost nadlaktice (*upper_arm.R*), potrebno je u načinu poziranja na tu kost dodati *IK* ograničenje te definirati kontrolnu kost s kojom će kost nadlaktice biti vezana i duljinu lanca na koji utječe *IK*. Na Slici 69 se može vidjeti konfiguriranje kosti *upper_arm.R*.



Slika 69 Povezivanje kosti sa odgovarajućom kontrolnom kosti

Isti postupak se primjenjuje za kosti podlaktice, šake i kralježnicu. Za kost podlaktice i šake se definira duljina lanca od 1, a za kost kralježnice je definirana duljina lanca 3.

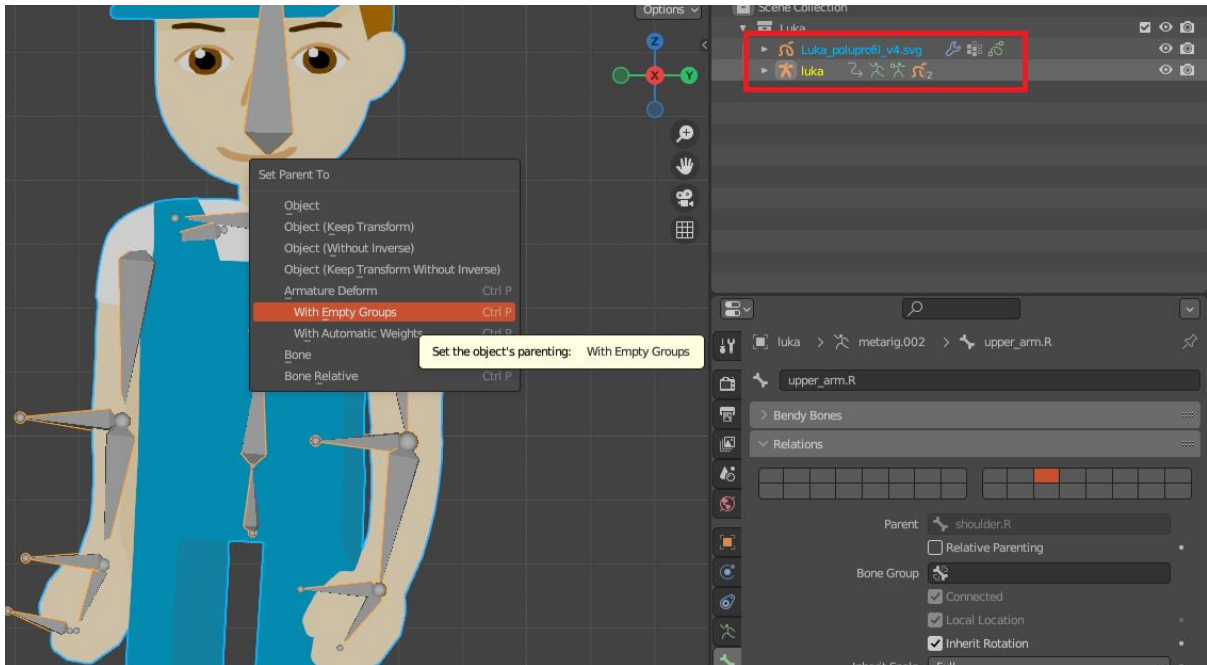
Kako bi se popravio *IK* te limitiralo kretanje kosti na 2D dimenzije, za sve kosti koje su dio *IK* lanca se definiraju dodatne postavke za *IK*, koje su dio svojstava kostiju (engl. *Bone Properties*) prikazanih u načinu poziranja. Limitira se rotacija kosti po X i Y osi, budući da je lik u dvije dimenzije. Postupak je prikazan na Slici 70.



Slika 70 Ograničenja *IK*-a za kost *upper_arm.R*

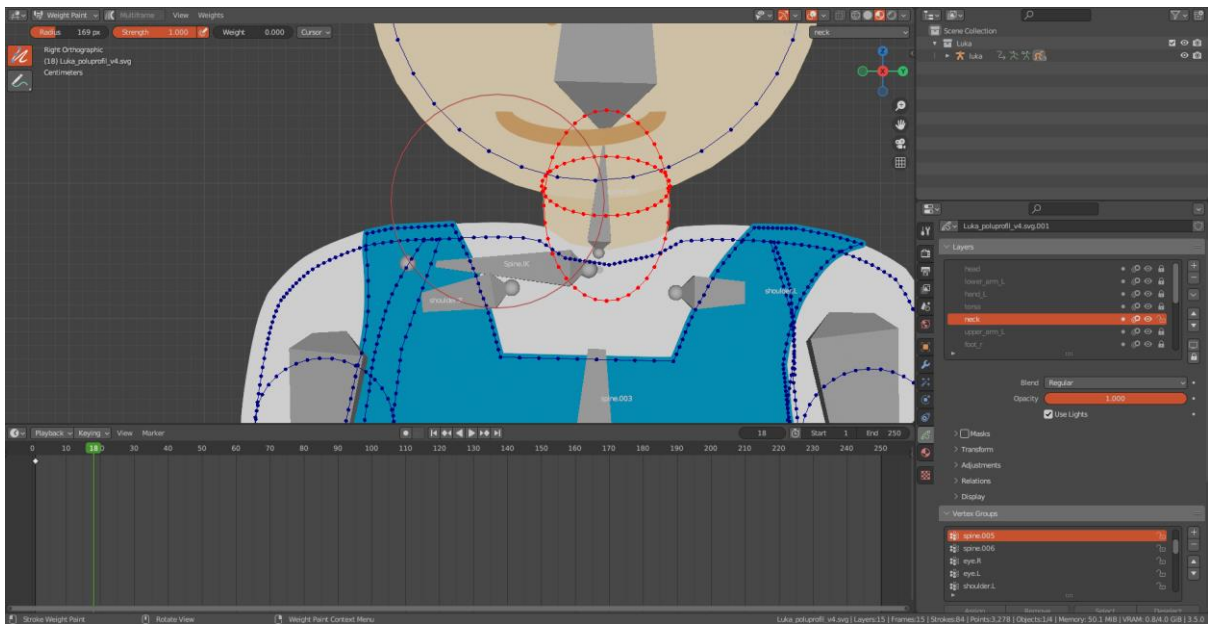
3.2.2.6. Povezivanje lika sa armaturom

Nakon definiranja ograničenja, model lika se može povezati sa armaturom. Proces se postiže izborom objekta i armature te njihovim povezivanjem pomoću opcije *Parent To Armature Deform With Empty Weights*, što je prikazano na Slici 71.



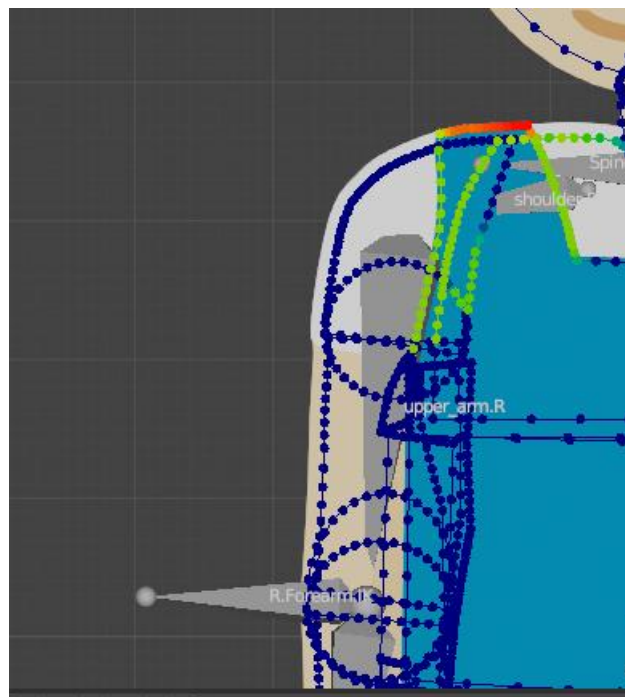
Slika 71 Povezivanje objekta i armature sa praznim grupama

Nakon što se objekti stvore, nastaju prazne grupe vrhova (engl. Vertex Groups), koje definiraju koji dijelovi modela su povezani s kojim kostima. Nazivi grupa vrhova odgovaraju nazivu kostiju. Kako bi se definiralo povezivanje, potrebno je otvoriti način bojanja težina (engl. *Weight-Paint Mode*). U načinu bojanja težina se za svaku grupu vrhova izabiru vrhovi koji su dio te grupe, zatim se izabire odgovarajući sloj *Grease Pencil* objekta, dok se ostali skrivaju te se sa „kistom“ poboja težina. Težina definira koliko kost utječe na deformaciju vrhove objekta te se kreće u rasponu 0-1. Što je veća vrijednost, kost će više deformirati taj dio objekta. Intenzitet je u Blenderu prikazan pomoću raspona boja. Plavo predstavlja težinu vrijednosti 0, a crveno težinu vrijednosti 1. Na Slici 72 je vidljivo bojanje težine za vrat, koje povezuje vrat sa kosti *spine.005*. Kako bi se definirala težina za vrat lika, potrebno je zaključati sve *Grease Pencil* slojeve, osim sloja *neck* te izabrati grupu vrhova *spine.005*, budući da ona odgovara kosti *spine.005*.

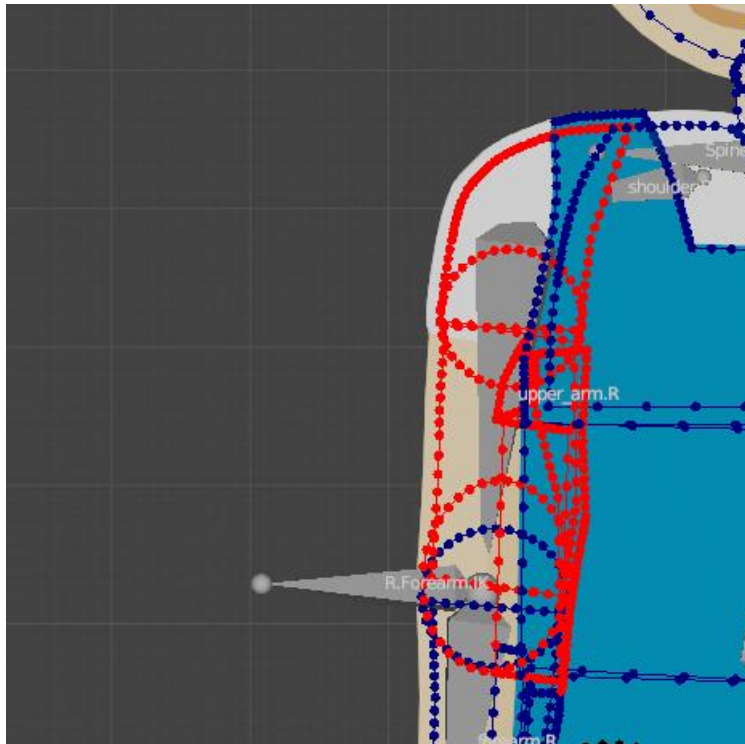


Slika 72 Postavljanje težine vrata na 1 za kost *spine.005*

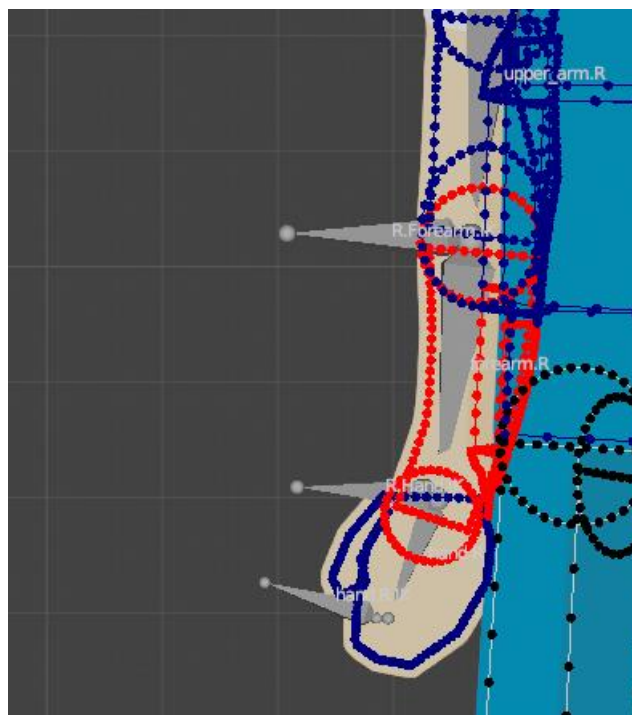
Isti proces se primjenjuje za sve kosti. Na slikama ispod se može vidjeti povezivanje kostiju desne ruke i desnog ramena sa odgovarajućim dijelovima objekta.



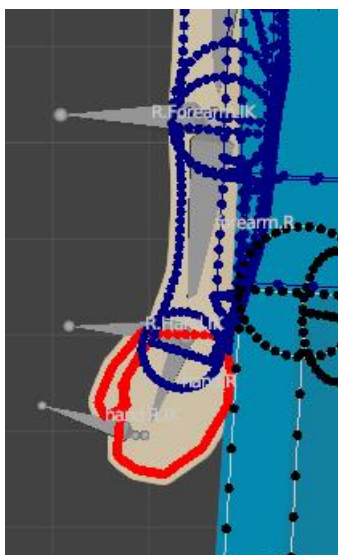
Slika 73 Težine za kost desnog ramena



Slika 74 Težina za kost nadlaktice

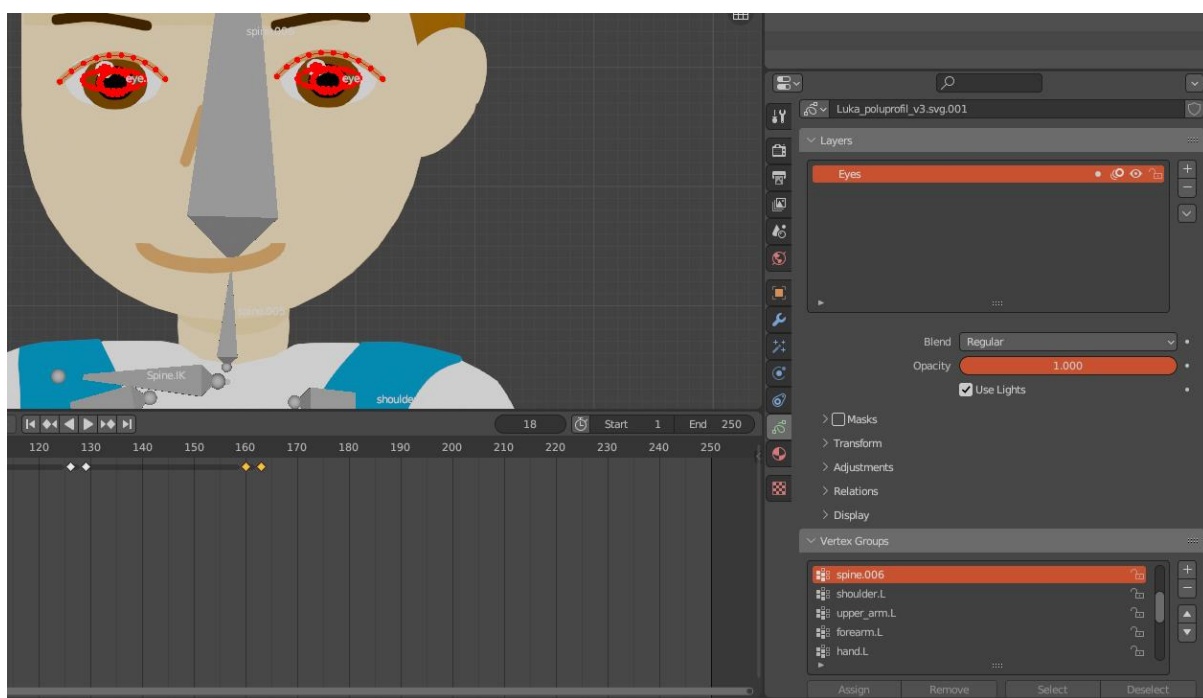


Slika 75 Težina za kost podlaktice

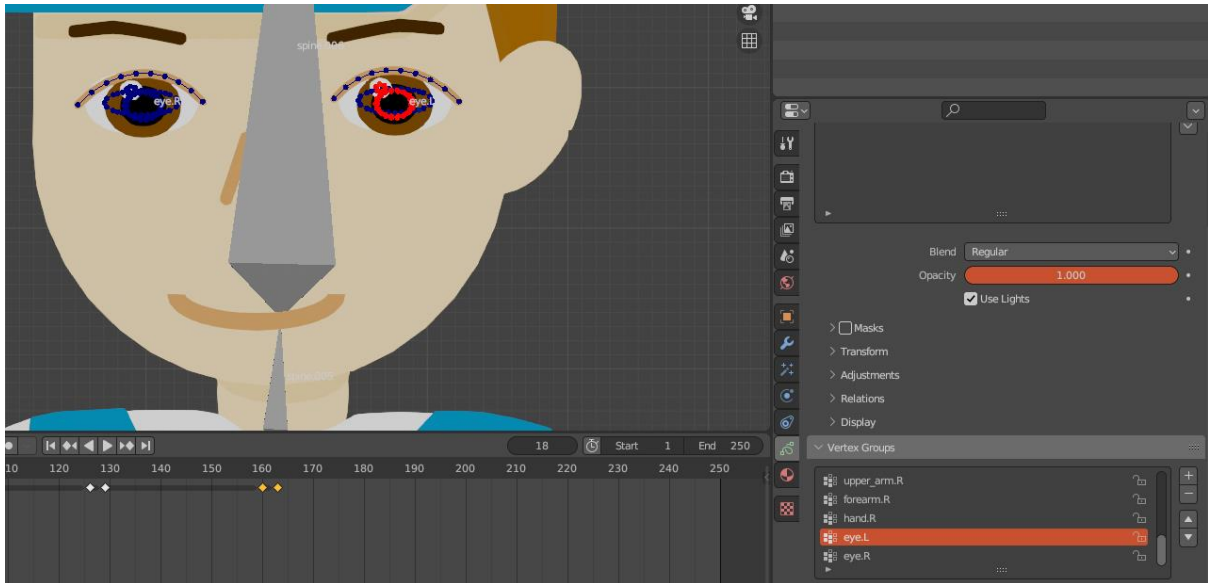


Slika 76 Težina za kost šake

Postupak se primjenjuje za sve kosti i dijelove tijela, uključujući i oči i usta. Budući da su oči i usta dio glave, povezuju se sa kosti glave istim postupkom. Dodatno se zjenica i šarenica povezuju sa odgovarajućim kostima koje su zaslužne za promjenu pozicije očiju, što je vidljivo na Slikama 77 i 78.

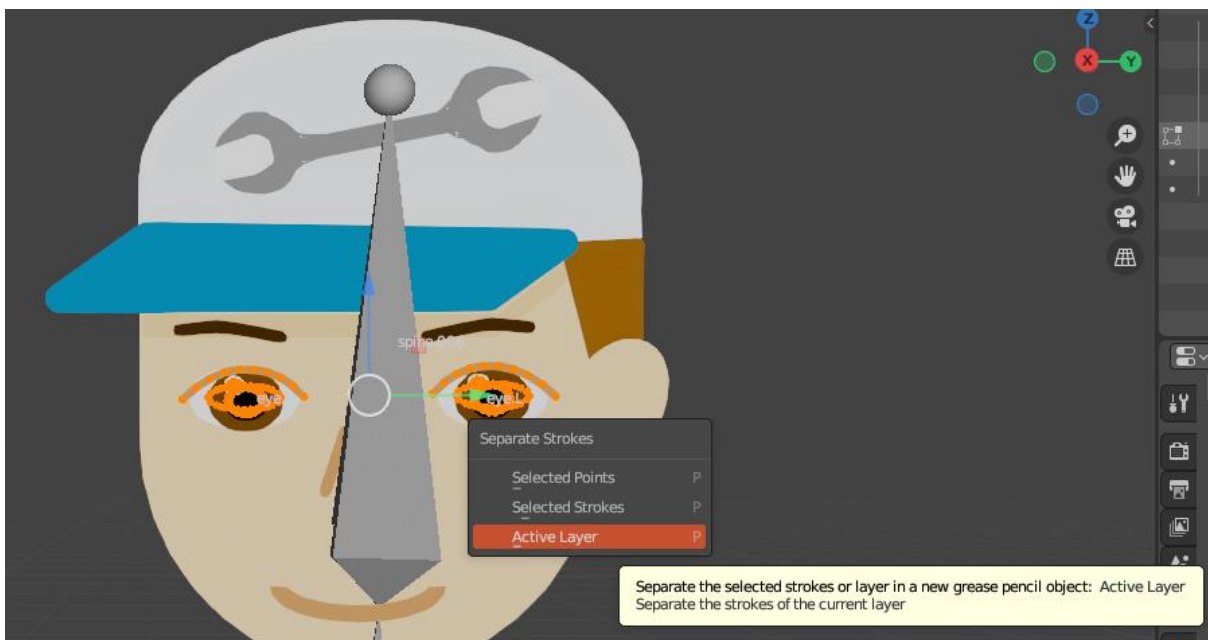


Slika 77 Oči su povezane s kosti glave



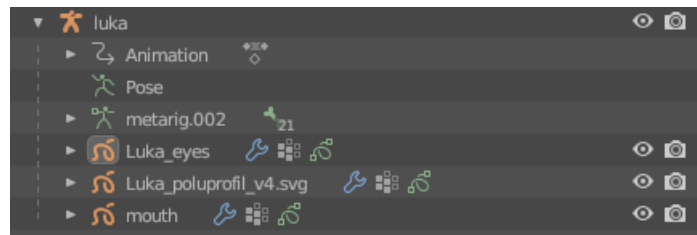
Slika 78 Zjenica i šarenica su povezane sa odgovarajućim kositma za upravljanje očima

Nakon što su definirane težine za sve kosti, oči i usta se mogu izdvojiti u zasebne *Grease Pencil* objekte pomoću *Separate by Active Layer* opcije u načinu uređivanja, što je prikazano na Slici 79.



Slika 79 Odvajanje sloja očiju kao zasebni objekt

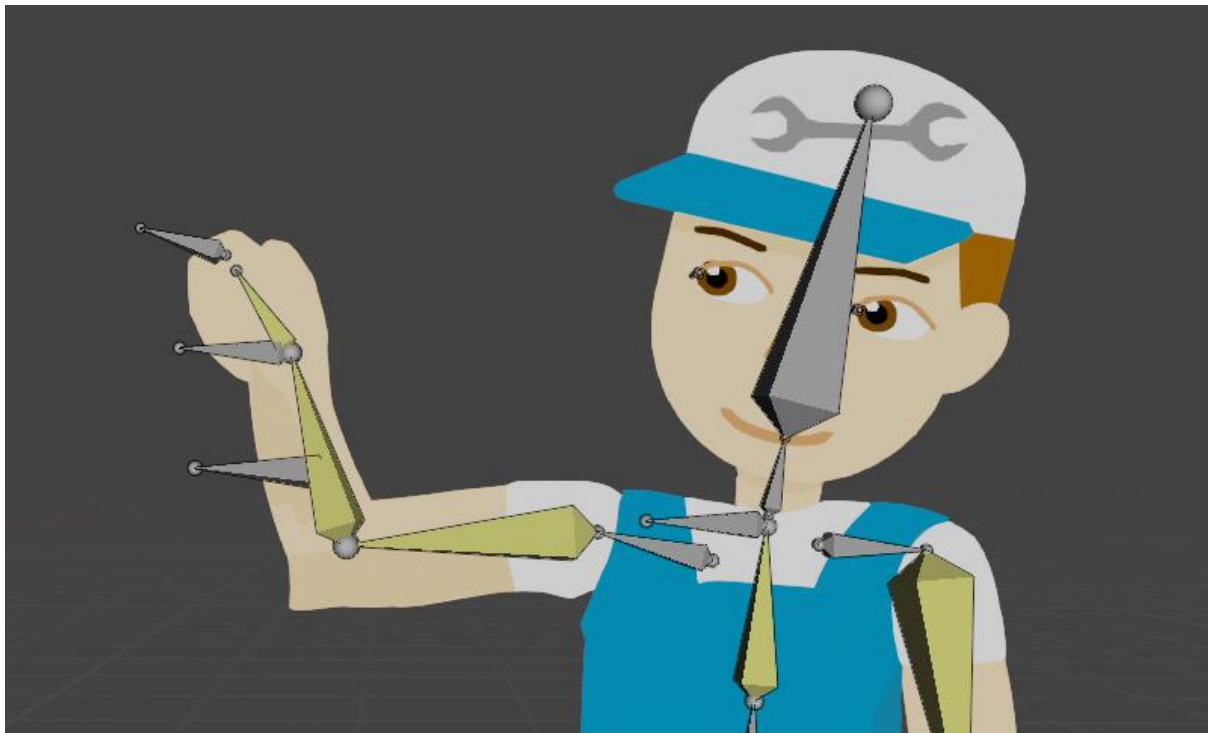
Nakon odvajanja nastane hijerarhija objekata na slici 80.



Slika 80 Hijerarhija modela Luke

3.2.2.7. Testiranje i prilagodba armature

Nakon što je objekt povezan s armaturom, pomicanjem kontrolnih kostiju se može testirati kvaliteta definiranih težina. Testiranje se izvodi u načinu poziranja te se provjeravaju neprirodna slamanja u modelu lika. Primjer jednog takvog slamanja je vidljiv na Slici 81.

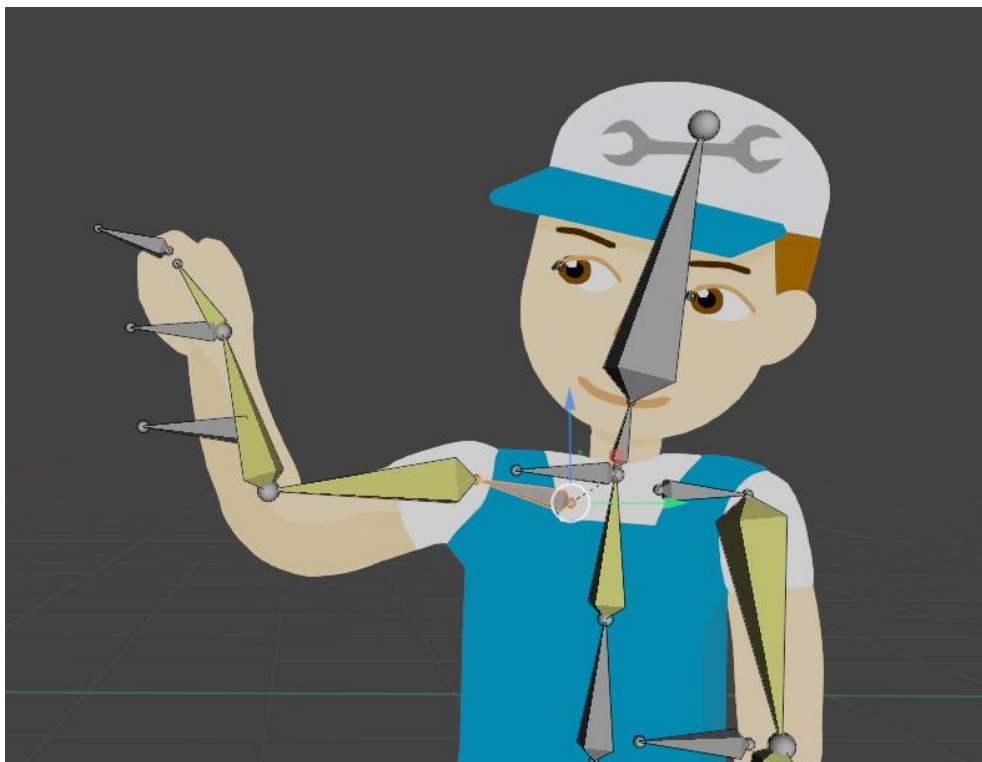


Slika 81 Neprirodno "slamanje" lakta i ramena lika

Razlog slamanja proizlazi iz načina crtanja lika i definicije težina. Problem se popravio definiranjem savitljivih kostiju na odgovarajućim dijelovima armature. Tako se za kost nadlaktice i desnog ramena postavilo broj segmenata savitljivih kosti na 4. Kako bi se to namjestilo, potrebno je ostati u načinu poziranja. Postupak je prikazan na Slici 82, a rezultat na Slici 83.



Slika 82 Promjena segmenata za kost *upper_arm.R*



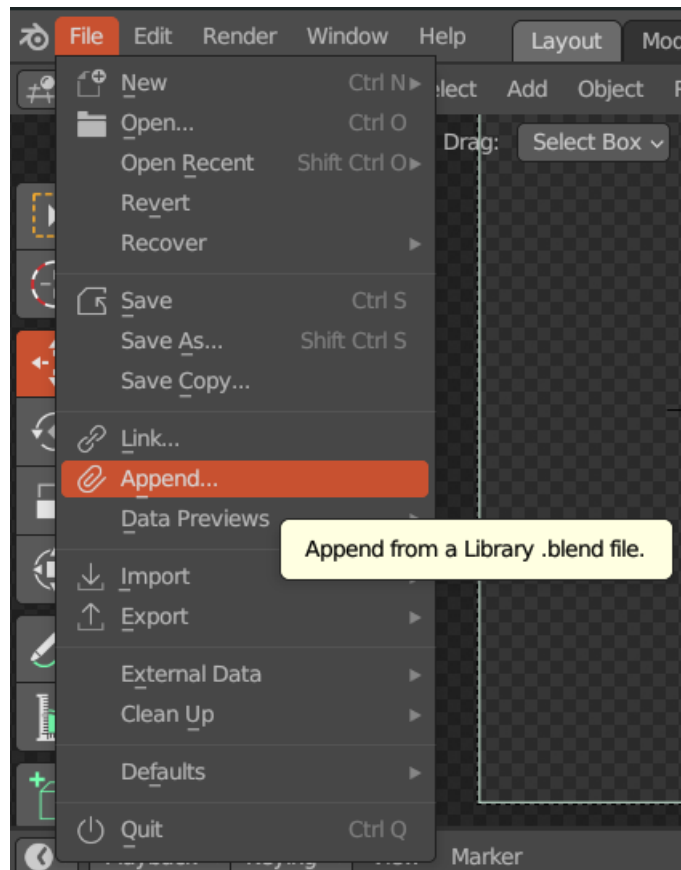
Slika 83 Rezultat uvođenja savitljivih kosti na nadlakticu i rame

Nakon što je armatura izrađena i namještena, lik se može ugraditi u kadar u kojem će se animirati.

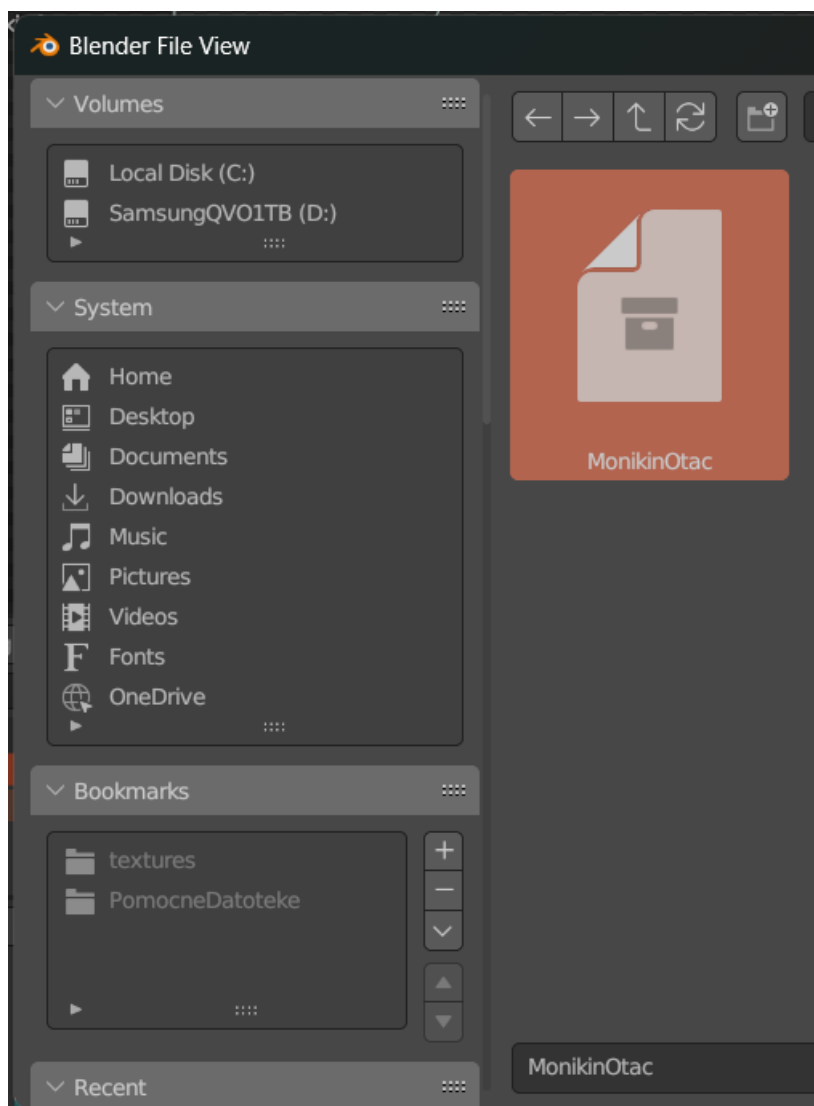
3.2.3. Postupak animiranja likova

U ovom poglavlju je prikazan postupak animiranja likova u dva kadra animacije. U prvom kadru se prikazuje proces animiranja dijaloga, a u drugom proces animiranja interakcije s objektima.

Prije nego što se započne animiranje likova, bilo je potrebno uvesti likove u kadar te ih pozicionirati u kadru, u skladu sa vizualizacijom kadra nacrtanog za animatik. Pripremljeni likovi se uvoze u kadar, koji je napravljen u zasebnoj datoteci, te se pomoću Blenderove mogućnosti prilaganja (engl. *Append*), uvoze u kadar. Proces je prikazan na Slikama 84 i 85.



Slika 84 Izbor opcije za prilaganje objekata iz drugih Blenderovih datoteka



Slika 85 Izbor objekta koji se uvozi iz druge Blender Datoteke

Nakon što su likovi uvezeni, može se započeti animiranje likova.

3.2.3.1. Animiranje lica

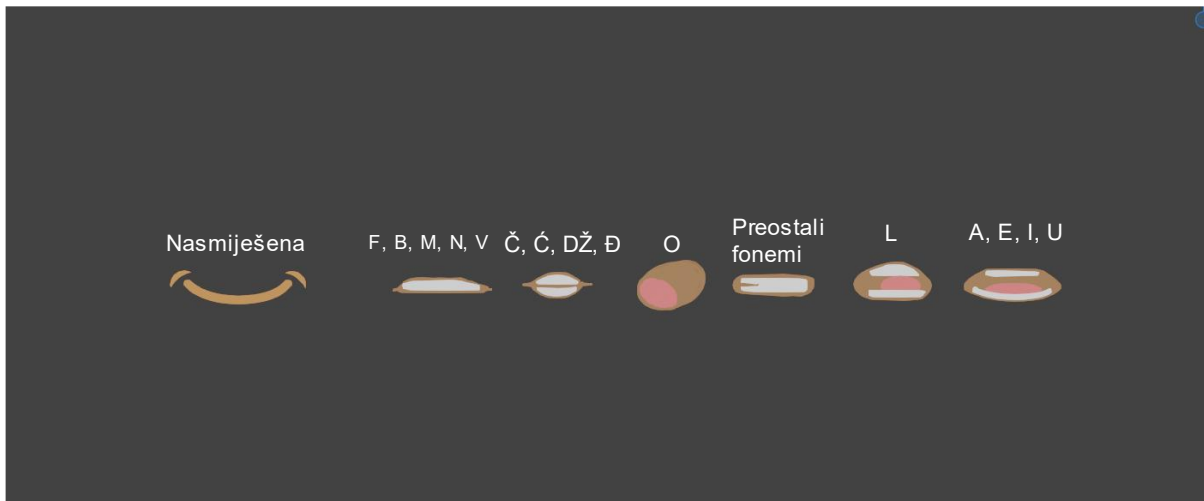
Za animiranje lica se koristi *Grease Pencil* funkcionalnost koja omogućuje promjenu oblika spremljenih u ključnim okvirima (engl. *keyframes*).

Za elemente lica (oči i usta) su se izradile zasebne varijante koje se izmjenjuju u animaciji. Za oči likova je nacrtana varijanta zatvorenih očiju, pomoću koje se simulira treptanje, te je za usta definirano 8 različitih oblika, koji se izmjenjuju ovisno o fonemima koje osoba izgovara ili emocijama koje se trebaju prikazati.

Oblici usta su sljedeći:

- Neutralna usta – situacija kada osoba ne govori
- Nasmješena usta za prikaz pozitivnih emocija osobe.
- Otvorena usta koja predstavljaju samoglasnike (A, E, I, U)
- Otvorena usta, gdje jezik dodiruje gornji red zubiju (L)
- Elipsoidna usta, koja predstavljaju fonem O
- Usta vezana za foneme Č, Ć, DŽ, Đ
- Oblik vezan za foneme F, B, M, N, V
- Oblik koji predstavlja preostale foneme abecede.

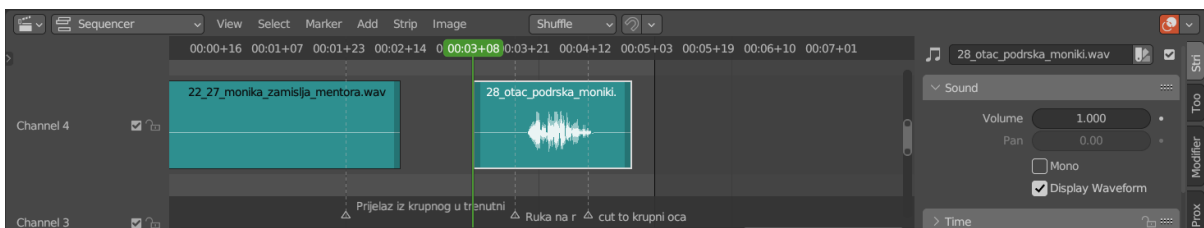
Na Slici 86 se mogu vidjeti svi oblici ustiju (osim neutralnih).



Slika 86 Oblici ustiju i fonemi na koje se odnose

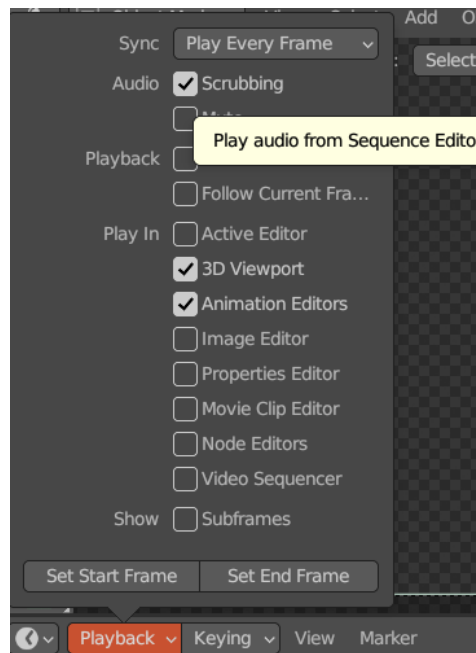
Oblici ustiju su izrađeni kao zasebni *Grease Pencil* objekti koji su se pomoću *Append* opcije uveli u kadar.

Nakon što su se pripremila usta, bilo je potrebno u Blender uvesti zvuk temeljem kojeg će se animirati usta. Zvuk se uvodi u potprozor znan kao *Video Sequencer*. U tom sloju se mogu postavljati zvučni zapisi koji su dio renderirane animacije. Za uvezeni zvuk se zatim uključuje opcija prikazivanja valnih oblika (engl. *Show Waveform*), kako bi se olakšao proces animiranja ustiju. Prikaz valnih oblika je vidljiv na Slici 87.



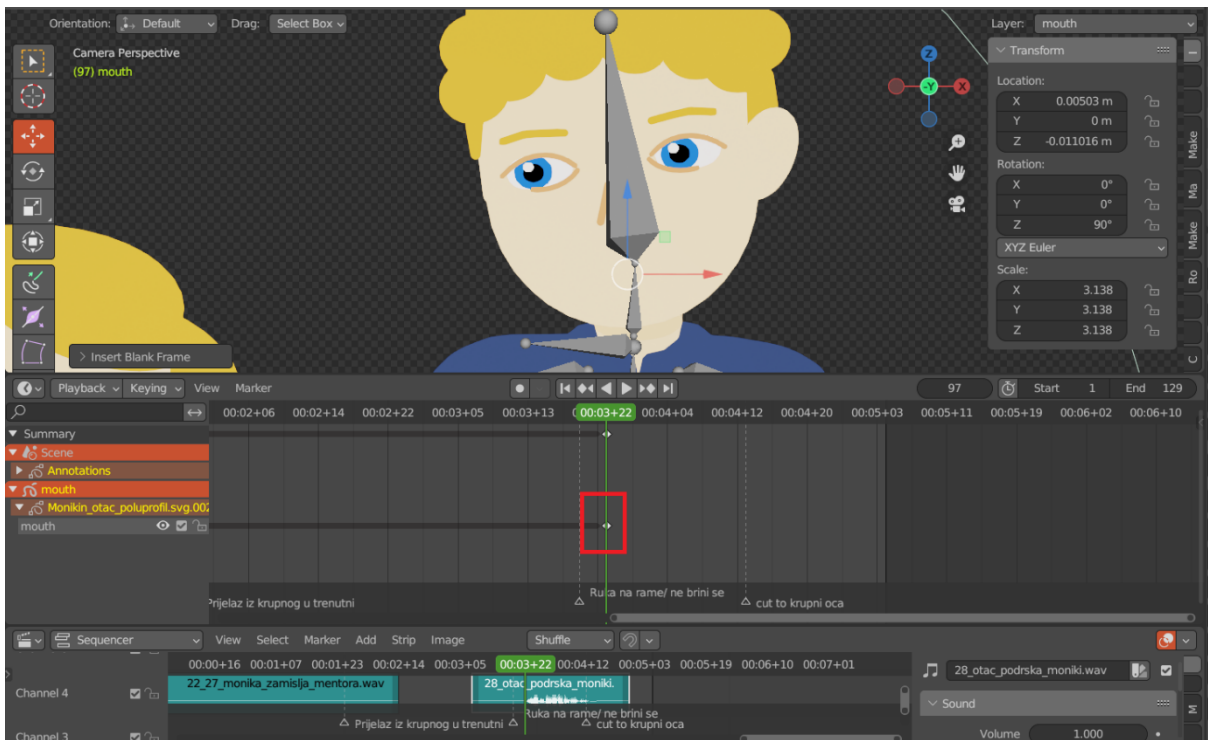
Slika 87 Prikaz valnih oblika za uvedeni glas

Kako bi se omogućilo slušanje zvučnog zapisa tijekom procesa animiranja, potrebno je uključiti *Audio Scrubbing* opciju. *Audio Scrubbing* omogućuje aktiviranje audiozapisa dok se pomiče oznaka trenutne sličice (zeleni traka vidljiva na Slici 87). Na Slici 88 je prikazan postupak aktiviranja *Audio Scrubbing* opcije.



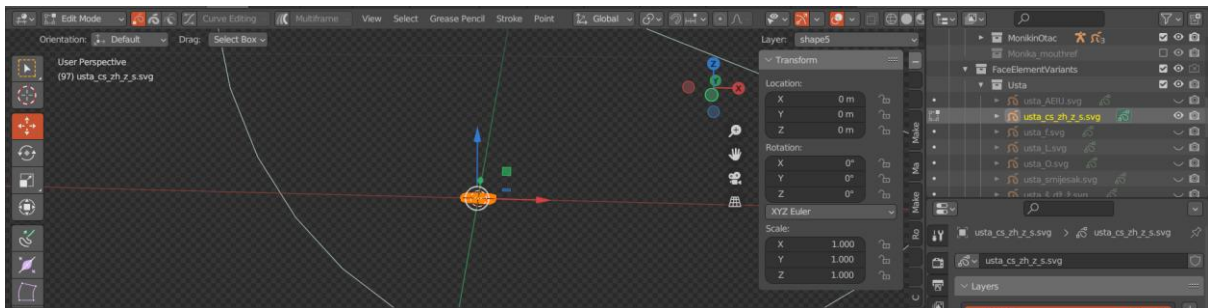
Slika 88 Aktiviranje *Audio Scrubbing* opcije

Animiranje lica se izvodi u načinu uređivanja (engl. *Edit Mode*) ustiju lika. Prolaskom kroz sličice (engl. *frame*) i slušanjem zvuka se traže odgovarajući fonemi u snimljenom glasu te se na tom mjestu u vremenskoj liniji doda prazni ključni okvir za usta (pomoću tipki SHIFT+I) i postavi oblik ustiju koji odgovara tom fonemu. Proces je prikazan na sljedećim slikama.



Slika 89 Dodavanje ključnog okvira za fonem N

Na kadru 97, lik započinje govor s fonemom N (Slika 89). Za taj kadar se dodaje novi ključni oblik za usta te se kopira odgovarajući oblik ustiju iz Blender modela koji odgovara fonemu N, što je prikazano na Slici 90 i 91.

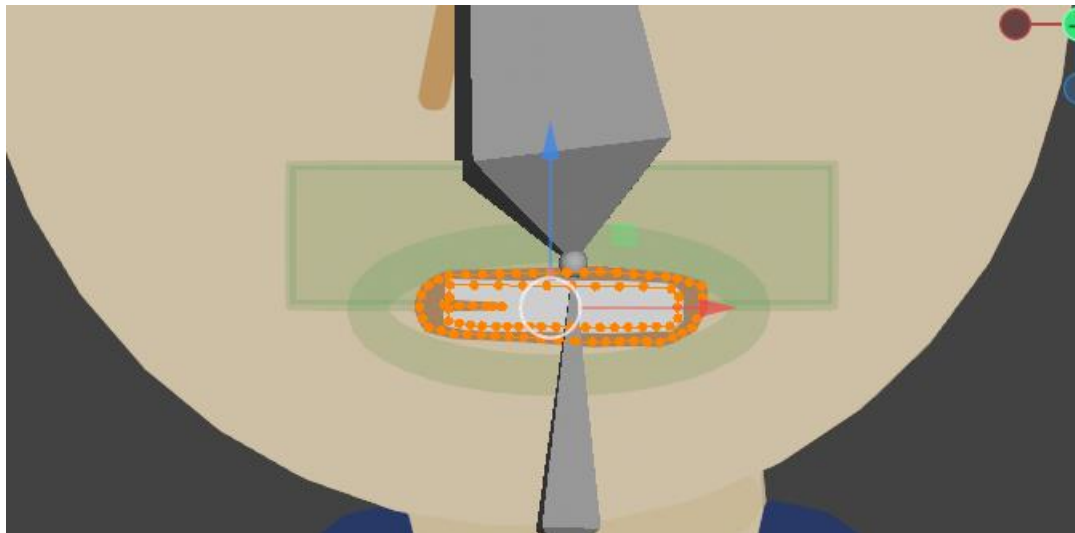


Slika 90 Kopiranje oblika ustiju koje odgovaraju fonemu N



Slika 91 Postavljanje ustiju na model lika

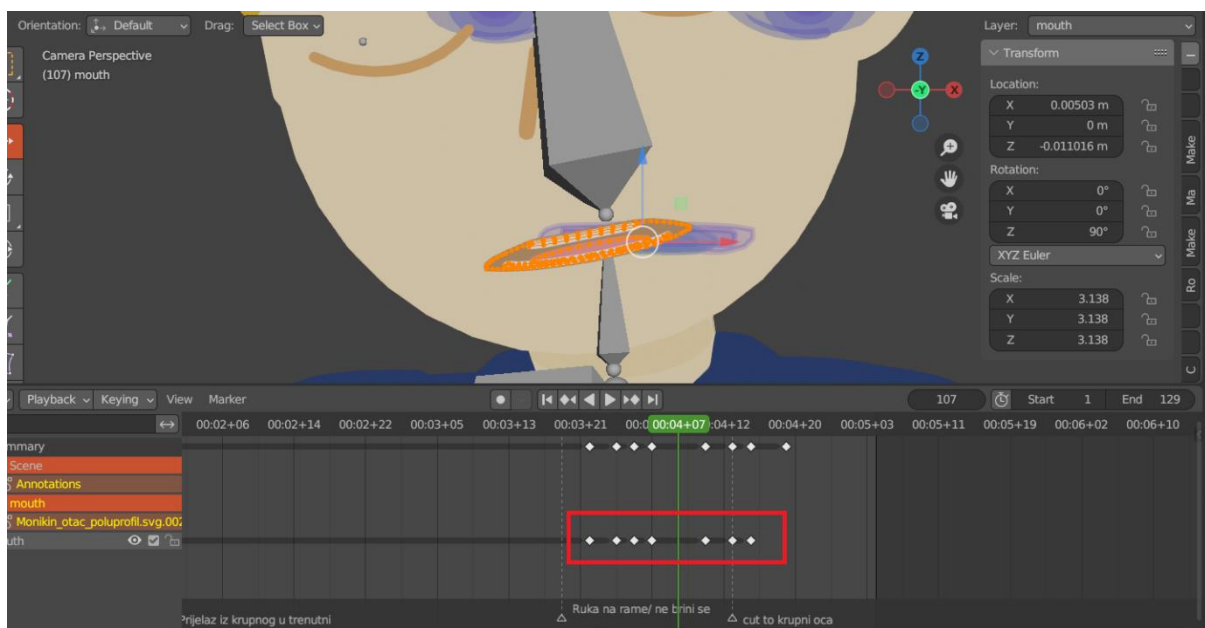
Nakon što se usta zalijepe, novi oblik se automatski sprema u ključni okvir koji je trenutno označen sa zelenom trakom (Slika 91). Zatim se pomoću *Onion Skinning-a* provjerava trenutni oblik ustiju u usporedbi sa prethodnim, kako bi se osiguralo da je novi oblik na istoj poziciji kao i prethodni, što sprječava efekt „hodanja“ ustiju po licu. *Onion Skinning* je animacijska tehnika koja prikazuje više sličica animacije u istom trenutku, što olakšava pozicioniranje oblika ustiju. Na Slici 92 se može vidjeti *Onion Skin*.



Slika 92 Pozicioniranje ustiju pomoću *Onion Skin-a*

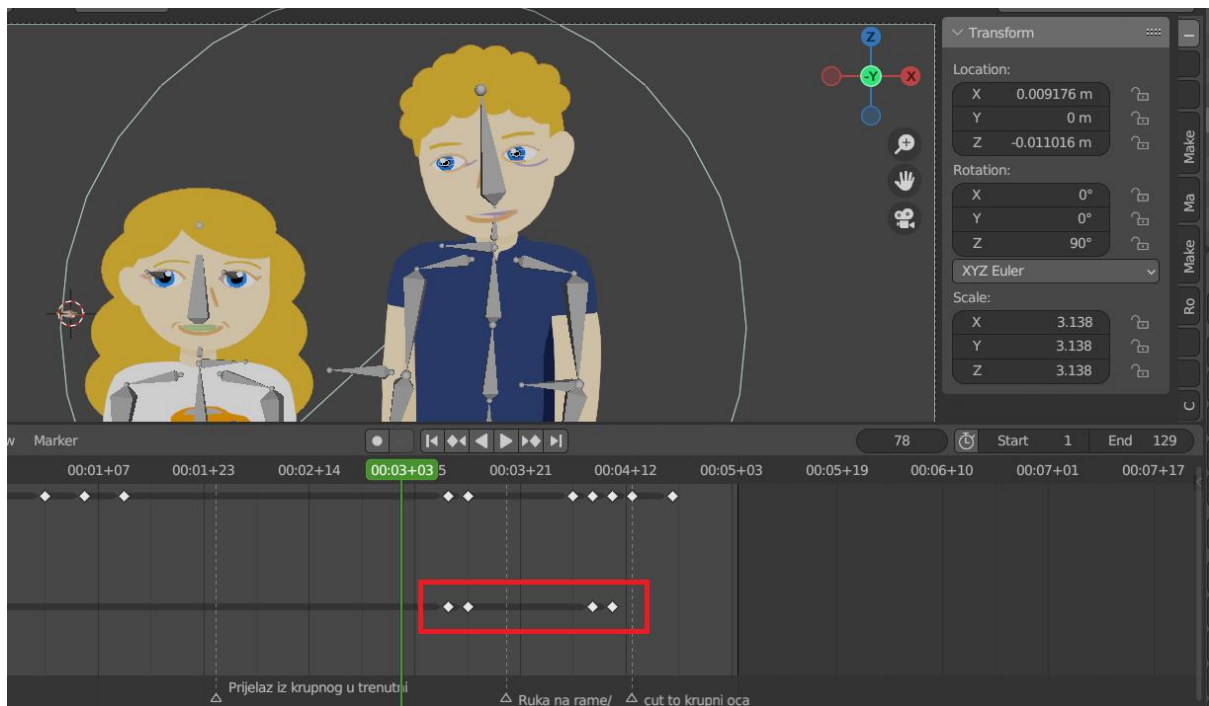
Naposljetku je potrebno povezati novi oblik ustiju sa odgovarajućom kosti glave u armaturi. To se izvodi pomoću načina bojanja težina i osigurava da se usta pomiču u skladu sa pokretima tijela lika.

Postupak se zatim ponavlja za ostatak govora lika, s tim da se treba osigurati razmak od najmanje dvije sličice između izmjene oblika ustiju. Konačni ključni okviri za animaciju ustiju lika su prikazani na Slici 93.



Slika 93 Ključni okviri za animaciju ustiju

Postupak animiranja očiju je jednak postupku animiranja ustiju. Za razmak između treptanja očiju je postavljen razmak od dvije do tri sekunde te su dodana treptanja između za riječi koje lik naglašava. Na Slici 94 su vidljivi ključni okviri za treptanje očima.

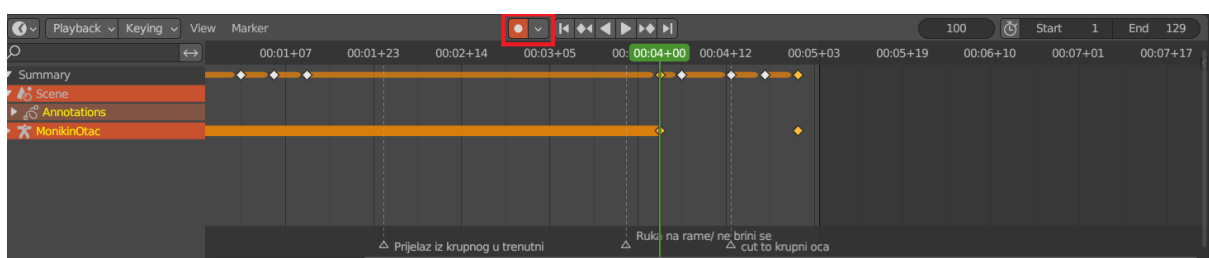


Slika 94 Ključni okviri za treptanje očima

Za treptanje očiju se koriste dva ključna okvira u razmaku od 2-5 sličica (engl. *frame-ova*). Prvi ključni okvir mijenja oblik očiju u zatvorene, a drugi ključni okvir mijenja oblik očiju u otvorene oči.

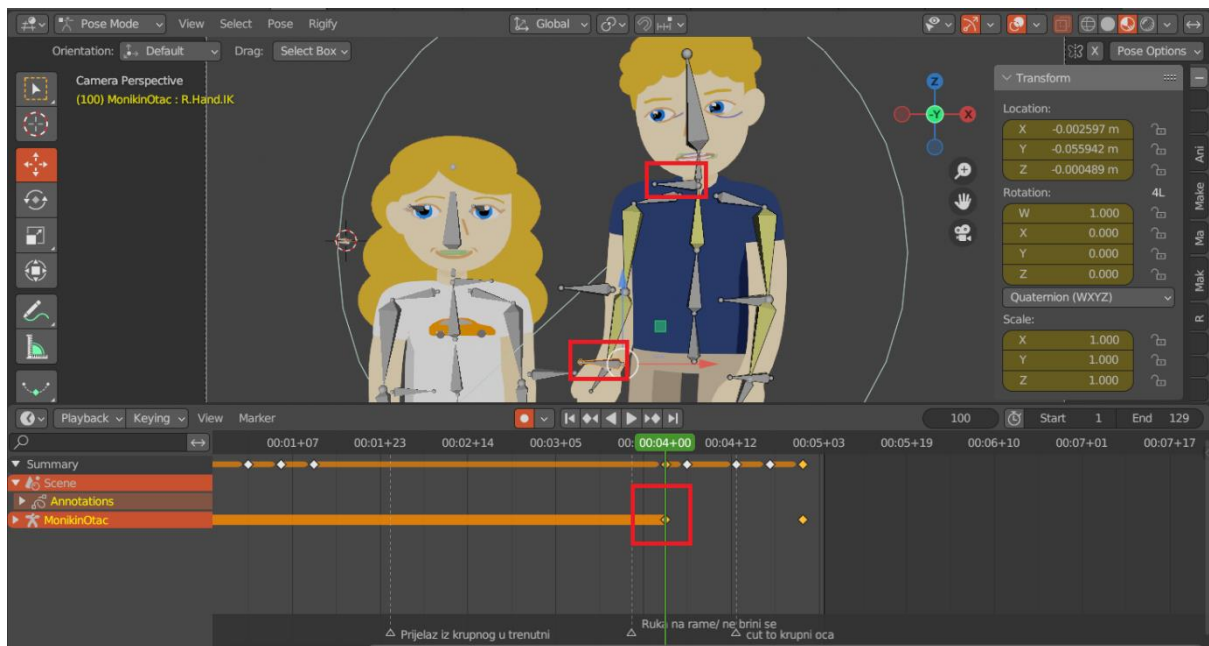
3.2.3.2. Animiranje tijela

Nakon što se animira lice likova, može se animirati i tijelo. Postupak animiranja tijela se sastoji od definiranja ključnih okvira u kojima se spremaju podaci o pozicijama odgovarajućih kontrolnih kostiju. Zatim se odgovarajućim tipom interpolacije određuje kako će se ta kost kretati. Tijelo lika se animira pomoću armature u načinu poziranja (engl. *Pose Mode*). Za lakše postavljanje ključnih okvira se koristi Blenderova opcija automatskog postavljanja ključeva (engl. *Auto Keying*). Ta opcija automatski stvori ključne okvire za objekt nakon što se primijete promjene u vrijednosti svojstava. Opciju je potrebno uključiti pomoću gumba vidljivog na Slici 95.

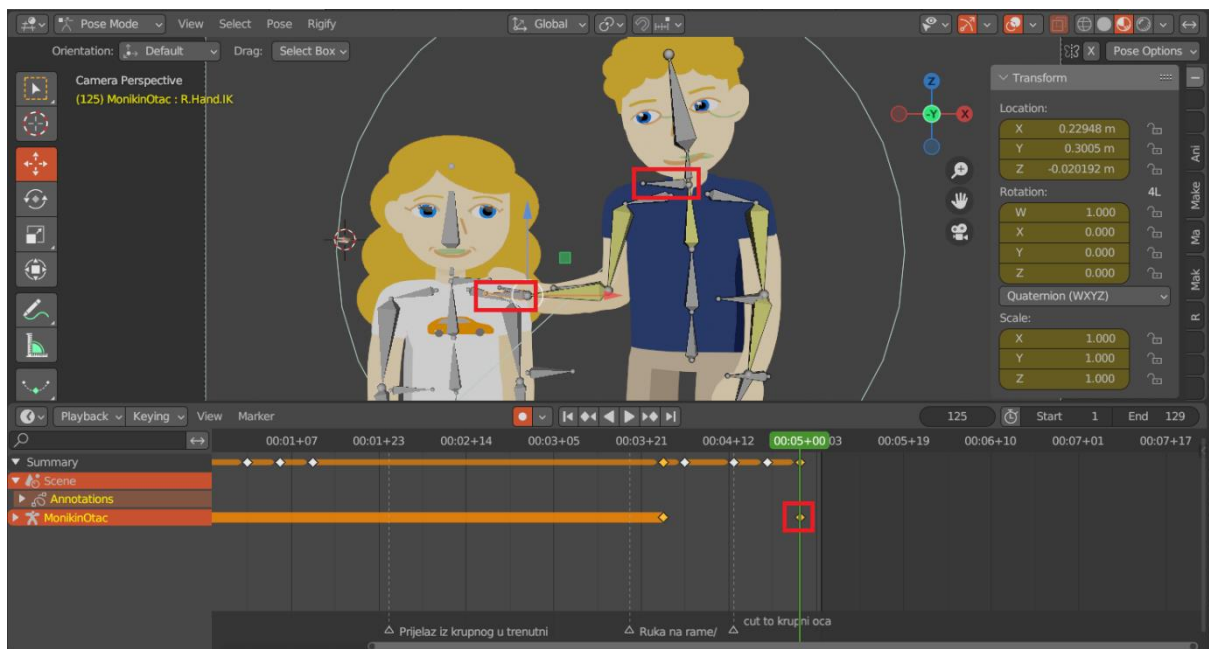


Slika 95 Uključivanje *Auto Keying* opcije

Nakon toga je potrebno definirati govor tijela lika. Budući da lik koji se animira (Otac) u kadru tješi svoju kćer (Moniku) postavljanjem ruke na njeno rame, potrebno je definirati trajanje animacije podizanja ruke i odrediti držanje tijela oca. Blagim naginanjem prema kćeri se može postići dojam posvećenja pažnje. Također je određeno kako će animacija naginanja i podizanja ruke započeti nakon što otac krene govoriti. Za trajanje animacije je određeno trajanje od jedne sekunde. Budući da se koristi *IK*, bilo je potrebno animirati samo promjenu pozicija kontrolnih kosti kralježnice i šake. Na slikama 96 i 97 se mogu vidjeti početni i završni ključni okvir, kojim je animirano podizanje šake.

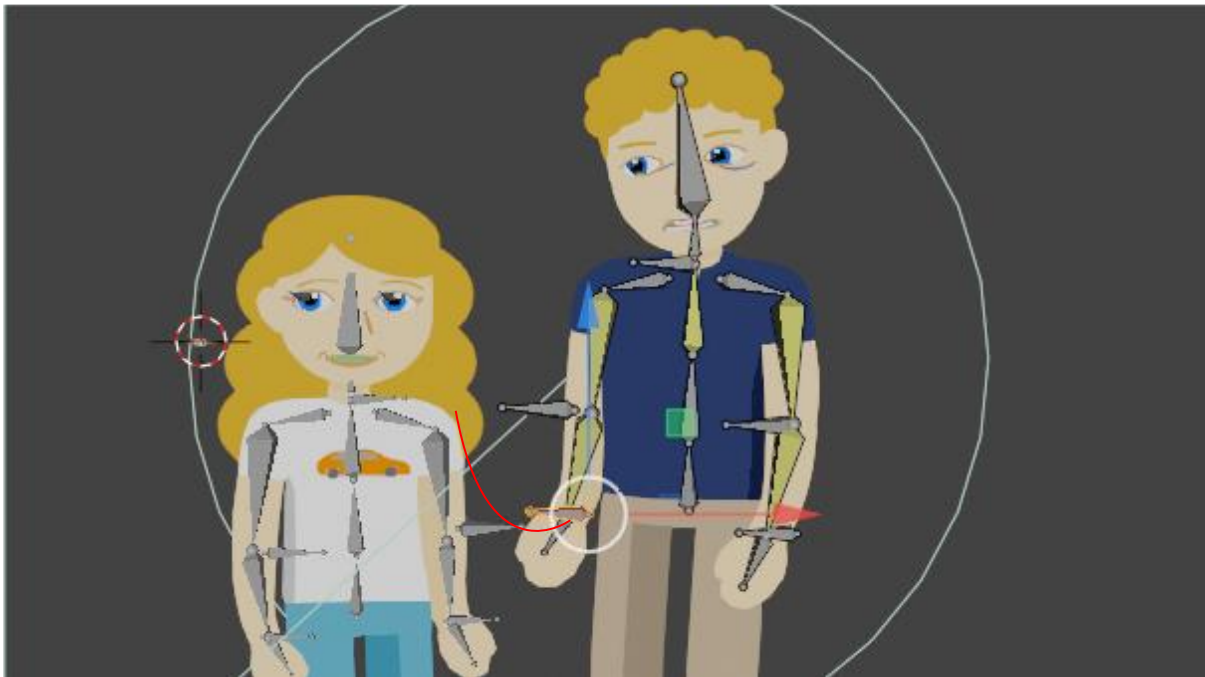


Slika 96 Pozicija kontrolnih kosti na prvom ključnom okviru

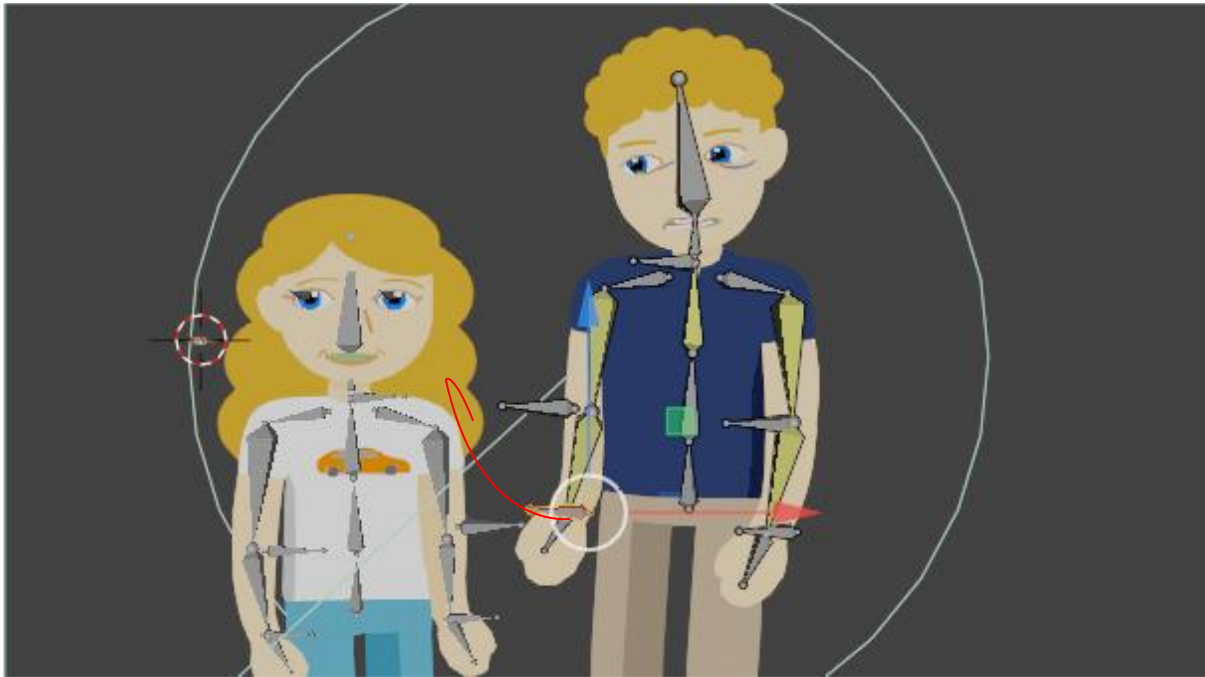


Slika 97 Pozicija kontrolnih kosti na drugom (zadnjem) ključnom okviru

Animacija tijela koja nastaje je „neprirodna“ jer koristi Blenderovu Bezier interpolaciju, koja koristi princip akceleriranja i usporavanja kretnji na prvom, odnosno zadnjem ključnom okviru. Neprirodnost proizlazi iz glatkog kretanja objekta u smjeru u kojem se treba kretati. Kako bi se kretanje učinile što prirodnijim, koristi se *overshooting*, što znači da objekt, kada završi s kretanjem, umjesto da u potpunosti stane u konačnoj poziciji, nastavi se kretati dalje od konačne pozicije pa se vrati na konačnu poziciju. *Overshooting* se može vidjeti na primjeru sljedećih slika, gdje je krivuljom skicirano kretanje ruke u animaciji. Temeljem skice kretanje ruku se može vidjeti ostvarenje jednog od 12 principa animacije – kretanje po luku. Na Slici 98 je prikazana animacija kretanja ruku bez *overshooting-a*, a na Slici 99 sa primijenjenim *overshooting-om*.

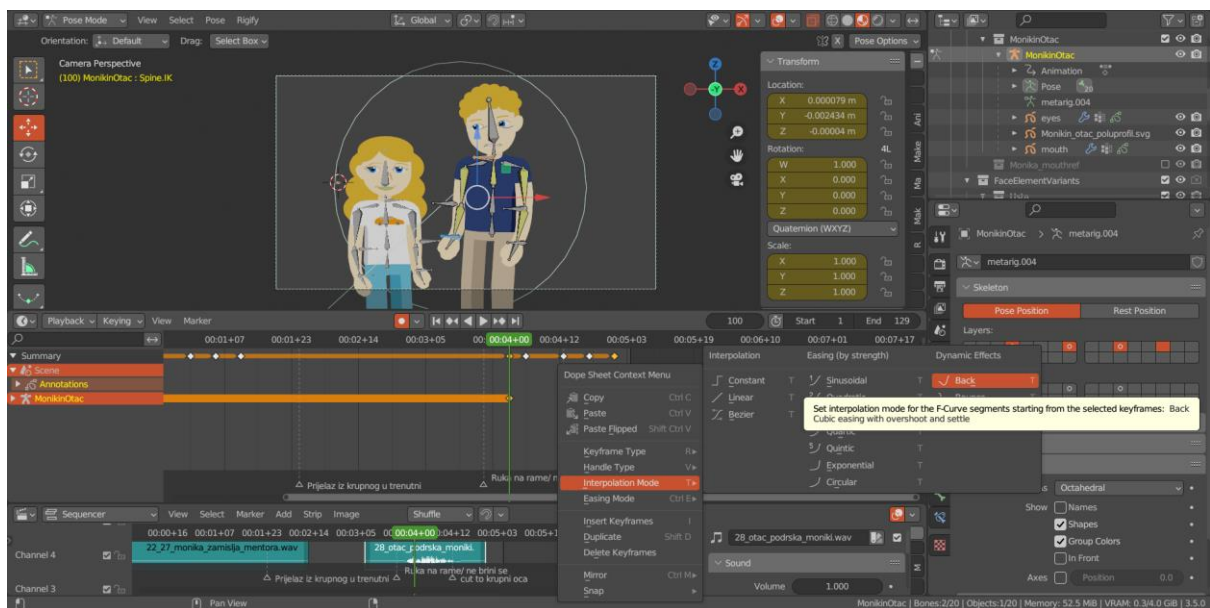


Slika 98 Kretanje ruke bez *overshooting-a*



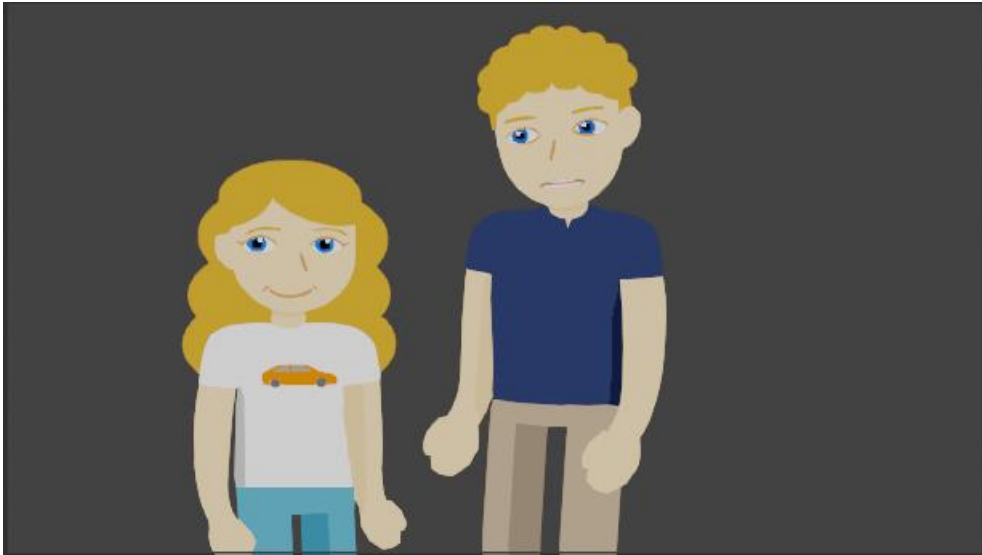
Slika 99 Kretanje ruke sa *overshooting-om*

Kao što je vidljivo, *overshooting* dodaje veću dinamičnost i realizam kretanju likova. Kako bi se postiglo takvo ponašanje, izabran je raspon ključnih okvira za animirane kontrolne kosti i postavljen je tip interpolacije kao *Back*.

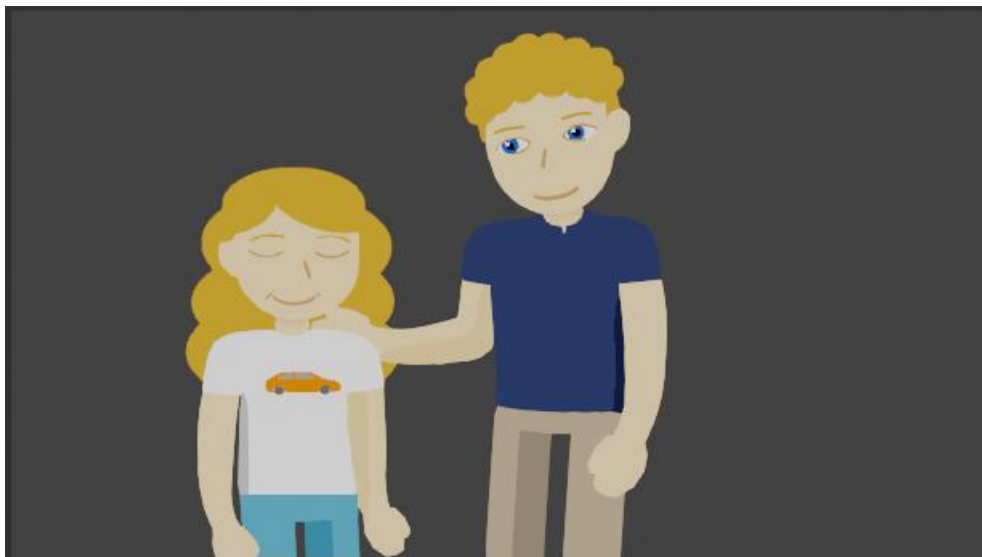


Slika 100 Postavljanje načina interpolacije kao *Back*

Na Slikama 101, 102 i 103 su prikazani isječci konačne animacije tijela. Na Slici 101 je prikazana početna pozicija lika, na Slici 102 pozicija tijekom podizanja ruke, a na Slici 103 je vidljiva konačna pozicija. Usporedbom Slike 102 i 103 se može vidjeti *overshooting*.



Slika 101 Početna pozicija lika



Slika 102 *Overshooting* ruke



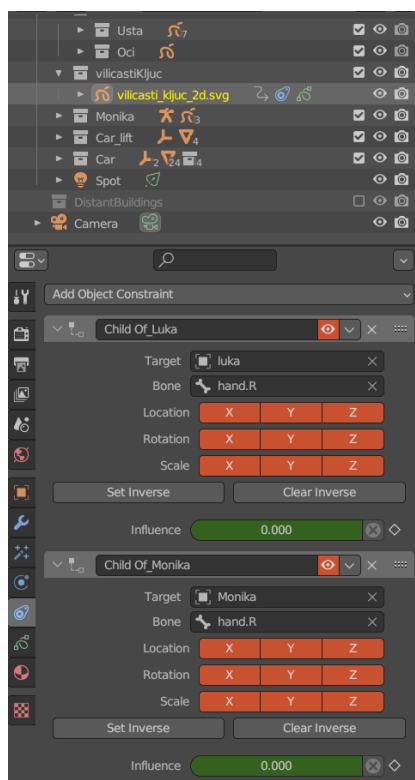
Slika 103 Konačna pozicija lika

3.2.3.3. Animiranje interakcije s objektima

Za animirani film je također bilo potrebno i napraviti kadrove u kojima likovi koriste određeni objekt, kao što je viličasti ključ u kadrovima u kojima se prikazuje popravljavanje automobila. Na primjeru kadra, u kojem dva lika (Monika i njen mentor Luka) izmjenjuju viličasti ključ je prikazan postupak kojim je ostvaren taj efekt.

Kako bi se stvorio dojam držanja viličastog ključa u ruci, potrebno je koristiti *Child-Of* ograničenje. Korištenjem ograničenja i povezivanjem s kosti ruke, osigurava se da će viličasti ključ pratiti šaku osobe. Prilikom dodavanja ograničenja definira se ciljni objekt na koji se objekt vlasnik veže. Ciljni objekt je kost šake te se on postavi u odgovarajuće područje (Slika 104). Nakon što se aktivira ograničenje, potrebno je izabrati *Set Inverse* opciju kako bi se pozicija objekta resetirala na stanje prije primjene ograničenja [29].

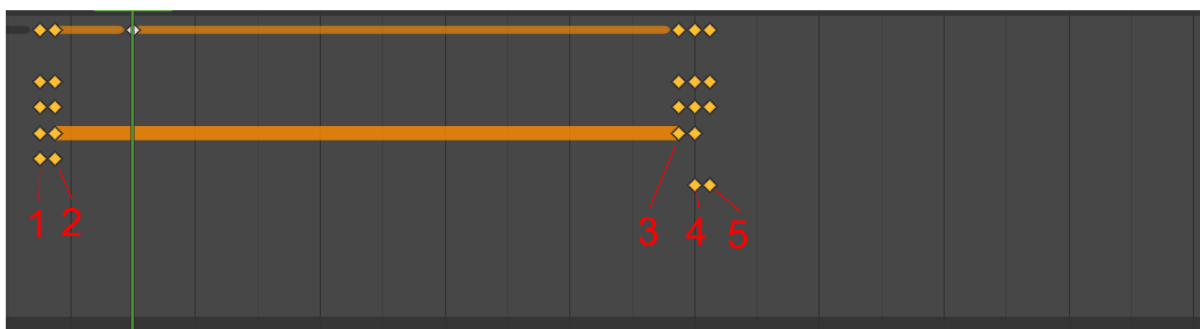
Budući da u izabranom primjeru kadra, dvije osobe koriste ključ (Monika i Luka), potrebno je postaviti dva *Child-Of* ograničenja na ključ, jedno ograničenje koje povezuje ključ sa šakom Lukine armature te jedno ograničenje koje povezuje ključ sa šakom Monikine armature. Na Slici 104 su prikazane konfiguracije ograničenja postavljenih na viličasti ključ.



Slika 104 Ograničenja postavljena na viličasti ključ

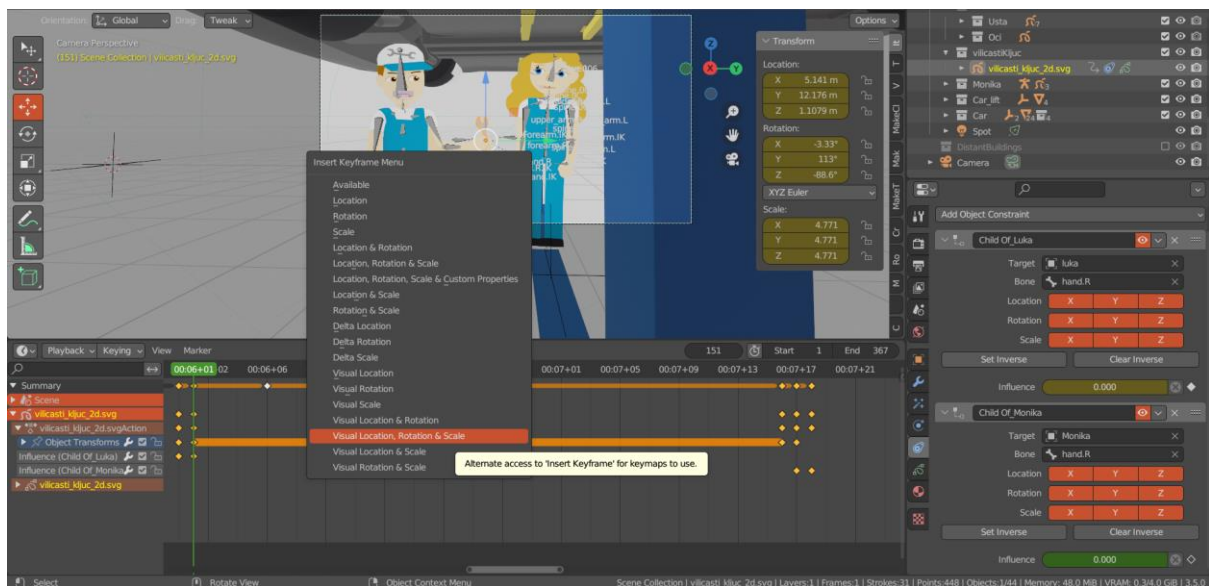
Kao što je vidljivo na Slici 104, *Child-Of* ograničenja imaju svojstvo znano kao utjecaj (engl. *influence*). Animiranjem svojstva se može definirati količina utjecaja ograničenja na objekt. Tako će utjecaj koji ima vrijednost 1, u *Child-Of* ograničenju uzrokovati povezivanje tog objekta sa ciljnim objektom, a utjecaj koji iznosi 0 uzrokovati odvajanje objekta od ciljnog objekta.

Animiranjem utjecaja se može omogućiti animiranje prenošenja objekta iz jedne ruke u drugu. To je postignuto pomoću 5 ključnih okvira prikazanih na Slici 105.



Slika 105 Označeni ključni okviri za animiranje prenošenja objekta

Prvi ključni okvir sprema trenutnu lokaciju, rotaciju i veličinu ključa te vrijednost utjecaja Lukinog *Child-Of* ograničenja, koje iznosi 1. Lokacija koja se sprema je znana kao vizualna lokacija jer ograničenja ne mijenjaju stvarnu lokaciju objekta. Spremanjem vizualne lokacije u ključni kadar se stvarna lokacija objekta usklađuje sa vizualnom lokacijom objekta. Proces dodavanja vizualne lokacije je postignut pomoću izbornika koji se otvara sa tipkom I, a koji je vidljiv na Slici 106.



Slika 106 Dodavanje vizualne lokacije, rotacije i veličine objekta kao ključni kadar

Nakon što se doda vizualna lokacija u ključni kadar, u drugom ključnom kadru (Slika 105) se može promijeniti utjecaj Lukinog *Child-Of* ograničenja na 0. Tako se viličasti ključ odvoji od Lukine armature.

Treći ključni kadar sadrži informacije o lokaciji viličastog ključa. Koristi se kako bi se zadržala konstantna pozicija objekta nakon odvajanja.

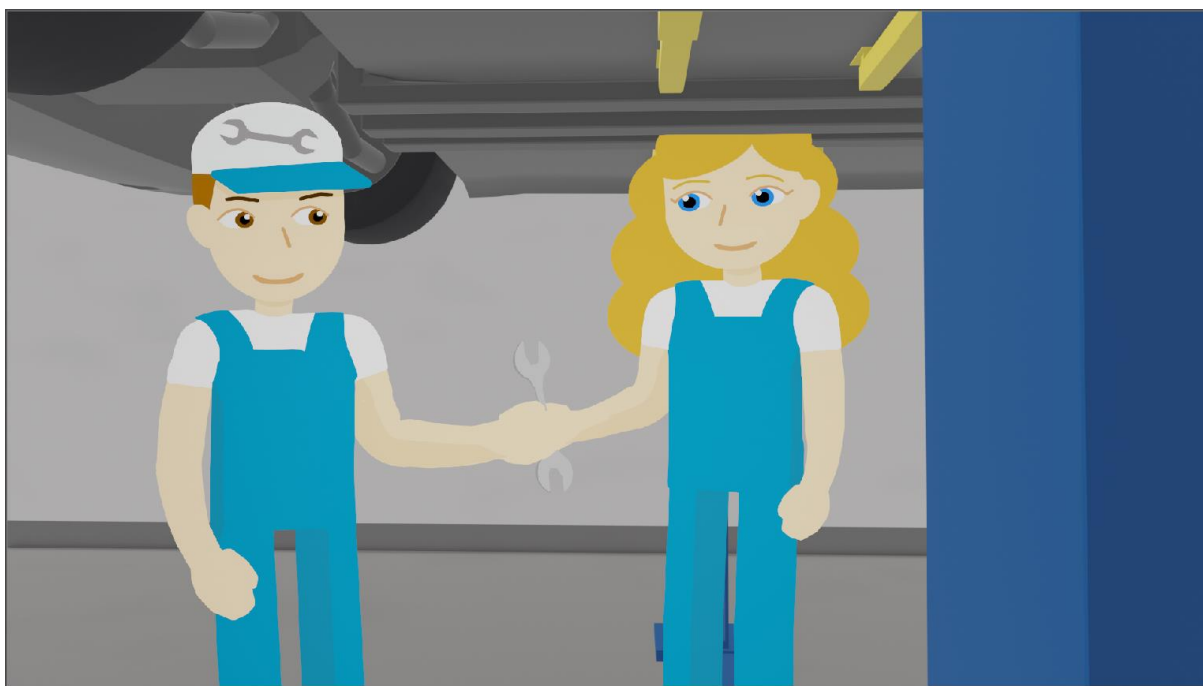
U četvrtom ključnom kadru se zatim promijeni lokacija viličastog ključa, tako da je pozicioniran iza Monikine šake. Četvrti kadar također sadrži spremljenu vrijednost utjecaja Monikinog *Child-Of* ograničenja, koja iznosi 0.

Naposljetku se u petom kadru postavlja intenzitet Monikinog *Child-Of* ograničenja na 1 te se ključ poveže s Monikinom armaturom.

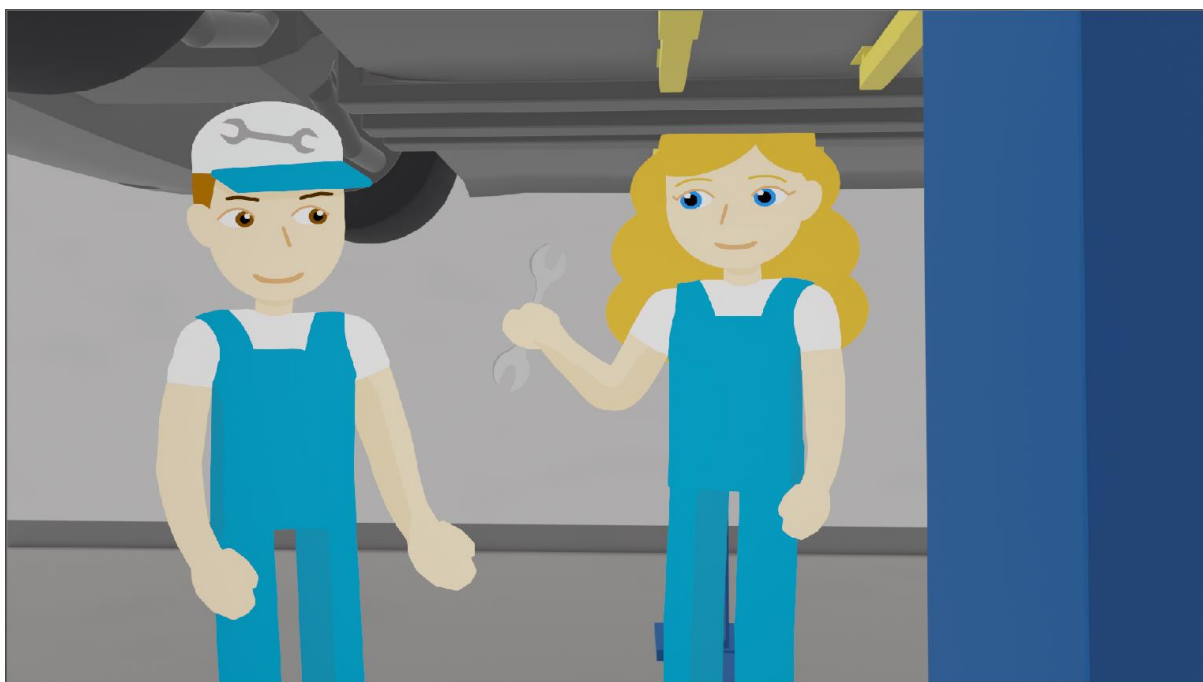
Konačni rezultat animacije kadra je prikazan u Slikama 107,108 i 109.



Slika 107 Viličasti ključ je dijete Lukine armature



Slika 108 Izmjena utjecaja ograničenja viličastog ključa



Slika 109 Viličasti ključ je sada dijete Monikine armature

4. Zaključak

Nakon analize i prepravaka scenarija u procesu preprodukcije te snimanja glasova, započet je proces animiranja lica i tijela likova. Kao i svaki proces u tijeku video produkcije, animiranje tijela je iterativan proces, gdje se kroz različite iteracije dopunjavaju i prepravljaju nedostaci u armaturi i kretnji likova.

Cilj procesa animiranja likova je postići dojam „živosti“ likova korištenjem realističnih kretnji, što rezultira privlačnosti animacije te povećava zainteresiranost ciljne skupine gledatelja koji će gledati nastali videozapis. Realistične kretnje likova se mogu postići implementacijom nekolicine od 12 principa animacije.

Korištenjem *IK-a* za tehniku animiranja armature lika se pojednostavljuje proces animiranja govora tijela pomoću kontrolnih kosti. Kombiniranjem raznih tipova interpolacije na ključnim okvirima (kao što je Blenderov *Back* tip interpolacije) se omogućuje ostvarenje principa kretanja po luku (engl. *Arcs*), principa akceleracije i usporavanja (engl. *Slow In Slow Out*) te efekta *overshooting-a*. Ostvarenjem tih principa se poboljšava prirodnost kretanja likova.

Kako bi se animirala lica likova, koristili su se unaprijed definirani oblici ustiju i očiju, koji se izmjenjuju pomoću ključnih okvira. Oči su se animirale u skladu sa željenim naglašavanjem riječi koje likovi izgovaraju. Za usta se definiralo više različitih oblika, gdje svaki odgovara određenom skupu fonema. Zatim se analizira snimljeni glas te se otkrivaju izraženi fonemi i oblici ustiju koji odgovaraju. Usta se zatim mijenjaju pomoću ključnih okvira *Grease Pencila*.

Naposljetku je važno napomenuti kako je proces animiranja tijela likova koristeći *IK* znatno ubrzao proces animiranja zbog načina na koji se *IK* ponaša, a proces animiranja očiju i ustiju se mogao dodatno olakšati. U trenutnom načinu rada, kroz snimljene glasove se prolazilo ručno te su se ručno postavljali oblici ustiju u skladu sa fonemom koji se mogao čuti na isječku zvučnog zapisa. Takav proces rada je bio vremenski zahtjevniji te bi se mogao optimizirati korištenjem automatiziranih alata koji mapiraju foneme zvučnog zapisa sa oblikom ustiju.

5. Literatura

- [1] N. Tayal, "What Wikipedia don't tell you about video marketing: LinkedIn," 21 Travanj 2016.. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/what-wikipedia-dont-tell-you-video-marketing-nikhilesh-tayal>. [Accessed 15 Srpanj 2024.].
- [2] Kartoffel Films, "The 20 Animation Styles You Need to Know About," 11 Listopad 2021.. [Online]. Available: <https://kartoffelfilms.com/blog/top-animation-styles/>. [Accessed 24 Srpanj 2024.].
- [3] European Commission, "Joint Mentorship: Better cooperation for Better VET: Erasmus+," [Online]. Available: <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/hr/projects/search/details/2022-1-HR01-KA220-VET-000086943>. [Accessed 15 Srpanj 2024.].
- [4] Blender Foundation, "About: Blender Foundation," [Online]. Available: <https://www.blender.org/about/>. [Accessed 15 Srpanj 2024.].
- [5] Kdenlive, "About: Kdenlive," [Online]. Available: <https://kdenlive.org/en/features/>. [Accessed 15 Srpanj 2024.].
- [6] Krita, "Features: Krita," [Online]. Available: <https://krita.org/en/features/>. [Accessed 24 Srpanj 2024.].
- [7] Muse Group, "Audacity," [Online]. Available: <https://www.audacityteam.org/>. [Accessed 24 Srpanj 2024.].
- [8] RaffertyWeiss Media, "The Three Stages Of Video Production: RaffertyWeiss Media," [Online]. Available: <https://raffertyweiss.com/stages-of-video-production/>. [Accessed 15. Srpanj 2024.].
- [9] TTSFree, "Text To Speech Free: TTSFree," [Online]. Available: <https://ttsfree.com/>. [Accessed 24 Travanj 2024.].
- [10] Universitat Pompeu Fabra, "Freesound," [Online]. Available: <https://freesound.org/>. [Accessed Srpanj 2024.].
- [11] "FreePD," [Online]. Available: <https://freepd.com/>. [Accessed Srpanj 2024.].
- [12] F. E. Pro, "How to SOUND DESIGN a Video | Step-By-Step Tutorial: Youtube," Youtube, 2023.. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Wcxw3BPSt3A>. [Accessed 20 Lipanj 2024.].
- [13] Blender Foundation, "Documentation: Blender," [Online]. Available: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html>. [Accessed 17 Srpanj 2024.].

- [14] Blender Foundation, "Armature Introduction: Blender," [Online]. Available: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/introduction.html>. [Accessed 17 Srpanj 2024.].
- [15] Blender Foundation, "Bone Structure: Blender," [Online]. Available: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/bones/structure.html>. [Accessed 17 Srpanj 2024.].
- [16] Blender Foundation, "Bones Introduction: Blender," [Online]. Available: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/bones/introduction.html>. [Accessed 17 Srpanj 2024.].
- [17] Blender Foundation, "Bone Naming Conventions: Blender," [Online]. Available: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/bones/editing/naming.html#naming-conventions>. [Accessed 17 Srpanj 2024.].
- [18] Blender Foundation, "Bendy Bones: Blender," [Online]. Available: https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/bones/properties/bendy_bones.html. [Accessed 17 Srpanj 2024.].
- [19] Blender Foundation, "IK Introduction: Blender," [Online]. Available: https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/posing/bone_constraints/inverse_kinematics/introduction.html. [Accessed 17 Srpanj 2024.].
- [20] Blender Foundation, "Constraints Introduction: Blender," [Online]. Available: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/constraints/introduction.html>. [Accessed 18 Srpanj 2024.].
- [21] Blender Foundation, "Keyframes Introduction: Blender," [Online]. Available: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/keyframes/introduction.html>. [Accessed 18 Srpanj 2024.].
- [22] K. Cherry, "Understanding Body Language and Facial Expressions," VeryWellMind, 23 Veljača 2023.. [Online]. Available: <https://www.verywellmind.com/understand-body-language-and-facial-expressions-4147228>. [Accessed 18 Srpanj 2024.].
- [23] H. Parvez, "Excessive blinking in body language (5 reasons)," PsychMechanics, 13 Srpanj 2024.. [Online]. Available: <https://www.psychmechanics.com/excessive-blinking-body-language/>. [Accessed 18 Srpanj 2024.].
- [24] A. Williams, "Animation Apprentice," 27 Veljača 2022.. [Online]. Available: <https://animationapprentice.blogspot.com/2022/02/body-language-for-animators.html>. [Accessed 3 Lipanj 2024.].
- [25] G. Maestri, "Animating Dialogue," Peachpit, 5 Kolovoz 2001.. [Online]. Available: <https://www.peachpit.com/articles/article.aspx?p=23581>. [Accessed 18 Srpanj 2024.].

- [26] New York Film Academy, "WHAT ARE THE 12 PRINCIPLES OF ANIMATION?," [Online]. Available: <https://www.nyfa.edu/student-resources/12-principles-of-animation/>. [Accessed 18 Srpanj 2024.].
- [27] Blender Foundation, "Grease Pencil Introduction: Blender," [Online]. Available: https://docs.blender.org/manual/en/latest/grease_pencil/introduction.html. [Accessed 19 Srpanj 2024.].
- [28] Blender Foundation, "Rigify Introduction: Blender," [Online]. Available: <https://docs.blender.org/manual/en/2.81/addons/rigging/rigify.html>. [Accessed 3 Lipanj 2024.].
- [29] Blender Foundation, "Child Of Constraint: Blender," [Online]. Available: https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/constraints/relationship/child_of.html. [Accessed 25 Lipanj 2024.].

6. Popis slika

SLIKA 1 ISJEČAK IZ PREDLOŽENOG SCENARIJA.....	5
SLIKA 2 ISJEČAK PRVE SCENE U KONAČNOM SCENARIJU.....	6
SLIKA 3 PRIKAZ ANIMATIKA U KDENLIVE-U.....	7
SLIKA 4 KADAR ANIMATIKA SA VREMENSKOM OZNAKOM.....	7
SLIKA 5 POPIS KADROVA.....	8
SLIKA 6 POPIS LIKOVA I OBJEKATA U KADRU 1, 2, 5 I 8.....	8
SLIKA 7 POPIS LIKOVA.....	9
SLIKA 8 POPIS OBJEKATA.....	9
SLIKA 9 POPIS KORIŠTENIH FONTOVA.....	10
SLIKA 10 OPIS SCENA KOJE JE POTREBNO IZRADITI.....	10
SLIKA 11 MOODBOARD ZA POZADINSKI GRAD U TESTNOM KADRU.....	11
SLIKA 12 SKICE LIKOVA.....	11
SLIKA 13 SLIKA POZADINSKIH ZGRADA U BLENDERU.....	12
SLIKA 14 PRIPREMA LIKA ZA ANIMIRANJE.....	12
SLIKA 15 PRVA ITERACIJA TESTNOG KADRA.....	13
SLIKA 16 LIKOVI SU DIO PREDNJEG PLANA.....	13
SLIKA 17 RADIONICA KAO DIO STRAŽNJEG PLANA.....	14
SLIKA 18 ZGRADE KAO DIO POZADINSKOG PLANA.....	14
SLIKA 19 PRVA ITERACIJA TESTNOG KADRA.....	15
SLIKA 20 DRUGA ITERACIJA TESTNOG KADRA.....	16
SLIKA 21 KONAČNA ITERACIJA TESTNOG KADRA.....	16
SLIKA 22 UGRAĐIVANJE TESTNOG KADRA U ANIMATIK.....	17
SLIKA 23 SUČELJE AUDACITY-A.....	17
SLIKA 24 POVEĆANJE INTENZITETA VISOKIH FREKVENCIJA.....	18
SLIKA 25 STVARANJE TRANZICIJA IZMEĐU SCENA.....	19
SLIKA 26 ALAT ZA STVARANJE NASLOVA, UVODNI NASLOV.....	20
SLIKA 27 ALAT ZA STVARANJE NASLOVA, ZAVRŠNI SADRŽAJ.....	20
SLIKA 28 IMPLEMENTACIJA CROSSFADE EFEKTA.....	21
SLIKA 29 ISJEČAK VREMENSKE LINIJE KDENLIVE-A, KOJA POKAZUJE ZVUČNE EFEKTE.....	22
SLIKA 30 GLASNOĆE ZVUČNIH SLOJEVA.....	22
SLIKA 31 IZGLLED I ELEMENTI KOSTI U BLENDERU (IZVOR: [15]).....	24
SLIKA 32 DEFORMIRAJUĆE I KONTROLNE KOSTI.....	25
SLIKA 33 POMICANJEM KONTROLNE KOSTI ŠAKE SE POMIČE I DEFORMIRAJUĆA KOST ŠAKE.....	25
SLIKA 34 STANDARD NAZIVANJA KOSTIJU U ARMATURI ČOVJEKA (IZVOR: [17]).....	26
SLIKA 35 ARMATURA RUKE.....	27
SLIKA 36 ROTIRANJE RODITELJSKE KOSTI.....	27
SLIKA 37 DEFINIRANJE SAVITLJIVIH KOSTIJU.....	28
SLIKA 38 DEFINIRANA ARMATURA POMOĆU IK OGRANIČENJA.....	29
SLIKA 39 KOST HAND.R SE ROTIRALA PROMJENOM POZICIJE HAND.R.IK.....	30
SLIKA 40 DEFINIRANJE OGRANIČENJA ZA VILIČASTI KLJUČ.....	31
SLIKA 41 POMICANJEM KOSTI HAND.R SE POMIČE I VILIČASTI KLJUČ.....	31
SLIKA 42 KLJUČNI OKVIRI ODGOVORNI ZA POMICANJE ŠAKE.....	32
SLIKA 43 ANIMACIJSKA KRIVULJA (IZVOR: [21]).....	32
SLIKA 44 VRSTE DRŽANJA TIJELA (IZVOR: [22]).....	33
SLIKA 45 USPOREDBA SIMETRIČNE I ASIMETRIČNE POZE (IZVOR: [24]).....	34
SLIKA 46 SPAJANJE VEKTORSKIH SLOJEVA U KRITI.....	36
SLIKA 47 IZVOĐENJE VEKTORSKOG SLOJA IZ KRITE.....	37
SLIKA 48 UVOĐENJE LIKA IZ SVG DATOTEKE.....	37
SLIKA 49 UVEZENI MODEL LUKE.....	38

SLIKA 50 PRIMJENA OPCIJE <i>NORMALIZE OPACITY</i> NA MODEL LUKE	39
SLIKA 51 LUKA NAKON PRIMJENE <i>NORMALIZE OPACITY</i> OPCIJE.....	39
SLIKA 52 PROBLEM VRATA LIKA	40
SLIKA 53 IZBOR PALETA BOJA	40
SLIKA 54 BOJANJE IZABRANOG DIJELA TIJELA	41
SLIKA 55 POPRAVLJEN PROBLEM VRATA	41
SLIKA 56 SPAJANJE SLOJEVA	42
SLIKA 57 ODVAJANJE GLAVE U ZASEBAN SLOJ	42
SLIKA 58 SLOJEVI CRTEŽA LUKE NAKON GRUPIRANJA DIJELOVA TIJELA	43
SLIKA 59 IZGLLED LUKE, AKO JE SLOJ <i>NECK</i> IZNAD <i>TORSO</i>	43
SLIKA 60 DEFINIRANJE DIMENZIJA KOCKE U SKLADU SA DEFINICIJOM LIKA U TABLICI PRIPREME GRAFIKE	44
SLIKA 61 SKALIRANJE LIKA U SKLADU S REFERENCOM	44
SLIKA 62 POSTAVLJANJE IZVORIŠNE TOČKE LIKA	45
SLIKA 63 DODAVANJE ARMATURE	45
SLIKA 64 BRISANJE NEPOTREBNIH KOSTIJU	46
SLIKA 65 IZRAĐENA ARMATURA LIKA	47
SLIKA 66 EKSTRUZIJA KONTROLNE KOSTI	47
SLIKA 67 BRISANJE RODITELJSKOG ODNOSA ZA KONTROLNU KOST	48
SLIKA 68 ARMATURA LIKA SA KONTROLNIM KOSTIMA	48
SLIKA 69 POVEZIVANJE KOSTI SA ODGOVARAJUĆOM KONTROLNOM KOSTI	49
SLIKA 70 OGRANIČENJA <i>IK-A</i> ZA KOST <i>UPPER_ARM.R</i>	49
SLIKA 71 POVEZIVANJE OBJEKTA I ARMATURE SA PRAZNIH GRUPAMA	50
SLIKA 72 POSTAVLJANJE TEŽINE VRATA NA 1 ZA KOST <i>SPINE.005</i>	51
SLIKA 73 TEŽINE ZA KOST DESNOG RAMENA	51
SLIKA 74 TEŽINA ZA KOST NADLAKTICE	52
SLIKA 75 TEŽINA ZA KOST PODLAKTICE	52
SLIKA 76 TEŽINA ZA KOST ŠAKE	53
SLIKA 77 OČI SU POVEZANE S KOSTI GLAVE	53
SLIKA 78 ZJENICA I ŠARENICA SU POVEZANE SA ODGOVARAJUĆIM KOSTIMA ZA UPRAVLJANJE OČIMA	54
SLIKA 79 ODVAJANJE SLOJA OČIJU KAO ZASEBNI OBJEKT	54
SLIKA 80 HIJERARHIJA MODELA LUKE	55
SLIKA 81 NEPRIRODNO "SLAMANJE" LAKTA I RAMENA LIKA	55
SLIKA 82 PROMJENA SEGMENTA ZA KOST <i>UPPER_ARM.R</i>	56
SLIKA 83 REZULTAT UVOĐENJA SAVITLJIVIH KOSTI NA NADLAKTICU I RAME	56
SLIKA 84 IZBOR OPCIJE ZA PRILAGANJE OBJEKATA IZ DRUGIH BLENDEROVIH DATOTEKA	57
SLIKA 85 IZBOR OBJEKTA KOJI SE UVOZI IZ DRUGE BLENDER DATOTEKE	58
SLIKA 86 OBLICI USTIJU I FONEMI NA KOJE SE ODNOSI	59
SLIKA 87 PRIKAZ VALNIH OBLIKA ZA UVEDENI GLAS	59
SLIKA 88 AKTIVIRANJE <i>AUDIO SCRUBBING</i> OPCIJE	60
SLIKA 89 DODAVANJE KLJUČNOG OKVIRA ZA FONEM N	61
SLIKA 90 KOPIRANJE OBLIKA USTIJU KOJE ODGOVARAJU FONEMU N	61
SLIKA 91 POSTAVLJANJE USTIJU NA MODEL LIKA	61
SLIKA 92 POZICIONIRANJE USTIJU POMOĆU <i>ONION SKIN-A</i>	62
SLIKA 93 KLJUČNI OKVIRI ZA ANIMACIJU USTIJU	62
SLIKA 94 KLJUČNI OKVIRI ZA TREPTANJE OČIMA	63
SLIKA 95 UKLJUČIVANJE <i>AUTO KEYING</i> OPCIJE	63
SLIKA 96 POZICIJA KONTROLNIH KOSTI NA PRVOM KLJUČNOM OKVIRU	64
SLIKA 97 POZICIJA KONTROLNIH KOSTI NA DRUGOM (ZADNJEM) KLJUČNOM OKVIRU	64
SLIKA 98 KRETANJE RUKA BEZ <i>OVERSHOOTING-A</i>	65
SLIKA 99 KRETANJE RUKA SA <i>OVERSHOOTING-OM</i>	66
SLIKA 100 POSTAVLJANJE NAČINA INTERPOLACIJE KAO <i>BACK</i>	66
SLIKA 101 POČETNA POZICIJA LIKA	67

SLIKA 102 <i>OVERSHOOTING</i> RUKE	67
SLIKA 103 KONAČNA POZICIJA LIKA	68
SLIKA 104 OGRANIČENJA POSTAVLJENA NA VILIČASTI KLJUČ	69
SLIKA 105 OZNAČENI KLJUČNI OKVIRI ZA ANIMIRANJE PRENOŠENJA OBJEKTA	69
SLIKA 106 DODAVANJE VIZUALNE LOKACIJE, ROTACIJE I VELIČINE OBJEKTA KAO KLJUČNI KADAR.....	70
SLIKA 107 VILIČASTI KLJUČ JE DIJETE LUKINE ARMATURE	71
SLIKA 108 IZMJENA UTJECAJA OGRANIČENJA VILIČASTOG KLJUČA	71
SLIKA 109 VILIČASTI KLJUČ JE SADA DIJETE MONIKINE ARMATURE	72

7. Popis priloga

Prilog 1: Scenarij –

<https://drive.google.com/file/d/1oFXzjpPOmmyBQyRw32obn1vVS-gSoMbB/view?usp=sharing>

Prilog 2: konačni videozapis –

<https://drive.google.com/file/d/1qiXszbKLPLj4fmxVpRUwbntjBpqdg9TZ/view?usp=sharing>