



Univerza v Mariboru

Fakulteta za naravoslovje
in matematiko

Matevž Živec

**PRIMERJAVA RAZVIJANJA
PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI Z
UVEDBO 3D-MODELIRANJA MED 3., 6.,
7. IN 8. RAZREDOM OSNOVNE ŠOLE**

Magistrsko delo

Maribor, maj 2020



Univerza v Mariboru

Fakulteta za naravoslovje
in matematiko

Matevž Živec

**PRIMERJAVA RAZVIJANJA
PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI Z
UVEDBO 3D-MODELIRANJA MED 3., 6.,
7. IN 8. RAZREDOM OSNOVNE ŠOLE**

Magistrsko delo

Maribor, maj 2020

PRIMERJAVA RAZVIJANJA PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI Z UVEDBO 3D-MODELIRANJA MED 3., 6., 7. IN 8. RAZREDOM OSNOVNE ŠOLE

Magistrsko delo

Študent: Matevž Živec
Študijski program: magistrski študijski program
Izobraževalna tehnika
Mentor: doc. dr. Kosta Dolenc
Lektorica: Maja Vargazon, prof. slovenščine



Zahvala

Največja zahvala gre hčerki in ženi za potrpljenje in razumevanje med mojimi mnogimi odsotnostmi zaradi študija.

Zahvaljujem se vsem profesorjem, ki so svoje delo opravili zelo strokovno, obenem pa imeli življenjski pristop do študentov.

Zahvaljujem se tudi vsem, ki so tako ali drugače pripomogli k nastanku magistrskega dela.

Posebna zahvala gre mentorju doc. dr. Kostu Dolencu za strokovno pomoč ter vse ostale nasvete v času študija.

Primerjava razvijanja prostorske predstavljalivosti z uvedbo 3D-modeliranja med 3., 6., 7. in 8. razredom osnovne šole

Ključne besede: *razvijanje prostorske predstavljalivosti, 3D-modeliranje, program SketchUp*

UDK:

Povzetek

Prostorska predstavljalivost predstavlja eno ključnih sposobnosti za mnoge poklice. Razvijati jo je mogoče na veliko načinov. V osnovni šoli razvijamo prostorsko predstavljalivost pri predmetu tehnika in tehnologija tudi s pomočjo 3D-modeliranja. V učnem načrtu za osnovno šolo je 3D-modeliranje predvideno v osmem razredu. Mnogi učitelji pa jo uvajajo že v šestem razredu. Magistrska naloga podaja upravičenost slednje prakse in priporočila ob naslednji prenovi učnega načrta tehnike in tehnologije.

Pregledana je literatura na področju delovanja možganov, prostorske predstavljalivosti ter 3D-modeliranja. Z empirično raziskavo je ugotovljen razvoj prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja po posameznih razredih in spolu.

Dokazano je, da je poučevanje 3D-modeliranja v šestem razredu osnovne šole upravičeno. Rezultati kažejo na precej podobno razvijanje prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja v vseh razredih osnovne šole. Rezultati raziskave prav tako ne kažejo pomembnih razlik med spoloma.

Ob naslednji prenovi učnega načrta za tehniko in tehnologijo se predlaga povečanje ciljev s področja prostorske predstavljalivosti. Predlaga se tudi, da se pričetek 3D-modeliranja uvede v šesti razred osnovne šole. Ob prenovi koncepta podaljšanega bivanja se predlaga, da se cilji 3D-modeliranja vključijo vanj.

Comparison of the development of spatial ability with the introduction of 3D modeling between 3., 6., 7. and 8. class of elementary school

Key words: *development of spatial ability, 3D modeling, program SketchUp*

UDC:

Abstract

Spatial ability presents one of the key abilities for many various professions. The development is possible in different ways. In primary schools we are developing spatial ability in the school subject technology with the aid of 3D modeling. In the school syllabus for primary schools 3D modeling is planned for the eighth grade. Many teachers have already been using it since the sixth grade. This thesis examines the usage of the later and gives advice towards the change in the school curriculum for technology.

Reviewed has been the literature in the fields of brain function, spatial ability and 3D modeling. Empirical research has identified the development of spatial ability through 3D modeling by class and gender.

It has been proven that teaching 3D modeling in the sixth grade of primary school is justified. The results indicate a rather similar development of spatial ability with the aid of 3D modeling in all primary school grades. The survey also shows no significant differences between genders.

The next revision of the technology curriculum proposes an increase in teaching goals in the field of spatial ability. It is also suggests the introduction of learning 3D modeling in the sixth grade of primary schools. When renewing the concept of extended stay, it is suggested that the goals of 3D modeling be incorporated into it.

**IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA
DELA**

Ime in priimek študenta: Matevž Živec

Študijski program: Izobraževalna tehnika

Naslov zaključnega dela: Primerjava razvijanja prostorske predstavljenosti z uvedbo 3D-modeliranja med 3., 6., 7. in 8. razredom osnovne šole

Mentor: doc. dr. Kosta Dolenc

Podpisani študent Matevž Živec

- izjavljam, da je zaključno delo rezultat mojega samostojnega dela, ki sem ga izdelal ob pomoči mentorja;
- izjavljam, da sem pridobil vsa potrebna soglasja za uporabo podatkov in avtorskih del v zaključnem delu in jih v zaključnem delu jasno in ustrezno označil;
- na Univerzo v Mariboru neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi zaključno delo javnosti na svetovnem spletu preko DKUM; sem seznanjen, da bodo dela deponirana/objavljena v DKUM dostopna široki javnosti pod pogoji licence Creative Commons BY-NC-ND, kar vključuje tudi avtomatizirano indeksiranje preko spleta in obdelavo besedil za potrebe tekstovnega in podatkovnega rudarjenja in ekstrakcije znanja iz vsebin; uporabnikom se dovoli reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo;
- dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v zaključnem delu in tej izjavi, skupaj z objavo zaključnega dela;
- izjavljam, da je tiskana oblika zaključnega dela istovetna elektronski obliki zaključnega dela, ki sem jo oddal za objavo v DKUM.

Uveljavljam permisivnejšo obliko licence Creative Commons: CC BY-ND 4.0

Datum in kraj: 19. 5. 2020, Slovenska Bistrica

Podpis študenta: _____

Kazalo vsebine

1	UVOD	1
1.1	Opredelitev problema	1
1.2	Cilji in raziskovalne hipoteze magistrskega dela	2
1.3	Predvidene metode raziskovanja	3
1.4	Predpostavke in omejitve raziskave	3
2	TEORETIČNI DEL	4
2.1	Delovanje možganov in učenje	4
2.2	Prostorska predstavljenost	6
2.3	Razvijanje prostorske predstavljenosti	8
2.4	Prostorska predstavljenost v vzgoji in izobraževanju	9
2.5	Metode razvijanja prostorske predstavljenosti	11
2.5.1	Miselne igre	11
2.5.2	Gibalne vsebine	12
2.5.3	Matematične vsebine	12
2.5.4	Likovne vsebine	12
2.5.5	Tehnične vsebine	13
2.6	3D-modeliranje	13
2.7	3D-modeliranje v programu osnovne šole	14
2.8	Metode poučevanja 3D-modeliranja	15
2.8.1	Metode poučevanja 3D-modeliranja v predšolskem obdobju	16
2.8.2	Metode poučevanja 3D-modeliranja v osnovni šoli	17
2.9	Test prostorske predstavljenosti	20
2.10	Primeri testov prostorske predstavljenosti	21
3	RAZISKAVA	24
3.1	Vzorec raziskave	24
3.2	Spremenljivke	24
3.3	Opis raziskave	24
3.3.1	Testiranje	25
3.4	Analiza rezultatov	28
4	DISKUSIJA	55
4.1	Vrednotenje hipotez	55

4.1.1	Hipoteza 1	55
4.1.2	Hipoteza 2	55
4.1.3	Hipoteza 3	56
4.1.4	Hipoteza 4	56
4.1.5	Hipoteza 5	56
4.2	Priporočila za uvajanje 3D-modeliranja v osnovne šole	57
5	ZAKLJUČEK	58
6	VIRI IN LITERATURA.....	59

Kazalo slik

Slika 2.1:	Možganski polobli.....	5
Slika 2.2:	Test prostorske predstavljenosti	7
Slika 2.3:	IQ Puzzler Pro	8
Slika 2.4:	Rubikova kocka	9
Slika 2.5:	Lego kocke	9
Slika 2.6:	3D-modeliranje.....	14
Slika 2.7:	Modeliranje živali	17
Slika 2.8:	Iskanje parov	21
Slika 2.9:	The Surface Development Test	21
Slika 2.10:	Hidden Figures Test	22
Slika 2.11:	Differential Aptitude Test: Space Relations	22
Slika 2.12:	Picture Rotation Test	23
Slika 2.13:	The Punched Holes Test	23
Slika 3.1:	Gibanje v prostoru.....	26
Slika 3.2:	Risanje črt in likov.....	26
Slika 3.3:	3D-modeliranje kocke	27
Slika 3.4:	Utrjevanje osnovnih znanj 3D-modeliranja.....	27
Slika 3.5:	Oblikovanje s pomočjo orodja Materiali	27

Kazalo grafov

Graf 3.1:	Porazdelitev točk 3. razreda na začetnem preizkusu – deklice, dečki.....	29
Graf 3.2:	Porazdelitev točk 3. razreda na začetnem preizkusu – skupno.....	30
Graf 3.3:	Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa v skupini 3. razreda.....	30
Graf 3.4:	Porazdelitev točk 3. razreda na končnem preizkusu – deklice, dečki	31
Graf 3.5:	Porazdelitev točk 3. razreda na končnem preizkusu – skupno	32
Graf 3.6:	Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa v skupini 3. razreda	32
Graf 3.7:	Porazdelitev točk 6. razreda na začetnem preizkusu – deklice, dečki.....	34
Graf 3.8:	Porazdelitev točk 6. razreda na začetnem preizkusu – skupno.....	35

Graf 3.9: Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa v skupini 6. razreda.....	35
Graf 3.10: Porazdelitev točk 6. razreda na končnem preizkusu – deklice, dečki	36
Graf 3.11: Porazdelitev točk 6. razreda na končnem preizkusu – skupno	37
Graf 3.12: Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa v skupini 6. razreda	37
Graf 3.13: Porazdelitev točk 7. razreda na začetnem preizkusu – deklice, dečki.....	39
Graf 3.14: Porazdelitev točk 7. razreda na začetnem preizkusu – skupno.....	40
Graf 3.15: Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa v skupini 7. razreda.....	40
Graf 3.16: Porazdelitev točk 7. razreda na končnem preizkusu – deklice, dečki	41
Graf 3.17: Porazdelitev točk 7. razreda na končnem preizkusu – skupno	42
Graf 3.18: Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa v skupini 7. razreda	42
Graf 3.19: Porazdelitev točk 8. razreda na začetnem preizkusu – deklice, dečki.....	44
Graf 3.20: Porazdelitev točk 8. razreda na začetnem preizkusu – skupno.....	45
Graf 3.21: Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa v skupini 8. razreda.....	45
Graf 3.22: Porazdelitev točk 8. razreda na končnem preizkusu – deklice, dečki	46
Graf 3.23: Porazdelitev točk 8. razreda na končnem preizkusu – skupno	47
Graf 3.24: Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa v skupini 8. razreda	47
Graf 3.25: Porazdelitev točk na začetnem preizkusu – deklice, dečki.....	49
Graf 3.26: Porazdelitev točk na začetnem preizkusu – skupno.....	50
Graf 3.27: Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa – deklice, dečki	50
Graf 3.28: Porazdelitev točk na končnem preizkusu – deklice, dečki	51
Graf 3.29: Porazdelitev točk na končnem preizkusu – skupno	52
Graf 3.30: Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa – deklice, dečki.....	52
Graf 3.31: Velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem po razredih	54

Kazalo tabel

Tabela 2.1: Taksonomija po Bloomu.....	16
Tabela 2.2: Piagetove stopnje otrokovega mišljenja	19
Tabela 3.1: Število (N), število dečkov in število deklic	24
Tabela 3.2: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 1)	29
Tabela 3.3: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 2).....	31
Tabela 3.4: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 1).....	34
Tabela 3.5: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 2).....	36
Tabela 3.6: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 1)	39
Tabela 3.7: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljalivosti (Priloga 2).....	41

Tabela 3.8: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljenosti (priloga 1)	44
Tabela 3.9: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljenosti (priloga 2).....	46
Tabela 3.10: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljenosti (priloga 1)	49
Tabela 3.11: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljenosti (Priloga 2).....	51
Tabela 3.12: Število (N) in velikost učinka med začetnim in končnim testom prostorske predstavljenosti (priloga 1 in priloga 2)	54

Uporabljeni simboli in kratice

3D – tridimenzionalno

b. d. – brez datuma

IKT – informacijsko komunikacijska tehnologija

1 UVOD

Tehnika in tehnologija v zadnjih desetletjih doživlja razcvet kot še nikoli prej v zgodovini človeštva. Dan za dnem so na trgu novi izumi, tehnologije in materiali. Današnja mladina in razviti svet je močno odvisen prav od tehnike in tehnologije. Vse to pa se odraža pri poučevanju predmeta tehnika in tehnologija v osnovni šoli. Učitelji so se primorani neprestano dodatno spopolnjevati, da bi sledili trendom ter tako učencem omogočili kompetentno izobraževanje.

Z razmahom računalniške tehnologije se je ponudila priložnost drugačnega načina poučevanja oziroma razvijanja prostorske predstavljalivosti. Za razliko od prejšnjega tisočletja učenci danes razvijajo prostorsko predstavljalivost tudi s pomočjo računalniške tehnologije. Tako se že nekaj časa v šolah opaža porast uporabe tako imenovanega 3D-modeliranja. V osnovni šoli se kaže priložnost za 3D-modeliranje pri različnih oblikah poučevanja. Prostor za takšne metode se ponuja pri predmetu tehnika in tehnologija, pri interesnih dejavnostih, kakor tudi v oddelkih podaljšanega bivanja. Pri tej obliki dela gre za vizualizacijo konkretnega predmeta s pomočjo računalniške opreme. Mnogi avtorji so dokazali, da je takšen pristop mogoče uspešno uporabiti tudi pri usvajanju znanj iz geometrije in astronomije.

Trenutno v osnovnih šolah prevladuje programsko orodje SketchUp. S pomočjo tega orodja je mogoče 3D-modeliranje oziroma vizualizacijo približati otrokom že zelo zgodaj. Programsko orodje kljub svoji enostavni uporabi ponuja še veliko več, kot le vizualizacijo s pomočjo 3D-modeliranja, saj med drugim omogoča tudi 3D tiskanje.

V sedanjih učnih načrtih je 3D-modeliranje predvideno v osmem razredu osnovne šole. Mnogi učitelji (Hudi, 2019; Živec, 2019; Košar, 2019) so mnenja, da je smiselno s 3D-modeliranjem pri tehniki in tehnologiji pričeti že prej. Pomembno je tudi dejstvo, da so različni avtorji dokazali pozitiven vpliv 3D-modeliranja na razvoj prostorske predstavljalivosti.

1.1 Opredelitev problema

Prostorska predstavljalivost predstavlja eno od sposobnosti ljudi (Pogačnik, 1995). Predstavlja pomemben del človeškega delovanja in razumevanja sveta okrog sebe. S prostorsko predstavljalivostjo je povezanih tudi veliko poklicev. Med njih uvrščamo tehniške poklice, kot so na primer konstruktor, arhitekt, inženir ali delavec. Prostorska predstavljalivost pa je pomembna tudi pri drugih poklicih, ki niso povezani s tehniko in tehnologijo. Med slednje štejemo umetnike, režiserje in druge. Gardner je prostorsko predstavljalivost uvrstil celo v eno izmed vrst inteligenc (Gardner, 1995).

Prostorska predstavljalivost se prične razvijati že zelo zgodaj. Otroci jo razvijajo že od rojstva. Sistemsko gledano je njen začetek v vrtcu, kjer s pomočjo didaktičnih pripomočkov vzgojitelji skušajo otrokom kar se da poenostavljeno pomagati do boljše prostorske predstavljalivosti. Ne uporabljajo pa zgolj didaktičnih pripomočkov, ampak se poslužujejo tudi različnih metod, s katerimi je mogoče dosegati enak ali celo boljši učinek. Med slednje sodi gibanje v prostoru, ki ga vzgojitelji uporabljajo pri gibalnih vsebinah.

Ob vstopu otrok v osnovno šolo, se prostorska predstavljalivost razvija naprej pri raznih predmetih, med katerimi je tudi tehnika in tehnologija. Danes za razvijanje prostorske predstavljalivosti v osnovnih šolah pri predmetu tehnika in tehnologija učitelji uporabljajo tudi 3D-modeliranje. Po učnem načrtu je 3D-modeliranje predvideno v osmem razredu. Veliko učiteljev v praksi uvaja takšno metodo razvijanja prostorske predstavljalivosti že v šestem razredu, saj jim zgodnje učenje 3D-modeliranja koristi v višjih razredih.

Da bi lahko upravičili takšno prakso, je potrebno raziskati vpliv razvijanja prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja glede na starostno stopnjo učencev. Z namenom celovitosti rezultatov bomo primerjali 6., 7. in 8. razred osnovne šole. Testirali bomo tudi učence 3. razreda z namenom, da bi ugotovili ali je morda smiselno 3D-modeliranje uvesti v prvo vzgojno izobraževalno obdobje osnovne šole.

Rezultati magistrskega dela bodo dali jasnejšo sliko o tem, v katerem razredu osnovne šole je smiselno uvesti razvijanje prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja, da ne bi zamudili optimalnega časa učenčeve dozetnosti za razvijanje prostorske predstavljalivosti.

1.2 Cilji in raziskovalne hipoteze magistrskega dela

Cilj magistrskega dela:

- Raziskati smiselnost uvajanja 3D-modeliranja v nižjih razredih osnovne šole.
- Ugotoviti sposobnosti prostorske predstavljalivosti učencev tretjega, šestega, sedmega in osmega razreda.
- Ugotoviti sposobnosti rokovanja z IKT učencev tretjega, šestega, sedmega in osmega razreda.
- Podati predloge za morebitne izboljšave v uvajanju 3D-modeliranja v osnovno šolo.

Hipoteze:

- Pri razvijanju prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja ni pomembnih razlik med osmim in sedmim razredom.
- Pri razvijanju prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja ni pomembnih razlik med sedmim in šestim razredom.

- Pri razvijanju prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja ni pomembnih razlik med šestim in tretjim razredom.
- Pri razvijanju prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja ni pomembnih razlik med dečki in deklicami po posameznih razredih.
- Učenci s pomočjo 3D-modeliranja ne napredujejo pomembno v razvijanju prostorske predstavljalivosti.

1.3 Predvidene metode raziskovanja

Pri izvedbi magistrskega dela bomo uporabili naslednje metode raziskovanja:

- Pregled obstoječe literature, ki se nanaša na raziskovalno področje.
- Pisno preverjanje prostorske predstavljalivosti učencev pred izobraževanjem.
- Vsem učencem bo omogočen enak program izobraževanja s programom SketchUp, tako po obsegu, kot tudi vsebini.
- Individualni razgovori z učenci.
- Opazovanje učencev med izobraževanjem.
- Pisno preverjanje prostorske predstavljalivosti učencev po izobraževanju.
- Pri evalvaciji bomo primerjali rezultate po vertikali in med spoloma.

1.4 Predpostavke in omejitve raziskave

Omejitev raziskave je pomanjkanje računalnikov v računalniški učilnici. Šola sicer ima šestnajst računalnikov, vendar je v posameznih skupinah več učencev.

Druga omejitev je raziskava učencev tretjega razreda, ki se bo dogajala v času podaljšanega bivanja. Takrat je večja možnost, da med raziskavo ne bodo prisotni vsi učenci.

Tretja omejitev raziskave je v številu učencev v posameznem razredu, ki se bo gibalo med šestnajst in triintrideset.

2 TEORETIČNI DEL

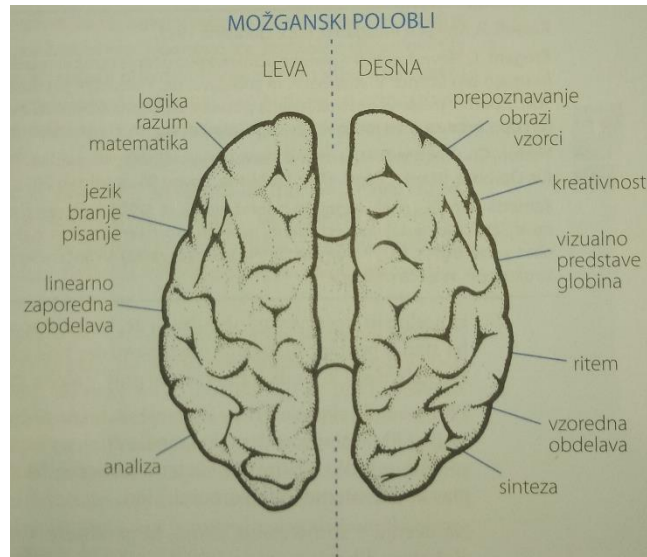
Če želimo natančneje razumeti, kako lahko z uporabo 3D-modeliranja razvijamo prostorsko predstavljalnost otrok, se moramo poglobiti v znanja o prostorski predstavljalnosti, 3D-modeliranju ter trenutnemu stanju in možnostih v programu osnovnošolskega izobraževanja. Le celosten pogled nas lahko vodi do dolgotrajnih rešitev, ki se bodo morda nekoč udeležila tudi s spremembami v učnih načrtih osnovnošolskih predmetov.

Hkrati je potrebno upoštevati tako razvojni vidik otrok, kakor tudi vzgojne elemente, ki jih prinaša takšen način poučevanja. Kot je že splošno znano, nam tehnika in tehnologija na eni strani ogromno nudita, po drugi strani pa ima lahko prekomerna izpostavljenost računalniškemu zaslonu zelo negativne učinke na razvoj in vzgojo mladine. Zato moramo posebno pozornost nameniti etiki v tehniki in tehnologiji, da ne bi nevede izzvali več negativnih, kot pozitivnih učinkov. To pomeni, da moramo prilagoditi količino in vsebino izpostavljenosti učencev tem napravam glede na njihovo razvojno stopnjo.

2.1 Delovanje možganov in učenje

Če želimo razumeti, kako poteka učenje, se moramo zavedati, da možganski polobli ne delujeta simetrično. Vsaka polobla je zadolžena za opravljanje različnih nalog. Lahko bi rekli, da je desna stran nema, leva pa je zgovorna (Marentič Požarnik, 2018).

Za kakovostno učenje je najbolje, da obe hemisferi delujeta povezano. Tako celotna zahodna družba, kot tudi šolski sistem favorizirata funkcije leve hemisfere (besedno izražanje, številsko izražanje, logičnost, analitičnost ...) in jih posledično razvijata bolj načrtno. Na drugi strani pa funkcije desne hemisfere zanemarjata (prostorske predstave, slikovnost, gibanje, celostno dožemanje, čustvenost, intuicijo ...). Zanimivo je, da je pri mlajših otrocih delovanje leve in desne poloble bolj povezano. Russell ugotavlja, da prevladuje nekaj časa desna polobla, kasneje pa začne, verjetno pod vplivom verbalno in analitično usmerjenega pouka, dominirati leva hemisfera. Meni, da delujeta pri ženskah obe hemisferi nekoliko bolj usklajeno in povezano v primerjavi z moškimi (Russell, 1987).



Slika 2.1: Možganski polobli (Marentič Požarnik, 2018)

Če se strokovnjaki niso v veliki meri v preteklosti ukvarjali s prostorsko inteligenco oziroma pri otrocih ni bilo narejenih veliko raziskav na to temo, pa je bilo po Gardnerjevem mnenju veliko narejenega na zgoraj omenjenem področju v sklopu nevropsiholoških raziskav. Gardner je tako mnenja, da z izjemo jezika o prostorskih zmožnostih in možganih vemo več kot o katerikoli drugi človeški zmožnosti (Gardner, 1995).

Ta raziskovanja dajejo težo Russellovim domnevam, saj dokazujejo, da je desna hemisfera in zlasti njen zadnji del, najvplivnejše območje za prostorsko obdelavo podatkov (Gardner, 1995).

Glede na omenjena spoznanja na področju možganov lahko ugotovimo, da je zahodna civilizacija z vse večjim gospodarskim razvojem začela zanemarjati razvijanje desnega dela možganov, kar bi lahko v prihodnosti imelo tudi negativne posledice. Področja, kot so na primer umetnost ali glasba, so vedno bili nosilci razvoja družbe. Z zanemarjanjem teh področij bi se lahko kaj kmalu krivulja razvoja zahodnega sveta obrnila navzdol. Zaskrbljujoče je namreč dejstvo, da se v programih osnovnega šolstva število ur, ki vzpodbujajo desno polovico možganov v zadnjih desetletjih zmanjšujejo. Takšni predmeti so na primer tehnika in tehnologija, likovna umetnost in šport. Zdi se, da sodobnemu kapitalizmu ne odgovarjajo, saj ne vidijo neposrednega vpliva na človeka oziroma povedano drugače, jih je zelo težko kvantitativno meriti. V praksi je opaziti, da se učenje oziroma znanje poskuša vse bolj meriti na standardiziranih testih. Vendar je znanje na področjih, kjer se poučuje predvsem različne spretnosti in sposobnosti zelo težko, če že ni neprimerno meriti s pomočjo takšnih pisnih preizkusov znanja. Ni namreč enako znati teorijo o obdelovalnih postopkih ali pa les praktično obdelati.

2.2 Prostorska predstavljaljivost

je sposobnost hitre in točne miselne rotacije z vidom (vizualno) zaznane slike (Pogačnik, 1995).

Prostorska predstavljaljivost v vsakdanjem življenju posameznika igra pomembno vlogo. Gledano zgolj poklicno, pa obstajajo precejšne razlike glede uporabe prostorske predstavljaljivosti odvisno od poklica. Pri nekaterih poklicih nam kaj dosti ne koristi, pri drugih pa je prostorska predstavljaljivosti ključnega pomena. Med slednje vsekakor spadajo poklici v tehniki, saj si že inženir pri snovanju produkta mora predstavljaljati predmet. Prav tako si ga mora znati predstavljaljati tudi delavec, ki predmet dejansko naredi. Pri tem so nam dandanes v veliko pomoč računalniški programi za 3D-modeliranje, ki omogočajo rotacije modelov za lažjo predstavljaljivost. To pa seveda ne pomeni, da nam ni več potrebno imeti dobre prostorske predstave, saj so danes produkti vse kompleksnejši. Drugi tipičen poklic, kjer je zelo pomembna prostorska predstavljaljivost, je arhitekt. Zanj je zelo pomembno, da si že vnaprej zna predstavljaljati tako interier, kot tudi zunanost stavbe. Zato veljajo arhitekti za predvsem vizualne tipe ljudi (Pogačnik, 1995). Nekateri avtorji, ki so se ukvarjali s prostorsko predstavljaljivostjo, so ugotovili, da je pomembna tudi pri nekaterih vedah bolj splošne narave, kot je na primer matematika (Pogačnik, 1995).

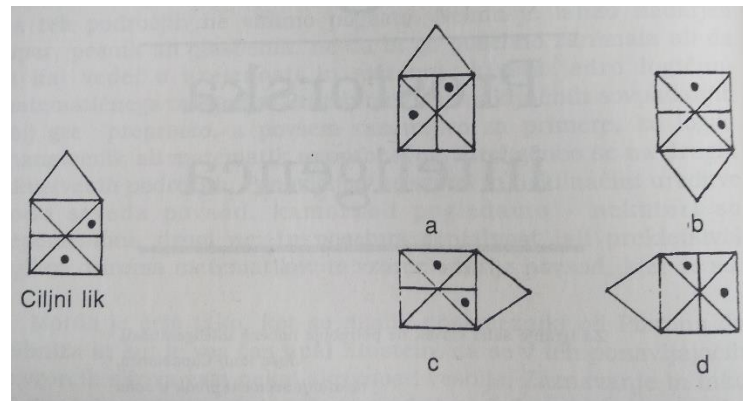
Splošno gledano nam vsem prostorska predstavljaljivost koristi pri orientaciji v prostoru. Velikokrat se znajdemo v neznani situaciji v novem kraju. Takrat si lahko s pomočjo zemljevida predstavljaljamo pot do cilja.

Gardner je prostorsko predstavljaljivost uvrstil celo v eno izmed vrst inteligenc. Po njegovem mnenju gre za reševanje problemov, ki zahtevajo zmožnost ustvarjanja miselne predstave (Gardner, 1995). Meni, da so za prostorsko inteligenco najpomembnejše zmožnosti povezane s pravilnim zaznavanjem vidnega sveta, posledično izvajanja sprememb ali pretvorb začetnih zaznav in preusmerjanjem vidikov svojih doživetij (vidnih), tudi v odsotnosti primernih telesnih dražljajev. Tako lahko človeku na primer rečemo, naj ustvari like ali pa uporablja preprosto tiste, ki so na voljo. Po njegovem mnenju tu vsekakor ne gre za enake zmožnosti. Nekdo je lahko natančen kar zadeva vidno zaznavanje, lahko pa ima slabšo zmožnost risanja, preoblikovanja ali zamišljanja odsotnega sveta (Gardner, 1995).

Pogačnik pravi, da raziskave s področja prostorske predstavljaljivosti odkrivajo, da gre za dve sposobnosti. Na eni strani gre za spacialno sposobnost, na drugi stari pa za sposobnost vizualizacije. Kompleksnost miselnih operacij naj bi bila tista, ki med njima naredi razliko. Tako bi se naj spacialna sposobnost kazala v miselnih rotacijah (Pogačnik, 1995).

Tej definiciji ustrezajo tudi spodaj opisani testi prostorske predstavljaljivosti. Pri takšnih testih ne gre za vizualizacijo, temveč zgolj za ugotavljanje spacialne sposobnosti

posameznika. Za ugotavljanje prostorske predstavljalivosti različni avtorji uporabljajo precej podobne teste.



Slika 2.2: Test prostorske predstavljalivosti (Gardner, 1995)

Pri takšnih testih mora učenec poiskati lik, ki ustreza ciljnemu liku. Lik mora biti povsem enak, le da je nekoliko rotiran. Učenec mora v mislih lik vizualizirati in ga zavrteti za tak kot, da prekriva drugega, sta skladna. Šele potem lahko ugotavlja ali gre za skladen lik ali se morda razlikuje v podrobnostih.

Za razliko od specialne sposobnosti pa je vizualizacija precej kompleksnejši proces. Do izraza pride pri reševanju kompleksnejših problemov. Tak primer je recimo konstruiranje dvodimenzionalnih ali tridimenzionalnih objektov iz posameznih sestavnih delov. O vizualizaciji govorimo tudi, kadar gre za zahtevnejše rotacije v prostoru, pri katerih ne gre zgolj za ugotavljanje enakosti objektov, temveč tudi za zamišljanje izida takšnih rotacij (Pogačnik, 1995).

Kadar govorimo o prostorski predstavljalivosti, se moramo zavedati, da govorimo o človekovi elementarni sposobnosti. Thurstone je šel še korak dlje in ugotovil, kako potekajo krivulje razvoja različnih elementarnih sposobnosti pri ljudeh. Ugotovil je, da doseže krivulja razvoja hitrosti percepcije svoj maksimum najprej. Tako nekako prehitijo ostale primarne mentalne sposobnosti za približno dve leti (Thurstone, 1955). Po njegovem mnenju naj bi tako osemdeset odstotkov, kar štejemo za točko razvoja, bilo doseženih pri perceptivnem faktorju že pri dvanajstih letih. Prostorska predstavljalivost pri štirinajstih letih, spominska in numerična sposobnost pri šestnajstih letih, verbalna sposobnost in besedna fluentnost pa po osemnajstem oziroma dvajsetem letu (Thurstone, 1955).

Če pogledamo globalno prisotnost prostorske inteligence, ugotovimo, da je prisotna po vsem svetu ne glede na kraj ali kulturno okolje. Gardner je ugotovil, da imajo različna ljudstva tudi različno prostorsko predstavljalivost. Nekatera ljudstva v krajih, kjer je

orientacija še posebej otežena, imajo še posebej dobro razvito to inteligenco. Predpostavlja, da jim to pripomore k lažji orientaciji. Eskimi imajo na primer tako dobro prostorsko predstavljaljivost, da najmanj šestdeset odstotkov mladih Eskimov na testih prostorske predstavljaljivosti dosega podobno visoke rezultate kot najvišjih deset odstotkov otrok kavkaške rase (Gardner, 1995).

2.3 Razvijanje prostorske predstavljaljivosti

V kolikor želimo razumeti razvoj prostorske predstavljaljivosti, moramo pogledati širše in se ne omejiti na 3D-modeliranje. Kot smo zgoraj že omenili, je oblik prostorske predstavljaljivosti več. Temu primerno je tudi več metod za razvijanje prostorske predstavljaljivosti. 3D-modeliranje je zgolj ena od mnogih. Še ne tako dolgo nazaj, ljudje te možnosti niso imeli, zato so morali najti druge načine, kako to spretnost razvijati.

Otrok prostorsko predstavljaljivost razvija praktično že od rojstva. Na začetku raziskuje svet v svoji postelji kasneje pa v vedno širšem okolju. Starši morajo takšen razvoj vzpodbujati. Dandanes velikokrat vidimo, da temu ni več tako. Ni redkost, da na sprehodu enoletnik v rokah drži pametni telefon, namesto da bi raziskoval okolico. Tako bi že uril zmožnost orientacije v prostoru. Splošno znane so tudi raziskave, da se otroci v svojem otroštvu gibljejo mnogo bližje domu, kot še generacijo ali dve nazaj. Posledično je zmožnost orientacije v prostoru mnogo manjša.

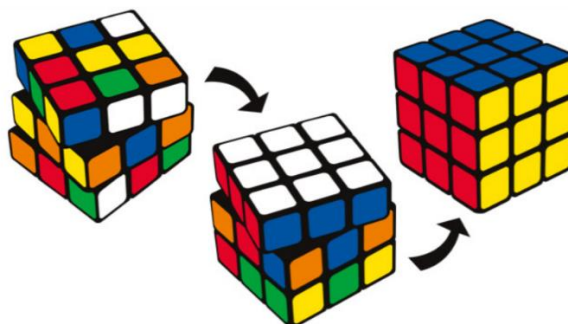
Današnji časi prinašajo tudi veliko prednosti, gledano iz razvoja prostorske predstavljaljivosti. Vsak dan se na trgu najde kakšna nova igrača, ki vzpodbuja prav prostorsko predstavljaljivost.



Slika 2.3: IQ Puzzler Pro (<https://www.tojeto.info/artikel/smart-games-iq-puzzler-pro/>)

Na primeru zgornje slike lahko vidimo igro, kjer je potrebno sestaviti piramido iz elementov različnih oblik, kar kaže na to, da so novodobne igrače v veliko pomoč pri razvijanju prostorske predstavljaljivosti.

Drugi primer takšne igranje je prikazan na spodnji sliki. Gre za kocko, ki jo mora otrok sestaviti tako, da je vsaka ploskev svoje barve. Gre za precej težko nalogo, vendar jo je mogoče uspešno rešiti z dovolj vaje in vztrajnosti. S pomočjo takšne kocke si krepimo prostorsko predstavljaljivost. Trenutni svetovni rekord znaša manj kot pet sekund.



Slika 2.4: Rubikova kocka (<https://www.rubiks.com/en-us/>)

Opisani in prikazani sta zgolj dve igranci, s pomočjo katerih lahko skozi igro razvijamo prostorsko predstavljaljivost. Na trgu je takšnih igranc še veliko več. Le te v otrocih vzbujajo radovednost in vzpodbujajo vztrajnost. Žal pa opisani učni pripomočki terjajo določene finančne izdatke, zato mnogim otrokom širom sveta niso dostopni.

2.4 Prostorska predstavljaljivost v vzgoji in izobraževanju

Sistemske je razvijanje prostorske predstavljaljivosti v Sloveniji urejeno na zelo visokem nivoju. Vrtci pri nas so večinoma zelo dobro opremljeni z didaktičnimi pripomočki te vrste. Otroci dnevno v vrtcih uporabljajo različne konstrukcijske zbirke (lego kocke, trix trax, lesene kocke) in iz njih izdelujejo raznorazne prostorsko zelo zahtevne predmete.



Slika 2.5: Lego kocke (<https://deloindom.delo.si/uploads/36903/lego-kocke.jpg>)

Takšne konstrukcijske zbirke so za razvijanje prostorske predstavljalivosti zelo uporabne tudi doma. Otrok po načrtu sestavlja v naprej določen predmet in ob tem nevede razvija prostorsko predstavljalivost. V vrtcih veliko ustvarjajo na likovnem ter glasbenem področju. Nezanemarljiva je tudi orientacija v naravi, ki se med drugim razvija z igrami, kot so iskanje zaklada. Če povzamemo, je v vrtcih za razvoj prostorske predstavljalivosti dobro poskrbljeno.

Večinoma se v vrtcu konstrukcijske zbirke uporabljajo v prostem času (Pršlja, 2020). Po njenem mnenju je premalo načrtovanih dejavnosti s konstrukcijskimi sestavljalankami. Zato je pripravila modele, ki vzgojiteljem pomagajo pri načrtovanju dela s konstrukcijskimi zbirkami.

Precej podobna slika se nadaljuje tudi v osnovni šoli. Vsaj v prvem in deloma drugem vzgojno izobraževalnem obdobju. Tudi tam imajo veliko didaktičnih pripomočkov ter veliko ustvarjalnih in orientacijskih vsebin. V tretjem vzgojno izobraževalnem obdobju je tovrstnih vsebin in pripomočkov manj, saj so bile okrnjene prav ure predmetov, ki še najbolj pripomorejo k razvijanju prostorske predstavljalivosti. Med slednje štejemo nekdanje vzgojne predmete. Število ur teh predmetov se je zmanjšalo na račun predmetov, ki primarno krepijo levo hemisfero. Prostorska predstavljalivost se v osnovni šoli razvija predvsem pri tehniki in tehnologiji, likovni umetnosti, športu, matematiki ter geografiji. Veliko manj pri tujih jezikih, katerih število ur se je v zadnjem času povečalo.

Pri različnih predmetih se prostorske predstavljalivosti učitelji lotevajo na različne načine ter z različnimi učnimi pripomočki. Učni načrt likovne umetnosti vsebuje med drugim tudi naslednje operativne cilje (Kocjančič, 2011, str. 18) :

- načrtujejo urbanistične spremembe v domačem kraju,
- razvijajo sposobnost predstavljanja tridimenzionalnosti trirazsežnosti z dvodimenzionalnimi razsežnostnimi modeli grafičnih predstavitev,
- načrtujejo arhitekturni objekt z dodajanjem ali odvzemanjem delov,
- razvijajo motorične spretnosti in občutek pri delu z različnimi materiali in pripomočki za izražanje v tridimenzionalnem prostoru,
- razvijajo občutek za stabilnost konstrukcije v prostoru.

Učni načrt tehnike in tehnologije med drugim vsebuje naslednje obvezne operativne cilje (Fakin, 2011, str. 9, 11):

- razložijo nastanek pravokotne projekcije na treh projicirnih ravninah,
- rišejo preproste predmete v pravokotni projekciji na tri ravnine in jo uporabijo v praksi,
- utemeljijo, skicirajo in narišejo predmet v izometrični projekciji ter raziščejo možnosti uporabe v praksi.

Ter izbirni cilj (Fakin, 2011, str. 11):

- narišejo sliko predmeta v prostoru z računalniškim grafičnim programom za trirazsežno modeliranje (3D).

Tehnika in tehnologija skuša vse bolj slediti razvoju, zato je tudi v učni načrt vpeljala 3D-modeliranje.

2.5 Metode razvijanja prostorske predstavljalivosti

Prostorsko predstavljalivost je mogoče razvijati na veliko načinov. Ne samo, da obstaja več vrst prostorske predstavljalivosti, še več je metod s katerimi lahko razvijamo posamezni segment le-te.

Po proučitvi učnih načrtov osnovne šole ter predšolske vzgoje je mogoče ugotoviti, da se prostorska predstavljalivost oziroma razvijanje le-te pojavlja tako po vertikali kot po horizontali vzgoje in izobraževanja. V grobem jih bomo razvrstili na več metod, ki pa se nadalje podrobneje delijo. Te metode so:

- miselne igre,
- gibalne vsebine,
- matematične vsebine,
- likovne vsebine,
- tehnične vsebine.

2.5.1 Miselne igre

V poglavju Prostorska predstavljalivost v vzgoji in izobraževanju smo se na kratko dotaknili različnih miselnih iger, primernih tako za predšolske, kot tudi za šoloobvezne otroke. Primerne so predvsem za aktivno preživljanje prostega časa. Razdelili jih bomo med:

- miselne igre v predšolskem obdobju,
- miselne igre v času odmorov,
- miselne igre v času podaljšanega bivanja.

V vrtcu se, tako kot vse ostale otrokove sposobnosti, tudi prostorska predstavljalivost razvija najhitreje. Hkrati imajo vzgojitelji v precejšnji meri dovolj avtonomije za prilagajanje kurikulumu potrebam oddelka oziroma individualnim potrebam posameznega otroka. Če upoštevamo, da veliko otrok preživi v vrtcu vsaj šest ur dnevno, nekateri tudi več kot osem, lahko hitro ugotovimo, da je tukaj kar nekaj priložnosti za razvijanje prostorske predstavljalivosti s pomočjo tako imenovanih miselnih iger. Otroci kažejo v tem obdobju veliko mero radovednosti, ki jo je potrebno

vzpodbujati. S pomočjo raznovrstnih miselnih iger lahko vzgojitelji v tem obdobju bistveno pripomorejo k razvoju otrokove prostorske predstavljenosti.

Z vstopom v šolo se otroku čas za igro bistveno okrne. V praksi je namreč zaznati, da marsikateri otrok učenja v šoli ne jemlje več kot igro, temveč kot nekaj povsem drugega. Pridobivanje znanja v šoli je za veliko otrok postalo nuja oziroma prisila. V veliki meri pri otrocih k temu ni botrovala želja po raziskovanju oziroma radovednosti. Če se želimo temu izogniti, je potrebno v šolah v večji meri vpeljati tudi igro. Ena od takšnih metod je tudi igra s pomočjo miselnih iger. Te je v šolah najlažje vpeljati v odmorih in podaljšanem bivanju. V obeh primerih je pomembno, da se otroci sami odločijo za uporabo takšnih iger, saj bodo le tako razvijali oziroma ohranjali radovednost.

2.5.2 Gibalne vsebine

Prostorsko predstavljenost razvijamo tudi z gibalnimi vsebinami. Možnosti za takšne metode se nam ponujajo tako v predšolskem obdobju, v podaljšanem bivanju obveznega osnovnošolskega obdobja, kot tudi pri športnih predmetih. Pri vseh gibalnih aktivnostih mora učenec ves čas iskati sebe v prostoru. To pomeni, da nevede razvija prostorsko predstavljenost. Predvsem to velja pri raznih obratih, ki se v različnih športih pojavljajo v vseh oblikah oziroma smereh.

Posebno poglavje razvijanja prostorske predstavljenosti predstavlja orientacija, ki jo je mogoče pri športnih predmetih razvijati z različnimi vrstami orientacijskih tekov. V zadnjem času se razvijajo tudi posebne aplikacije, s pomočjo katerih lahko otrokom popestrimo oziroma približamo orientacijo v naravi ter hkrati povežemo vsebino medpredmetno. Tako vsebino povežemo s cilji geografije, zgodovine ali fizike.

2.5.3 Matematične vsebine

Lahko bi rekli, da nas matematika tako ali drugače spremlja celo življenje. Učenje pogosto poteka od konkretnega k abstraktnemu. Otroci že v vrtcu preštevajo razne predmete, da bi lahko kasneje šteli v mislih. Merijo dolžine s standardnimi in nestandardnimi merskimi enotami, da dobijo predstavbo za razdaljo v prostoru. Tehtajo čokolado, da si lahko predstavljajo maso predmetov. V geometriji si morajo otroci predstavljati telesa, like ali Pitagorov izrek uporabiti v praksi. Z zgoraj omenjenimi vsebinami razvijamo tudi prostorsko predstavljenost.

2.5.4 Likovne vsebine

Omenili smo že, da je likovno področje eno izmed vodilnih v razvoju prostorske predstavljenosti. Tako je mogoče otroke že v zgodnji mladosti usmerjati k risanju

naravnega ali urbanega prostora. Trirazsežnost in z njo prostorska predstava se tako razvija že v predšolskem obdobju. V šoli je v učnem načrtu likovne umetnosti namenjenih veliko ciljev razvijanju prostorske predstavljalivosti. Kasneje v življenjskem obdobju so to pomembne sposobnosti za poklice kot so arhitekt, kipar ali na primer rezbar. Arhitekt ne samo, da mora imeti dober občutek za prostor, ampak mora imeti tudi predstave o konstrukcijah, ki prav tako zahtevajo veliko znanja na tem področju.

2.5.5 Tehnične vsebine

Področju razvijanja prostorske predstavljalivosti pri predmetu tehnika in tehnologija bomo namenili največji delež magistrske naloge. Na tehniškem področju je prostorska predstavljalivost izjemnega pomena, vendar v učnem načrtu, predmeta tehnika in tehnologija, zajema majhen delež. Celotno tako majhen, da je 3D-modeliranje uvrščeno pod izbirne cilje (Fakin, 2011).

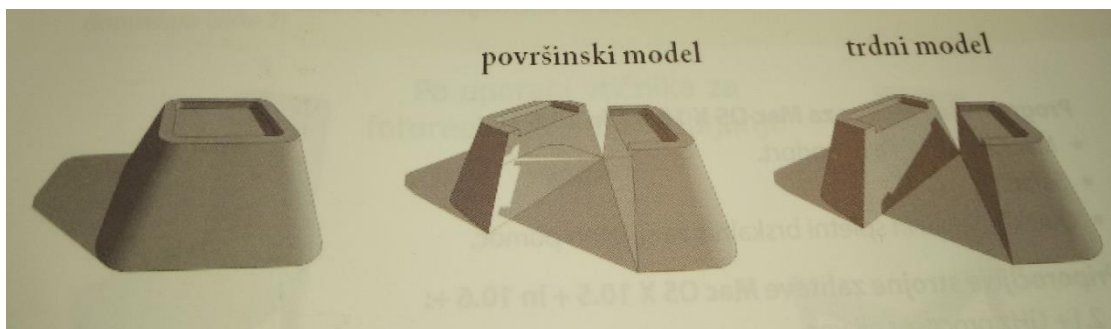
2.6 3D-modeliranje

Ljudje zaznavamo svet prostorsko, to pomeni v naslednjih treh dimenzijah: v višino, širino in globino. Ljudje imamo očesi približno šest centimetrov razmaknjeni. To povzroča, da vsako od oči vidi sliko nekoliko drugače. Možgani obe sliki združijo v eno z namenom, da si lahko svet, ki nas obdaja, predstavljamo prostorsko. Ljudje so si prizadevali ta pojav izkoristiti za umetno opisovanje prostora z več različnimi tehnikami, vse pa so imele isto oznako – 3D (Erzetič, 2009).

Računalniško ustvarjene tridimenzionalne slike so proces, znotraj katerega računalnik prostorske modele izračuna na osnovi kompleksnih algoritmov (Erzetič, 2009).

3D-modeliranje predstavlja risanje ideje predmeta vse dokler ne nastane 3D-model. Tako si idejo lažje predstavljamo in jo predstavimo tretji osebi. 3D-modeliranje poteka s pomočjo računalnikov in ustrezne programske opreme (Dolenc, 2012). Po Dolencu delimo 3D-modeliranje na:

- prostorninsko modeliranje (trdno oziroma polno),
- površinsko modeliranje.



Slika 2.6: 3D-modeliranje (Dolenc, 2012)

Pri prostorninskem modeliranju gre za princip obdelovanja gline. Če na primer model prerežemo na polovico, dobimo novo površino, saj notranjost modela ni votla. Programi za 3D-modeliranje, ki uporabljajo prostorninsko modeliranje, so primerni predvsem arhitektom in inženirjem. S pomočjo takšnih modelov lahko pridobijo veliko informacij o modelu. Izračunajo lahko volumen predmeta ali njegovo maso ter dobijo pomembne podatke za konstruiranje (Dolenc, 2012). Za takšno modeliranje se uporablja na primer program Solidworks.

Za razliko od prostorninskega modeliranja pa gre pri površinskem modeliranju zgolj za modeliranje, sestavljeno iz zunanjih površin. Modeli so tako znotraj votli. Tako niso uporabni v inženirske ali arhitektske namene, se pa uporabljajo za modele, namenjene primarno vizualizaciji (Dolenc, 2012). Primer programa za tovrstno modeliranje je Sketchup.

Ta program je zelo razširjen v osnovnih šolah, predvsem zaradi enostavnega rokovanja. Nezanemarljivo je tudi dejstvo, da je za izobraževalne namene brezplačen. Pomembnih faktorjev pri izbiri programa za 3D-modeliranje v osnovnih šolah ne predstavljajo zgolj zgoraj omenjeni faktorji, temveč tudi dejstvo, da za programe kot je Sketchup zadostuje bistveno manj zahtevna strojna oprema kot za programe, ki omogočajo prostorninsko modeliranje. Posledično je cena takšne strojne opreme nižja in hkrati osnovnim šolam dostopnejša.

Če povzamemo, je 3D-modeliranje ne samo metoda za razvijanje prostorske predstavljalivosti, ampak je tudi konkretno orodje novodobnih inženirjev in arhitektov. Tako se šola približa življenju samemu oziroma povedano drugače, znanja pridobljena na takšen način so bistveno bolj aplikativno uporabna v realnem življenju.

2.7 3D-modeliranje v programu osnovne šole

V učnem načrtu za predmet tehnika in tehnologija je 3D-modeliranje uvrščeno v osmi razred osnovne šole (Fakin, 2011). Ob tem pa velja poudariti, da je opredeljeno zgolj pod tako imenovane izbirne cilje in vsebine. To pomeni, da učiteljem ni potrebno

slediti takšnim ciljem in vsebinam, v kolikor ne želijo. Ker gre za novejšo tehnologijo oziroma metodiko poučevanja, se veliko učiteljev ne počuti dovolj kompetentne za takšen način dela z učenci.

Žal so učenci, kjer 3D-modeliranje ni del prakse učitelja, prikrajšani za novodobne pristope učenja prostorske predstavljalivosti. Če hkrati upoštevamo še zelo vzpodbudne rezultate takšnega pristopa k učenju prostorske predstavljalivosti (Šafhalter, 2016), potem lahko ugotovimo, da bi bilo potrebno 3D-modeliranje v učnem načrtu uvrstiti pod obvezne cilje in vsebine. Ob tem pa je potrebno poudariti, da imajo tako učitelji tehnike in tehnologije, kot tudi vsi ostali učitelji možnost strokovnega spopolnjevanja na področju 3D-modeliranja.

Šafhalter je v svoji doktorski disertaciji ugotovil statistično dokazane napredke oziroma učinke 3D-modeliranja pri učencih starih med 11 in 15 let. Dokazal je, da so učenci, ki so dalj časa obiskovali interesno dejavnost 3D-modeliranja, imeli boljše končne rezultate v primerjavi z začetnimi testiranjmi. Nasprotno za kontrolno skupino tega napredka ni bilo opaziti. Prav tako je ugotovil, da se je izboljšala prostorska predstavljalivost ne glede na spol in ne glede na predhodno poznavanje 3D-modeliranja.

Korak bližje obveznim ciljem vsekakor predstavlja uvedba izbirnega predmeta risanje v geometriji in tehniki. Pri tem izbirnem predmetu gre predvsem za razvijanje prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja (Dolenc, 2012).

2.8 Metode poučevanja 3D-modeliranja

Ob razmisleku o metodah poučevanja katerega koli predmeta oziroma učne snovi, se kaj hitro znajdemo pri Bloomovi taksonomiji oziroma natančneje pri revidirani Bloomovi taksonomiji. Učenje brez smernic, kot so kaj želimo, kje smo in kam želimo, je lahko uspešno zgolj po naključju. Bistveno večjo ponovljivost rezultatov učnega procesa lahko dosežemo z upoštevanjem prej omenjenih smernic.

Anderson je s sodelavci revidirano Bloomovo taksonomijo podrobneje proučeval. Tako so spoznali, da obstajajo štiri splošne vrste znanja:

- faktografsko znanje,
- konceptualno znanje,
- proceduralno znanje,
- metakognitivno znanje.

Faktografsko znanje je po Andersonu znanje o ločenih, izoliranih sestavinah vsebine. Govorimo o delčkih informacij. Konceptualno znanje že vsebuje bolj kompleksne, organizirane oblike vedenja. Proceduralno znanje vsebuje znanja o tem, kako nekaj narediti. Na vrhu piramide je metakognitivno znanje, ki je znanje o spoznavanju na splošno, pa tudi ozaveščenost in poznavanje lastnega spoznavanja (Anderson, 2001).

Če vrstam znanj dodamo še dimenzije spoznavnih procesov, dobimo taksonomsko preglednico po Bloomu (Anderson, 2001).

Tabela 2.1: Taksonomija po Bloomu (Anderson, 2001)

DIMENZIJA ZNANJA	DIMENZIJA SPOZNAVNIH (KOGNITIVNIH) PROCESOV					
	1. Spomniti se	2. Razumeti	3. Uporabiti	4. Analizirati	5. Ovrednotiti	6. Ustvariti
A Faktografsko znanje						
B Konceptualno znanje						
C Proceduralno znanje						
D Metakognitivno znanje						

Le z upoštevanjem zgoraj opisane taksonomije lahko govorimo o uspešnem učnem procesu na dolgi rok.

2.8.1 Metode poučevanja 3D-modeliranja v predšolskem obdobju

3D-modeliranje se nikakor ne prične z računalnikom. Že v vrtcu je modeliranje pomemben del kurikulumu. Cuxart je v ta namen razvil oziroma poenostavil modeliranje v mladih letih. Predvsem s pomočjo plastelina. Tako je razvil metode, pri katerih otrok potrebuje zgolj plastelin, da lahko zmodelira mnogo različnih živali in predmetov. Vse s pomočjo treh osnovnih oblik: kroglice, kapljice in kače (Cuxart, 2016). Vse dodatne pripomočke je Cuxart črpal iz vsakdanjega življenja, dostopne vsakomur brez dodatnih stroškov.



Slika 2.7: Modeliranje živali (Cuxart, 2016)

2.8.2 Metode poučevanja 3D-modeliranja v osnovni šoli

Za tehnično risanje v osnovni šoli obstaja na spletu veliko različnih računalniških programov. Nekateri nudijo zgolj risanje v dveh dimenzijah, drugi v treh, tretji pa oboje. Osolnik in Jamšek (2009) sta raziskovala primernost brezplačnih programov za tehnično risanje v osnovni šoli. Med seboj sta primerjala programska orodja ciciCAD, AutoCAD, Google SketchUp, BlockCAD, Primary Design, eMachine ShopCAD, PowerSHAPE-e in CB Model Pro. Kot pomembnejše kriterije sta izpostavila naslednje:

- 2D risanje in 3D modeliranje,
- pogledi na predmet,
- risanje črte z določeno dolžino in nagibom,
- število klikov za risanje črte,
- tipi črt,
- izbor različnih ukazov za kotiranje,
- število klikov za kotiranje ravnega roba,
- risanje likov,
- urejanje objektov,
- vizualizacija 3D modela.

Med vsemi se je v osnovnih šolah najbolj razširil Google SketchUp. Pri tem programu gre za površinsko modeliranje. To posledično pomeni, da za 3D-modeliranje ne potrebujemo zmogljivega računalnika. Prednosti programa Google SketchUp so tudi enostavna uporaba, priročnik v slovenskem jeziku in druge. Osolnik in Jamšek sta Google SketchUp ocenila kot zelo primeren za modeliranje, tudi zahtevnejših predmetov.

Hudi (2019) je na mednarodni konferenci primerjal načine poučevanja 3D-modeliranja v osnovni šoli pri tehniki in tehnologiji, pri krožku in na tekmovanjih. Ugotovil je, da se je zahtevnost risanja pri rednem pouku in krožku močno razlikovala. Po njegovem

mnenju je motivacija za delo pri interesni dejavnosti večja, saj interesno dejavnost obiskujejo učenci, ki jih risanje res zanima.

Na isti konferenci je Živec (2019) predstavil metode poučevanja 3D-modeliranja v oddelku podaljšanega bivanja. Poučevanje mora v prvem vzgojno izobraževalnem obdobju potekati med igro. Učenci s 3D-modeliranjem računalnik spoznajo kot pripomoček in ne kot igračo.

Košak (2019) je istega leta opisal primer poučevanje izometrije in 3D-tiska s programskim orodjem SketchUp že v šestem razredu. Pri tem je uporabil nenavadno metodo, saj so učenci najprej izdelek izdelali in ga šele nato zmodelirali. V sedmem razredu so učenci s pomočjo programa SketchUp uspeli doseči boljše rezultate in višji nivo znanja v usvajanju znanja risanja v pravokotni projekciji. Po njegovem mnenju gre pozitivne učinke iskati v izboljšani prostorski inteligenci.

Šafhalter (2016) je v doktorski disertaciji dokazal pozitiven vpliv 3D-modeliranja na razvijanje prostorske predstavljalivosti. Hkrati je ugotovil, da med spoloma ni razlik.

Razvijanje prostorske inteligence ima vpliv tudi širše, kot samo na tehnično področje. Podgoršek (2016) je na primer poučevala geometrijo s pomočjo 3D modelirnika. Po njenem mnenju lahko s takšno prakso dosežemo cilje, kot so:

- povečanje predstavljalivosti geometrijskih lastnosti likov in teles,
- povečanje zainteresiranosti za geometrijske probleme,
- prikazovanje uporabnosti geometrije in matematike v praktičnih primerih,
- seznanjanje in navajanje učencev na uporabo sodobne tehnologije.

Turgut in Uygan (2015) sta razvila določene pedagoške naloge za izboljšanje sposobnosti prostorske vizualizacije osnovnošolcev v okviru instrumentalnega pristopa. Ugotovila sta, da so se bolj uspešni učenci zlahka naučili rokovati z orodji, pri slabših učencih pa je bilo nekoliko več težav. Pri tem sta uporabljala SketchUp.

Toptas (2012) je s sodelavci raziskoval vpliv 3D-modeliranja na prostorsko predstavljalivost. Raziskava se je nanašala na osmi razred osnovne šole. Ugotovil je pomembne izboljšave na področju miselnega vrtenja in prostorske vizualizacije.

Isik-Ercan (2010) je s sodelavci proučil uporabo 3D-vizualizacije za namene poučevanja astronomije. Ugotovil je zelo pozitivne učinke ter predlagal takšen pristop pri poučevanju razlage odnosov predmetov v vesolju tudi pri sorodnih predmetih v osnovni šoli.

V Maleziji se za poučevanje geometrije v osnovni šoli poslužujejo računalniške tehnologije. Abu (2012) je s sodelavci ugotovil, da ima računalniško podprto učenje prednosti pri razumevanju geometrijskega razmišljanja. Upati je, da bodo ti rezultati sčasoma pripeljali do večje vključitve računalniško podprtega učnega procesa za zagotavljanje bolj smiselnega in učinkovitega načina učenja geometrije.

3D-modeliranje se z otrokovo starostjo dopolnjuje in nadgrajuje. Vse dokler ni dovolj zrel, da lahko prične z računalniškim 3D-modeliranjem. Na tem mestu se samo od sebe poraja vprašanje »Kdaj je tisti trenutek oziroma koliko so otroci stari, ko pričnemo z uvajanjem 3D-modeliranja?« Teorija in praksa sta si tukaj precej neenotni. Zgoraj smo že omenili, da učni načrt predvideva 3D-modeliranje v osmem razredu. Prav tako, da mnogi učitelji v praksi 3D-modeliranje pričnejo že v šestem razredu osnovne šole. Kot vidimo, so mnenja precej deljena. Piaget je proučil stopnje otrokovega mišljenja in jih povezal s starostjo otrok.

Tabela 2.2: Piagetove stopnje otrokovega mišljenja (Labinowicz, 1989)

	STOPNJA	STAROSTNI RAZPON	ZNAČILNOSTI
Pripravljalne, predlogične stopnje	Senzomotorična	Rojstvo-2 leti	Usklajevanje fizičnih dejavnosti; Predpredstavna in predverbalna stopnja
	Predoperacionalna	2-7 let	Sposobnost predstavljanja dejavnosti preko misli in jezika; Predlogična.
Stopnje naprednejšega, logičnega mišljenja	Konkretne operacije	7-11 let	Logično mišljenje, omejeno na fizično realnost
	Formalne operacije	11-15 let	Logično mišljenje, abstraktno in neomejeno.

Vidimo torej, da razvoj logičnega mišljenja skoraj sovпада s pričetkom osnovnega šolanja. Pričetek abstraktnega mišljenja lahko uvrstimo nekje v šesti razred osnovne šole. Nekateri avtorji so celo mnenja, da je Piaget starostno stopnjo otrok postavil previsoko. Po njihovem mnenju naj bi otroci bili sposobni takšnega mišljenja že prej.

Kot učni pripomoček za 3D-modeliranje s programom SketchUp, se na slovenskem področju ponuja 3D modeliranje in vizualizacija s programom SketchUp (Dolenc, 2012). Priročnik v slovenskem jeziku natančno opiše vse potrebne korake za usvojitve orodij, ki jih program ponuja.

Vsekakor je priporočljivo, če znanje modeliranja razširimo še na 3D tiskanje. Tiskalniki, ki omogočajo tovrstno tiskanje, so dandanes dosegljivi že za nekaj sto eurov, kar je dostopno tudi osnovnim šolam. Učenci imajo tako zraven dodatne motivacije za učenje tudi boljši občutek za model, ki so ga zmodelirali s programskim orodjem. Tako proizvodnjo v podjetjih na najboljši možen način približamo učencem. Proizvodnjo oziroma konstruiranje pravzaprav na nek način preselimo v učilnico.

Ta orodja so za osnovnošolsko izobraževanje podrobnosti, ki ne sodijo med minimalne standarde znanja. Najprimerneje jih je razvijati pri izbirnem predmetu risanje v

geometriji in tehniki, ki ga šola lahko ponudi v tretjem vzgojno izobraževalnem obdobju (Dolenc, 2012).

2.9 Test prostorske predstavljalivosti

Vprašanja o prostorski sposobnosti merijo sposobnost oblikovanja miselnih slik in vizualizacije gibanja ali sprememb teh slik. Pisni preizkusi prostorskih sposobnosti pogosto vključujejo vizualno sestavljanje in demontažo predmetov, ki so rotirani ali jih gledamo iz različnih zornih kotov.

Prostorska sposobnost je potrebna na proizvodnih, tehničnih in oblikovalskih delovnih mestih, kjer se na primer uporabljajo načrti in risbe; inženiring, arhitektura, geodetska dela in projektiranje. Pomembna je tudi v nekaterih vejah znanosti, kjer je sposobnost predvidevanja interakcij tridimenzionalnih komponent bistvenega pomena.

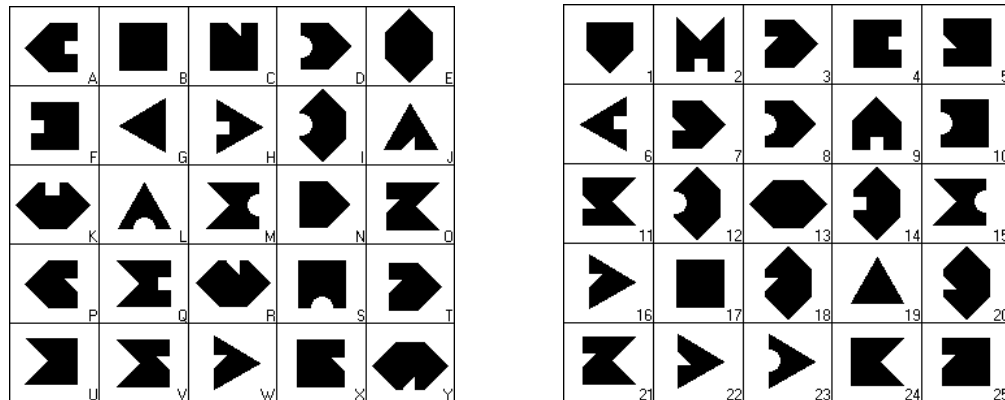
Na prvi pogled so nekatera od teh vprašanj zelo podobna vprašanjem abstraktnega sklepanja, vendar temu ni tako. Vprašanja o prostorskih zmožnostih se nanašajo samo na sposobnost miselne manipulacije oblik, ne pa na prepoznavanja vzorcev in logičnih sklepov.

Vsi preizkusi prostorskih sposobnosti temeljijo na tem, da si lahko predstavljate, kaj bi se zgodilo v vaših očeh. Na žalost si približno pet odstotkov odrasle populacije ne more predstavljati, da bi se dvodimenzionalne oblike premikale skozi tretjo dimenzijo. Ta domneva se pojavlja, ker je v sposobnosti prostorskega sklepanja vključen genetski dejavnik (<https://www.psychometric-success.com/downloads/download-spatial-ability-practice-tests>).

2.10 Primeri testov prostorske predstavljalivosti

»Iskanje parov« (Newton in Bristoll, b. d.)

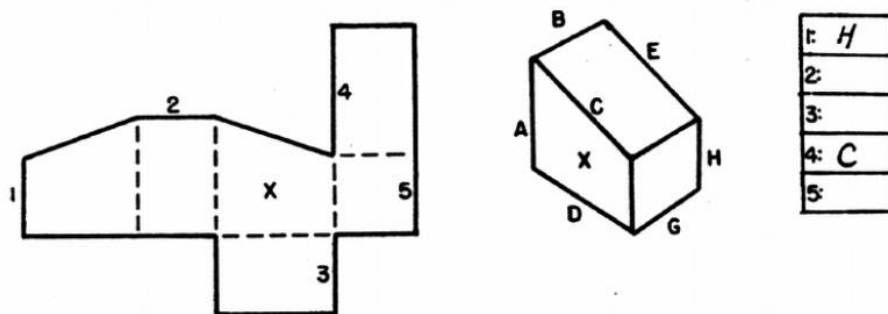
Pri tem testu je potrebno poiskati enak lik, ki se nahaja v drugi tabeli. Za uspešno reševanje so potrebne miselne rotacije.



Slika 2.8: Iskanje parov (Newton in Bristoll, b. d.)

The Surface Development Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

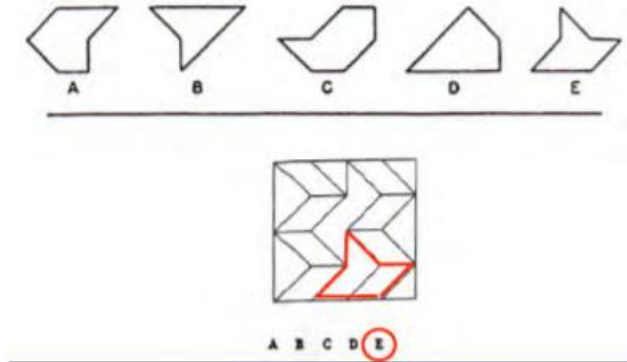
Pri tem testu si je potrebno predstavljati, katere stranice oziroma ploskve so enake. Primerjati jih moramo med mrežo telesa in sestavljenim telesom.



Slika 2.9: The Surface Development Test (www.researchgate.net)

Hidden Figures Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

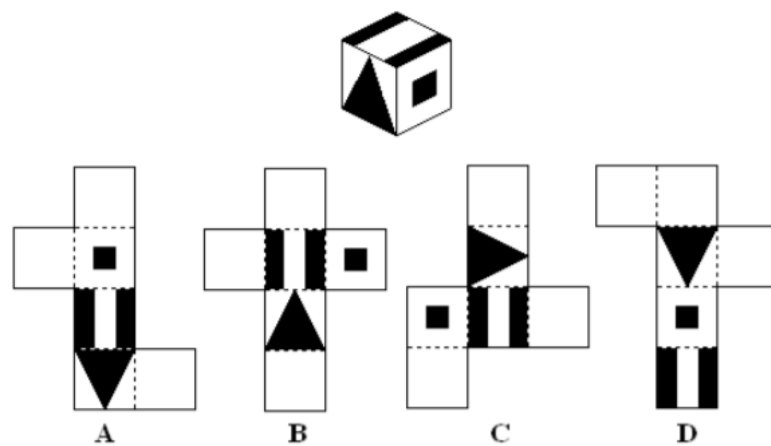
Test vsebuje dvanajst nalog. Pri vsaki nalogi je potrebno poiskati, kateri izmed petih likov je skrit v spodnji sliki. Čas trajanja testa je omejen na pet minut.



Slika 2.10: Hidden Figures Test (Study, 2012)

Differential Aptitude Test: Space Relations

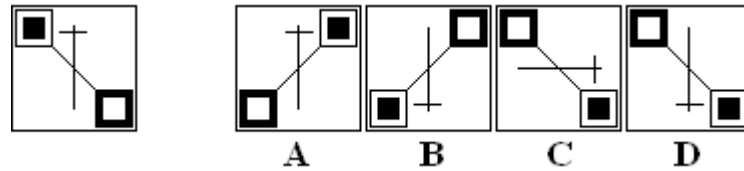
Test vsebuje naloge, kjer je potrebno ugotoviti, katera mreža pripada zgornjemu telesu.



Slika 2.11: Differential Aptitude Test: Space Relations (Newton in Bristoll, b. d.)

Picture Rotation Test

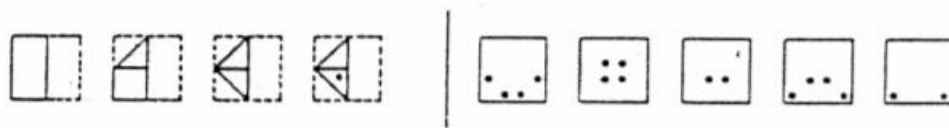
Pri testu je potrebno z miselnimi rotacijami ugotoviti, katera slika je enaka levi sliki. Samo ena od štirih rešitev je pravilna.



Slika 2.12: Picture Rotation Test (Newton in Bristoll, b. d.)

The Punched Holes Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

Test je sestavljen iz desetih nalog in je omejen na tri minute. Na levi strani je prikazano zaporedje zlaganja papirja, ki je nato preluknjjan. Na desni je potrebno ugotoviti, kateri izmed preluknjanih papirjev ustreza listu papirja na levi.



Slika 2.13: The Punched Holes Test (Study, 2012)

3 RAZISKAVA

3.1 Vzorec raziskave

Raziskovali smo vpliv kratkotrajnega poučevanja 3D-modeliranja na prostorsko predstavljenost učencev. Raziskava je potekala spomladi 2019 na Osnovni šoli Franca Lešnika - Vuka Slivnica pri Mariboru in je trajala štiri tedne. Vanjo so bili vključeni učenci tretjega, šestega, sedmega in osmega razreda. Skupno je sodelovalo 102 otroka. Od tega je bilo 52 dečkov in 50 deklic.

Tabela 3.1: Število (N), število dečkov in število deklic

	N	Število dečkov	Število deklic
3. razred	16	8	8
6. razred	28	20	8
7. razred	25	7	18
8. razred	33	17	16

3.2 Spremenljivke

V raziskavo smo vključili naslednje spremenljivke:

- razred,
- spol,
- skupno število doseženih točk na začetnem preizkusu (priloga 1),
- skupno število doseženih točk na končnem preizkusu (priloga 2).

3.3 Opis raziskave

Na začetku in koncu raziskave smo učence testirali s pomočjo testov prostorske predstavljenosti (priloga 1 in priloga 2). Med začetnim in končnim testom so bili vsi učenci deležni dveh ur popolnoma enakega načina poučevanja 3D-modeliranja s pomočjo programa SketchUp. Tako so bili vsem učencem omogočeni enakovredni pogoji.

- Učenci tretjih razredov so raziskavo opravljali med bivanjem v oddelku podaljšanega bivanja ob petkih popoldne. Prvi dan so učenci reševali začetni test prostorske predstavljenosti (priloga 1). Čez dva tedna so bili učenci deležni tečaja 3D-modeliranja. Po štirih tednih so učenci reševali končni test prostorske predstavljenosti (priloga 2).

- Učenci šestih razredov so raziskavo opravljali med poukom tehnika in tehnologija. Prvi dan so učenci reševali začetni test prostorske predstavljalivosti (priloga 1). Čez dva tedna so bili učenci deležni tečaja 3D-modeliranja. Po štirih tednih so učenci reševali končni test prostorske predstavljalivosti (priloga 2).
- Učenci sedmih razredov so raziskavo opravljali med poukom tehnika in tehnologija. Prvi dan so učenci reševali začetni test prostorske predstavljalivosti (priloga 1). Čez dva tedna so bili učenci deležni tečaja 3D-modeliranja. Po štirih tednih so učenci reševali končni test prostorske predstavljalivosti (priloga 2).
- Učenci osmih razredov so raziskavo opravljali med poukom tehnika in tehnologija. Prvi dan so učenci reševali začetni test prostorske predstavljalivosti (priloga 1). Čez dva tedna so bili učenci deležni tečaja 3D-modeliranja. Po štirih tednih so učenci reševali končni test prostorske predstavljalivosti (priloga 2).

3.3.1 Testiranje

Začetni test prostorske predstavljalivosti (priloga 1)

Začetni preizkus prostorske predstavljalivosti je bil sestavljen iz tridesetih nalog. Test prostorske predstavljalivosti je vseboval dva sklopa nalog. Prvi sklop se nanaša na rotacije enostavnejših likov in vključuje naloge od ena do petindvajset. Učenci so morali črko ob liku pripisati k številki enakega, vendar zasukanega lika. Drugi sklop je precej zahtevnejši in se nanaša na rotacije kompleksnejših likov, sestavljanje določenih likov in trirazsežnostno sestavljanje določenih teles. Ta sklop se nanaša na naloge od šestindvajset do trideset. Pri teh nalogah je šlo za izbirni tip nalog.

Vse naloge so bile ovrednotene z eno točko. Za pravilen odgovor je učenec dobil eno točko. Za nepravilen odgovor je učenec dobil nič točk. Skupaj je bilo možno doseči trideset točk.

Končni test prostorske predstavljalivosti (priloga 2)

Z namenom ugotavljanja napredka v 3D modeliranju, smo test z enakimi nalogami ponovili po 3D-modeliranju

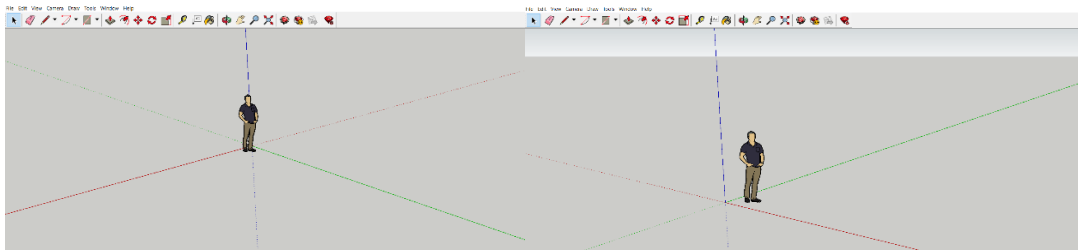
Potek poučevanja 3D-modeliranja

Vsi učenci, ki so sodelovali v raziskavi, so bili deležni enakega tečaja 3D-modeliranja. Potekal je po naslednjih načelih:

- načelu enakopravnosti glede na starostno stopnjo otrok,
- načelu od lažjega k težjemu,
- načelu pomembnosti orodij za 3D-modeliranje.

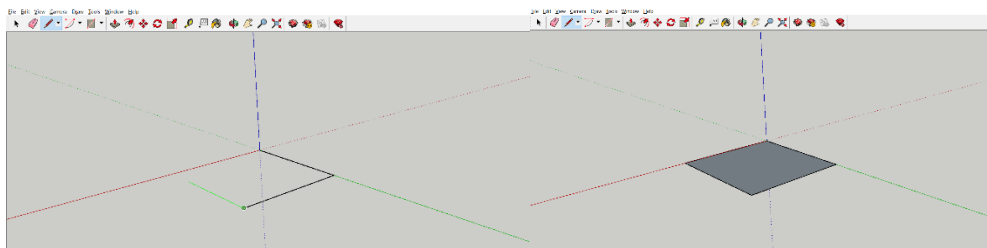
Tečaj je potekal v programu za 3D-modeliranje SketchUp. Učenci tretjega razreda so pri delu imeli vsak svoj računalnik, učenci ostalih razredov pa so zaradi premajhnega števila računalnikov delali v dvojicah.

Ko smo pričeli s 3D-modeliranjem, je bilo najpomembneje učence naučiti gibanja v prostoru, vključno z vsemi rotacijami oziroma vrtenji v prostoru.



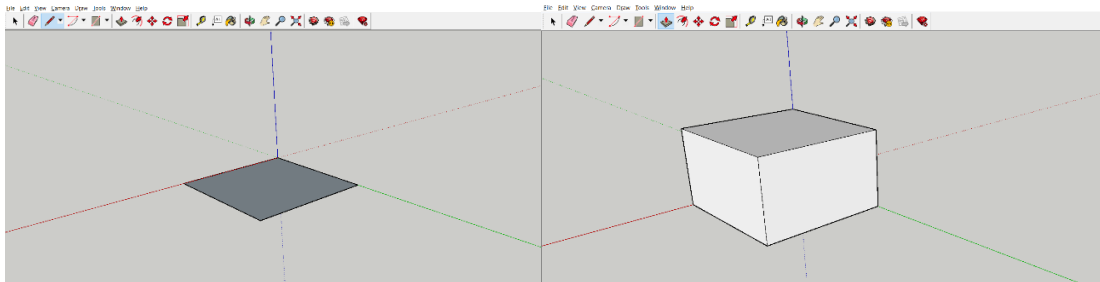
Slika 3.1: Gibanje v prostoru

Naslednja stopnja je bila risanje črt in likov. Pričeli smo z risanjem črt v prostoru in šele nato nadaljevali z risanjem likov s pomočjo orodja za risanje likov.



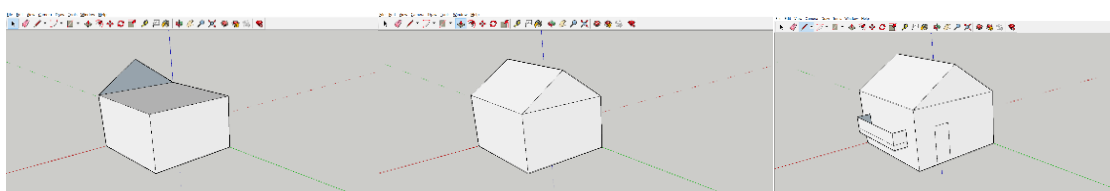
Slika 3.2: Risanje črt in likov

Do sedaj smo se gibalili zgolj v dveh dimenzijah. V naslednjem koraku smo pričeli tudi z gibanjem v tretji dimenziji. V orodni vrstici preoblikovanja (Dolenc, 2012) najdemo orodje Potisni/Povleci (ang. Push/Pull), s katerim dodajamo oziroma odvezujemo volumen. Kot kaže spodnja slika, lahko z eno potezo iz kvadrata ustvarimo kocko.



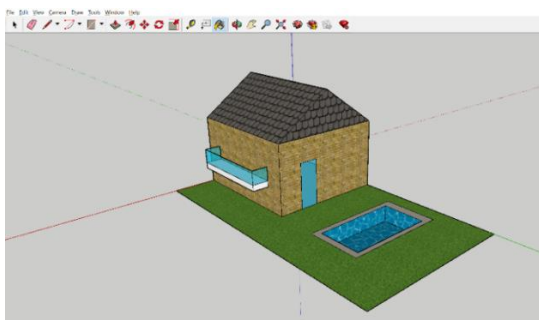
Slika 3.3: 3D-modeliranje kocke

Temu je sledilo premikanje predmetov po prostoru. Orodje Premakni (ang. Move) najdemo prav tako v orodni vrstici preoblikovanja (Dolenc, 2012). Znanje usvojeno do te stopnje je bilo potrebno najprej utrditi, šele nato smo nadaljevali z nadaljnjim učenjem. V ta namen smo učencem dodelili nalogo, ki so jo z veseljem opravili. Na spodnji sliki lahko vidimo primer naloge za utrjevanje učne snovi. Učenci so modelirali svojo hišo.



Slika 3.4: Utrjevanje osnovnih znanj 3D-modeliranja

Ko so učenci zadovoljivo utrdili prejšnjo snov, smo jim predstavili orodje Materiali (ang. Materials). Nahaja se v orodni vrstici preoblikovanja (Dolenc, 2012). Ponovno smo jim ponudili priložnost za lastno ustvarjalnost ob dodajanju materialov na že zmodelirano hišo. K dodatni motivaciji je pripomoglo, da so lahko svojo hišo preoblikovali po lastnih željah. Na spodnji sliki lahko vidimo začetek kreiranja sanjskega doma.



Slika 3.5: Oblikovanje s pomočjo orodja Materiali

To metodo poučevanja smo uporabili, ker se je v praksi pokazala za zelo uspešno. Preskakuje podrobnejše korake, po katerih bi na primer poučevali odrasle osebe, zato so rezultati vidni veliko prej. To učencem daje motivacijo in jih vzpodbuja k nadaljnjemu učenju. Prav tako omogoča velik napredek v primerjavi z vloženim časom. Če pogledamo celotno sliko, lahko ugotovimo, da smo izpustili večino orodij, ki jih SketchUp ponuja. Izpustili smo jih ravno z namenom ohranjanja motivacije. Orodja, ki smo jih izpustili, je mogoče uspešno uvajati kasneje, ko so učenci že navdušeni nad programskim orodjem.

Tekom tečaja se je izkazalo, da nekateri učenci tretjih razredov še nimajo osnovnih računalniških znanj, zato je delo potekalo nekoliko počasneje. Ostali učenci večjih težav niso imeli. Za vse učence lahko rečemo, da so bili visoko motivirani za učenje.

3.4 Analiza rezultatov

Za analizo rezultatov smo uporabljali program Excel. Velikost učinka smo izračunali na podlagi Hedgesove formule za izračun velikosti učinka (Social Science Statistics, b.d.).

Pridobljeni podatki obeh testiranj so prikazani v obliki tabel in grafov. Tabelam in grafom sledijo analize, ustrezni zaključki in ugotovitve.

Podatke smo pri analizi razvrstili v več kategorij, ki smo jih podrobneje analizirali. Namen takšne analize je poglobitev ne samo v primerjavo vpliva 3D-modeliranja na prostorsko predstavljivost glede na posamezen razred, temveč tudi glede na spol.

Pri analizi smo primerjali število doseženih točk učencev glede na:

- razred,
- spol.

V raziskavi smo zajeli naslednje spremenljivke:

- število deklic in dečkov po skupinah,
- minimalno število doseženih točk po skupinah,
- maksimalno število doseženih točk po skupinah,
- povprečje skupin,
- povprečje skupin glede na spol,
- standardni odklon,
- standardni odklon glede na spol,
- velikost učinka po Hedgesu,
- velikost učinka po Hedgesu glede na spol,
- vse našteté postavke glede na vse udeležence raziskave skupno.

Za celovito sliko smo združili rezultate vseh razredov ter tako dobili boljši vpogled v velikost učinka po vertikali.

Pri indeksu težavnosti nalog smo predpostavili, da je naloga primerna, če za indeks težavnosti (p) velja $0,25 \leq p \leq 0,85$.

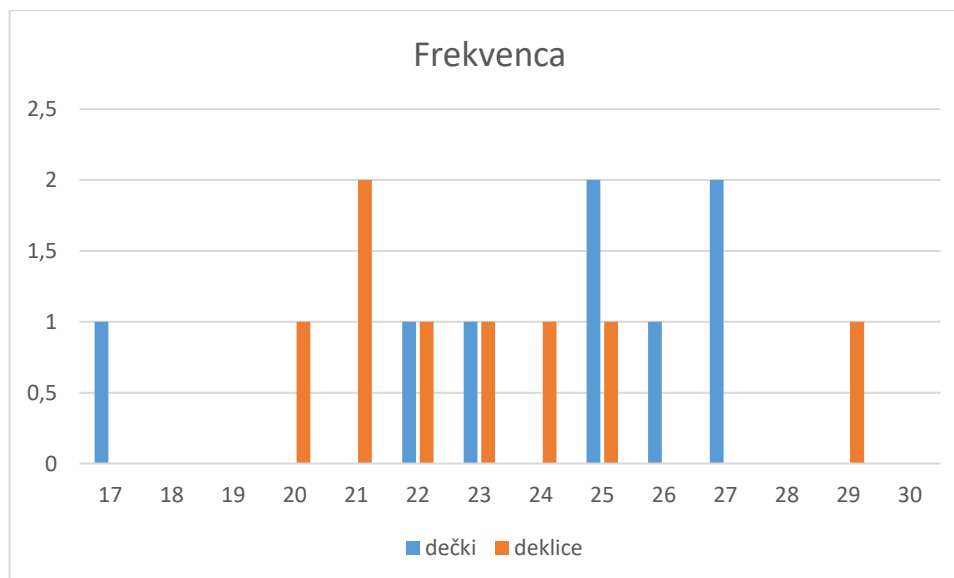
Za velikost učinka velja, da je učinek pomemben, v kolikor je $g \geq 0,2$. Izboljšavo lahko označimo kot zmerno, če za zmerno izboljšavo velja $0,2 \leq g \leq 0,8$.

3. razred - začetni test

Tabela 3.2: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 1)

	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	8	17	27	24	3,12
deklince	8	20	29	23,13	2,71

Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je v skupini tretjega razreda sodelovalo enako število dečkov in deklic. Dečki so dosegli višje povprečje zbranih točk, vendar so imele deklice nižji standardni odklon.



Graf 3.1: Porazdelitev točk 3. razreda na začetnem preizkusu – deklice, dečki

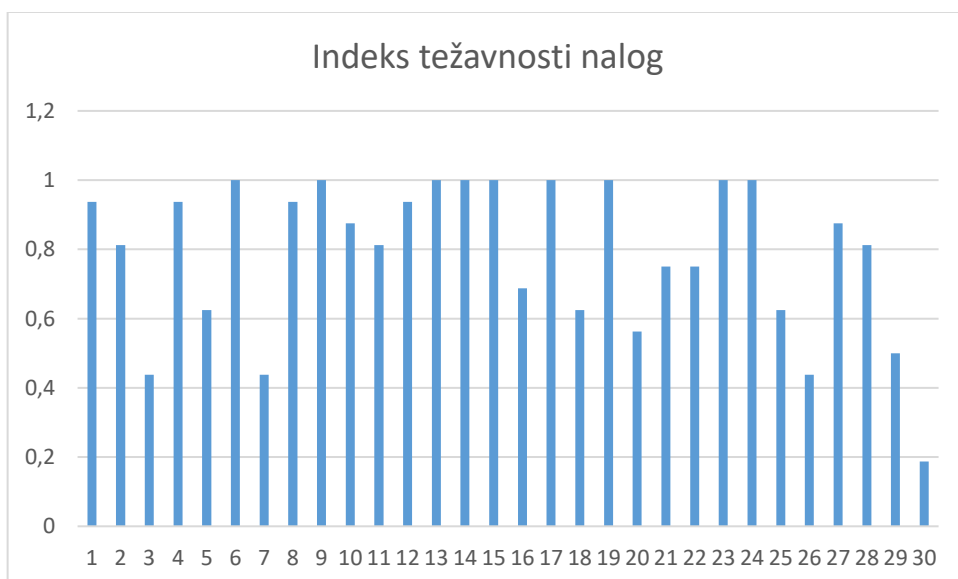
Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Pri dečkih je na začetnem preizkusu en deček dosegel veliko manjše število točk v primerjavi z ostalimi.

Pri deklicah je ena učenka dosegla veliko večje število točk v primerjavi z ostalimi. Zelo blizu pri doseženih točkah je bilo štirinajst učencev.



Graf 3.2: Porazdelitev točk 3. razreda na začetnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na začetnem preizkusu kaže, da je večina učencev dosegla med 20 in 27 točk. Manj točk je dosegel en učenec in sicer 17. Več točk je prav tako dosegel en učenec. Dosegel je 29 točk. Tako veliko število doseženih točk na začetnem testu prostorske predstavljalivosti nakazuje, da je bilo v test (priloga 1) vključenih veliko število lahkih nalog.



Graf 3.3: Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa v skupini 3. razreda

Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila, na začetnem preizkusu prostorske predstavljalivosti, večina nalog primernih.

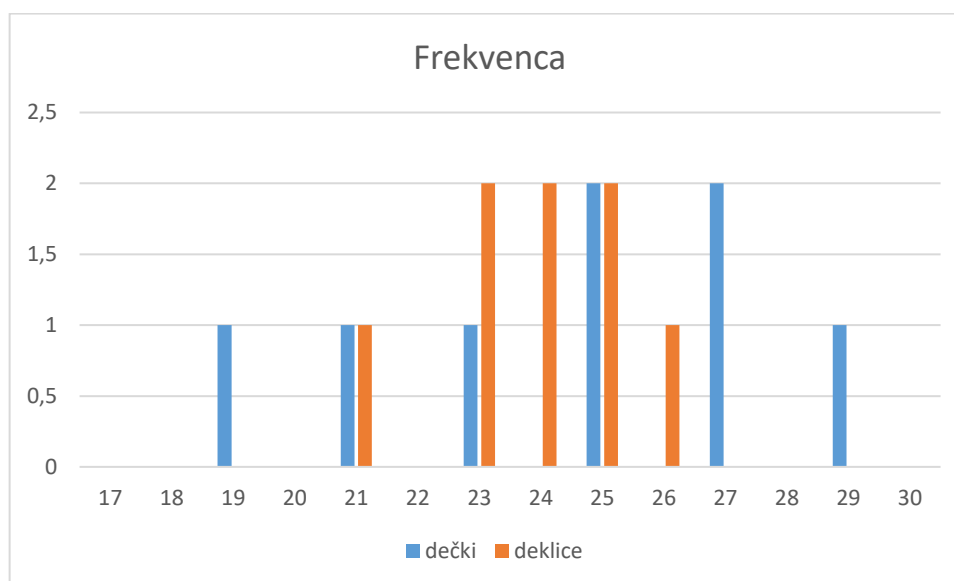
Petnajst nalog se je pokazalo za lahke. Le ena naloga se je pokazala za težko (naloga 30).

3. razred - končni test

Tabela 3.3: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 2)

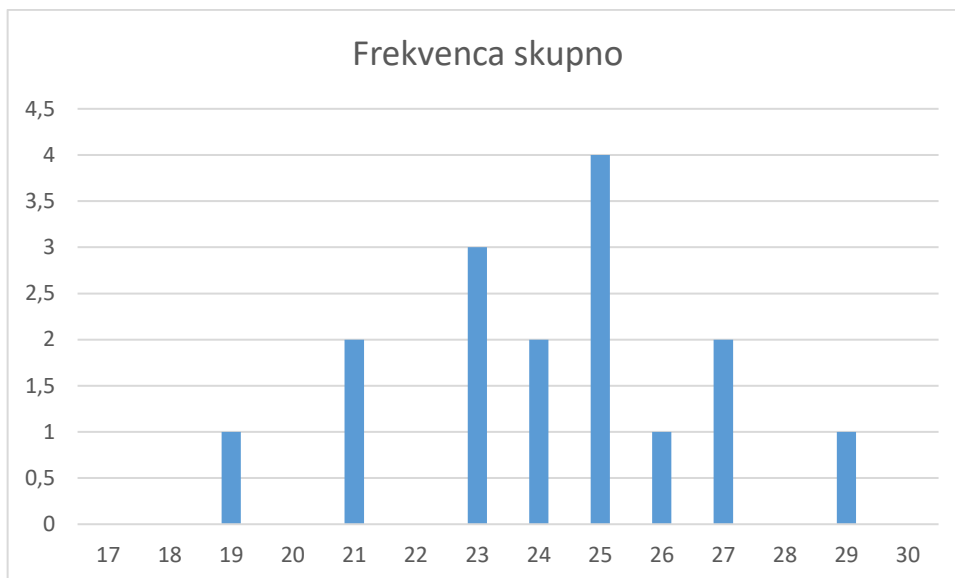
	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	8	19	29	24,5	3,12
dekllice	8	21	26	23,9	1,45

Na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je v skupini tretjega razreda sodelovalo enako število dečkov in deklic. Dečki so dosegli višje povprečje zbranih točk, vendar so imele deklice veliko nižji standardni odklon.



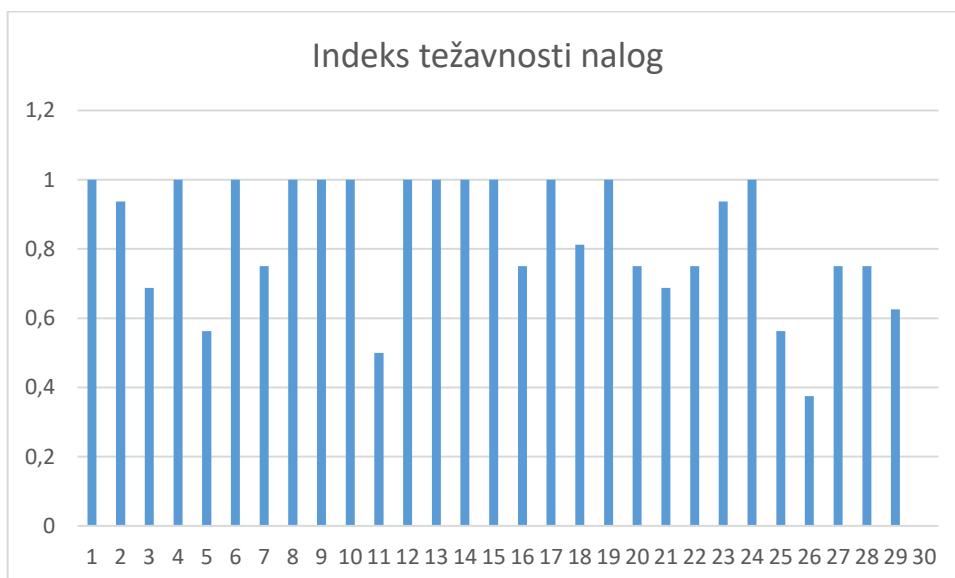
Graf 3.4: Porazdelitev točk 3. razreda na končnem preizkusu – deklice, dečki

Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Pri dečkih sta na končnem preizkusu dva dečka dosegla veliko manjše število točk v primerjavi z ostalimi. En deček je dosegel večje število točk od večine. Pri deklicah je ena učenka dosegla manjše število točk v primerjavi z ostalimi. Pri številu doseženih točk, je bilo zelo blizu dvanajst učencev.



Graf 3.5: Porazdelitev točk 3. razreda na končnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na končnem preizkusu kaže, da je večina učencev dosegla med 23 in 27 točk. Manj točk so dosegli trije učenci. En učenec je dosegel 19 točk ter dva učenca 21 točk. Več točk je dosegel en učenec (29 točk). Tako veliko število doseženih točk na končnem testu prostorske predstavljalivosti nakazuje, da je bilo v test (priloga 2) vključenih veliko število lahkkih nalog.



Graf 3.6: Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa v skupini 3. razreda

Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila, na končnem preizkusu prostorske predstavljenosti, večina nalog po težavnosti primerih. Petnajst nalog se je pokazalo za lahke. Le ena naloga se je pokazala za težko (naloga 30).

Velikost učinka za t-test smo izračunali s pomočjo popravljenega Cohenovega d , imenovanega Hedges' g (Hedges, 1985).

Za dečke smo izračunali velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,16.

Torej pri dečkih skupine tretjega razreda ne moremo govoriti o pomembni izboljšavi med začetnim in končnim testom.

Velikost učinka dečkov tretjega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2450 - 2400) / 312 = 0.160256.$$

Pri deklicah je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,35. Deklice so torej pomembno napredovale.

Velikost učinka deklic tretjega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2390 - 2313) / 217.331544 = 0.354297.$$

Če pogledamo celotno skupino tretjega razreda, lahko ugotovimo, da je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,23. Skupina tretjega razreda je torej pomembno napredovala.

Velikost učinka vseh učencev tretjega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2418 - 2356) / 271.154937 = 0.228652.$$

Skupina tretjega razreda je splošno gledano torej pomembno napredovala. Opazne so razlike znotraj skupine, saj so deklice bolje napredovale v primerjavi z dečki. Med samim učenjem 3D-modeliranja je bilo zaradi nizke starosti veliko težav, na katere nismo pomislili. Učenci so namreč že zelo vešči nekaterih prvin uporabe IKT, vendar žal to velja samo za uporabo IKT v zabavne namene. V mislih imamo predvsem igranje računalniških igrvic. Tako so imeli velike težave pri osnovnem rokovanju z računalnikom, ko je šlo za uporabo računalniških ukazov. Težavo je na primer predstavljala že

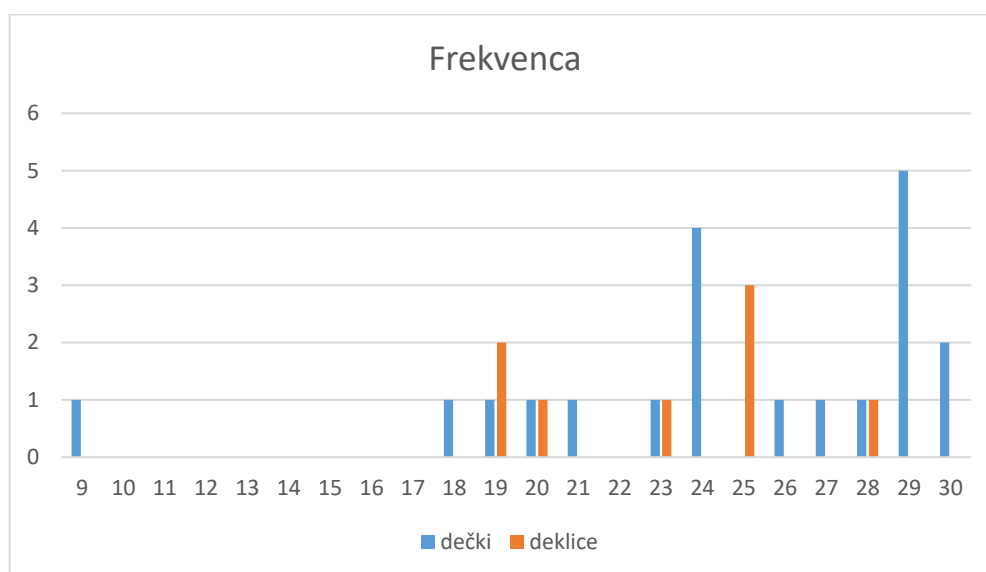
uporaba tipke control (Ctrl). S samim programom SketchUp niso imeli večjih težav. Lahko bi celo rekli, da je delo v programu SketchUp potekalo enako ali podobno, ne glede na starostno stopnjo otrok. Prav tako je med poučevanja 3D-modeliranja bila motivacija za učenje na nepričakovano visoki stopnji. Takšno motivacijo pri rednem pouku redko kdaj dosežemo.

6. razred - začetni test

Tabela 3.4: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 1)

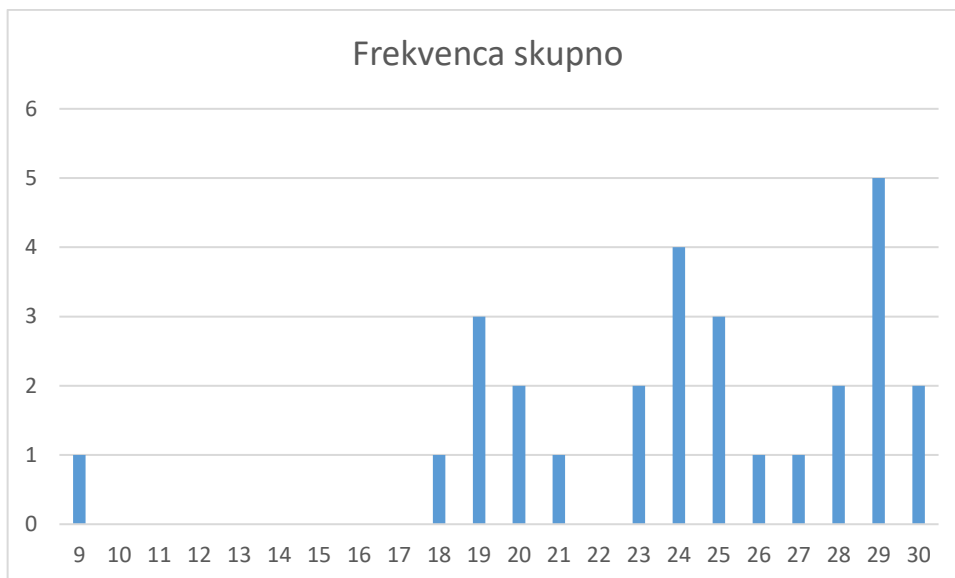
	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	20	9	30	24,6	5,15
deklice	8	19	28	23	3,12

Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je v skupini šestega razreda sodelovalo večje število dečkov kot deklic. Dečkov je bilo 20, deklic pa 8. Dečki so dosegli višje povprečje zbranih točk, vendar so imele deklice nižji standardni odklon.



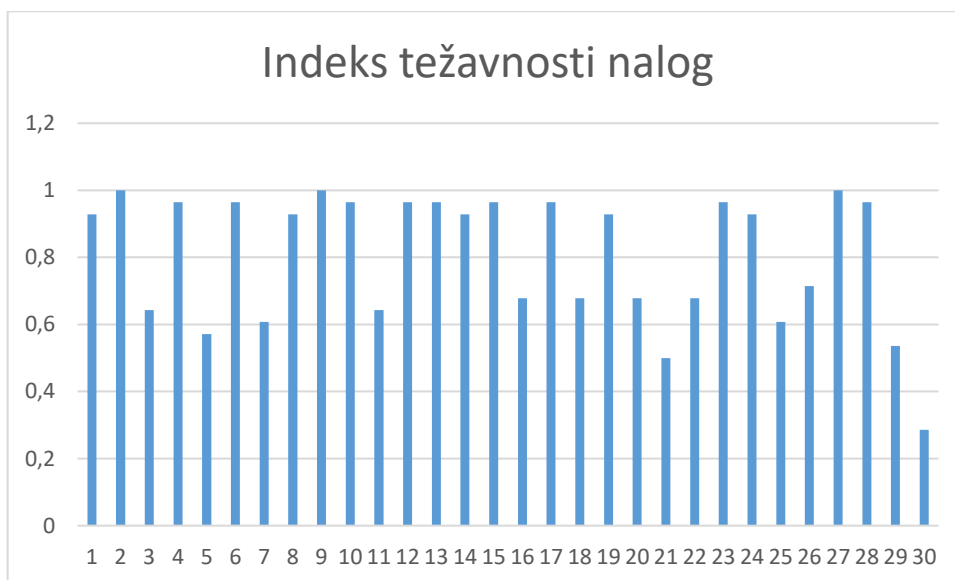
Graf 3.7: Porazdelitev točk 6. razreda na začetnem preizkusu – deklice, dečki

Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Pri dečkih je bila razporeditev precej neenakomerna. Petnajst dečkov je doseglo več kot 23 točk. Štirje so dosegli med 18 in 21 točk. En deček pa je dosegel občutno manj točk (9 točk). Pri deklicah je ena učenka dosegla večje število točk v primerjavi z ostalimi (28 točk). Tri deklice so dosegle manj točk od večine (19 in 20 točk).



Graf 3.8: Porazdelitev točk 6. razreda na začetnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na začetnem preizkusu kaže, da je večina učencev dosegla med 23 in 30 točk. Manj točk je doseglo osem učencev. Tako veliko število doseženih točk na začetnem testu prostorske predstavljalnosti nakazuje, da je bilo v test vključenih veliko (priloga 1) število lahkih nalog. En učenec je zelo odstopal od povprečja. Dosegel je 9 točk.



Graf 3.9: Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa v skupini 6. razreda

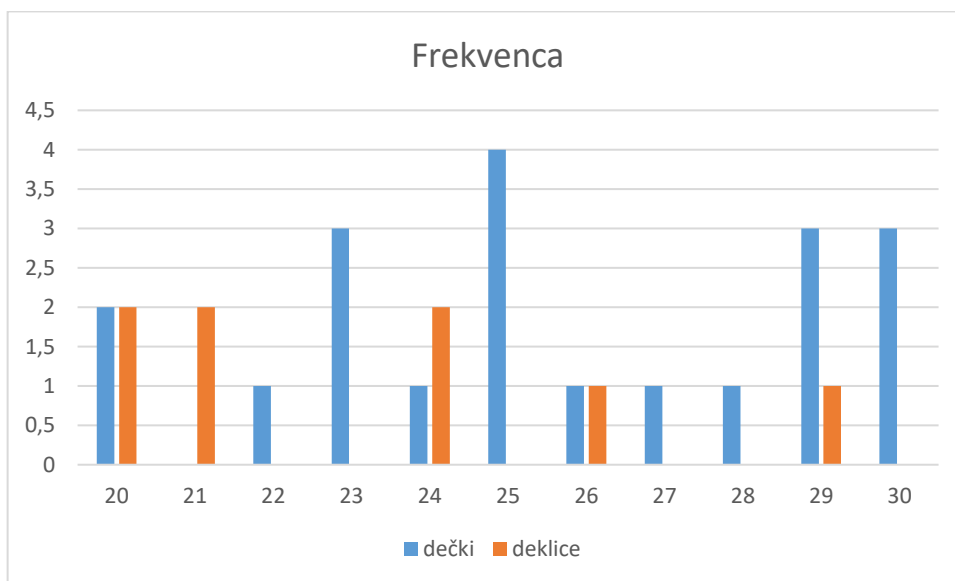
Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila na začetnem preizkusu prostorske predstavljalivosti večina nalog primerno težkih ali lahkih. Sedemnajst nalog se je izkazalo za lahke. Nobena naloga se ni izkazala za neprimerno.

6. razred - končni test

Tabela 3.5: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 2)

	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	20	20	30	25,65	3,16
deklince	8	20	29	23,12	3,01

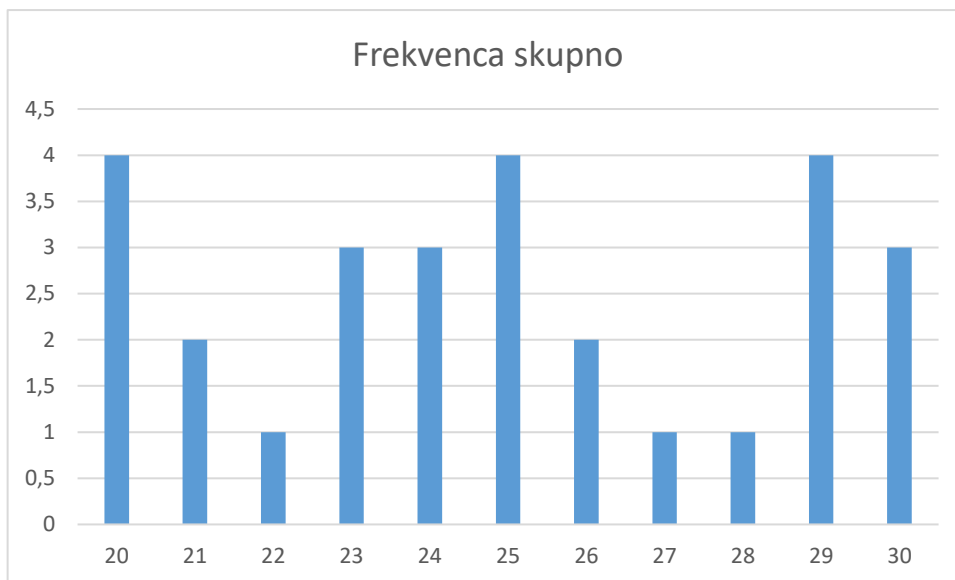
Na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je v skupini šestega razreda sodelovalo večje število dečkov kot deklic. Dečkov je bilo 20, deklic pa 8. Dečki so dosegli višje povprečje zbranih točk. Tako dečki kot deklice so imeli podoben standardni odklon.



Graf 3.10: Porazdelitev točk 6. razreda na končnem preizkusu – deklice, dečki

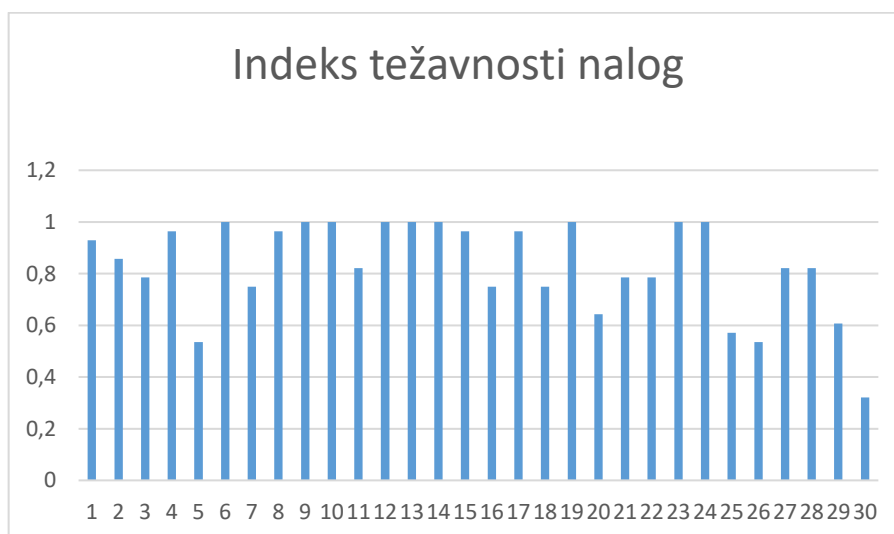
Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Pri dečkih sta na končnem preizkusu dva dosegla manjše število točk v primerjavi z ostalimi, a sta še vedno dosegla 20 točk. Trije dečki so dosegli 29 od 30 možnih točk. Prav tako so trije dečki dosegli vse možne točke. Pri deklicah sta dve učenki dosegli manjše število točk v

primerjavi z ostalimi, a sta še vedno dosegli 20 točk. Ena deklica je dosegla 29 od 30 možnih točk.



Graf 3.11: Porazdelitev točk 6. razreda na končnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na končnem preizkusu kaže, da je večina učencev dosegla med 23 in 30 točk. Manj točk je doseglo sedem učencev, a so še vedno vsi dosegli 20 točk ali več. Sedem učencev je doseglo 29 ali 30 točk. Tako veliko število doseženih točk na končnem testu prostorske predstavljalosti nakazuje, da je bilo v test (priloga 2) vključenih veliko število lahkkih nalog.



Graf 3.12: Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa v skupini 6. razreda

Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila, na končnem preizkusu prostorske predstavljenosti, večina nalog primernih. Petnajst nalog se je izkazalo za lahke. Nobena naloga se ni izkazala za neprimerno.

Velikost učinka za t-test smo izračunali s pomočjo popravljenega Cohenovega d , imenovanega Hedges' g (Hedges, 1985).

Za dečke smo izračunali velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,24. Dečki so torej pomembno napredovali.

Velikost učinka dečkov šestega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2565 - 2460) / 427.247586 = 0.245759.$$

Pri deklicah je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,039. Torej pri deklicah skupine šestega razreda ne moremo govoriti o pomembni izboljšavi med začetnim in končnim testom.

Velikost učinka deklic šestega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2312 - 2300) / 306.549343 = 0.039145.$$

Če pogledamo celotno skupino šestega razreda, lahko ugotovimo, da je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,19. Skupina šestega razreda ni pomembno napredovala. Je pa rezultat na meji z zmerno izboljšavo.

Velikost učinka vseh učencev šestega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2492 - 2414) / 407.470858 = 0.191425.$$

Skupina šestega razreda je bila skupno gledano nekoliko (0,01) pod mejo, ki označuje pomembno izboljšavo. Gledano na spol lahko ugotovimo, da deklice praktično niso napredovale. Nasprotno so dečki napredovali zmerno, saj so dosegli velikost učinka 0,24. Tako kot v tretjem razredu, so tudi učenci šestega razreda imeli nekatere težave pri osnovnem rokovanju z IKT. Težave so bile vendarle veliko manjše v primerjavi s tretjim razredom. Tako je delo v programu SketchUp potekalo brez kakršnih koli težav. Učenci šestih razredov so v razumevanju navodil in njihovem apliciranju v delo povsem

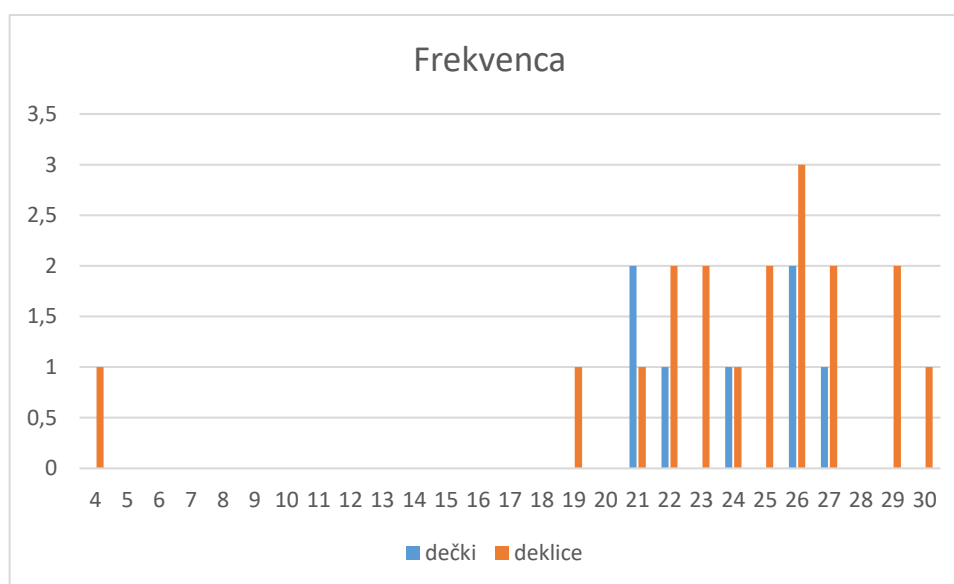
primerljivi z učenci sedmega in osmega razreda. Vsi učenci so bili zelo motivirani za delo.

7. razred - začetni test

Tabela 3.6: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 1)

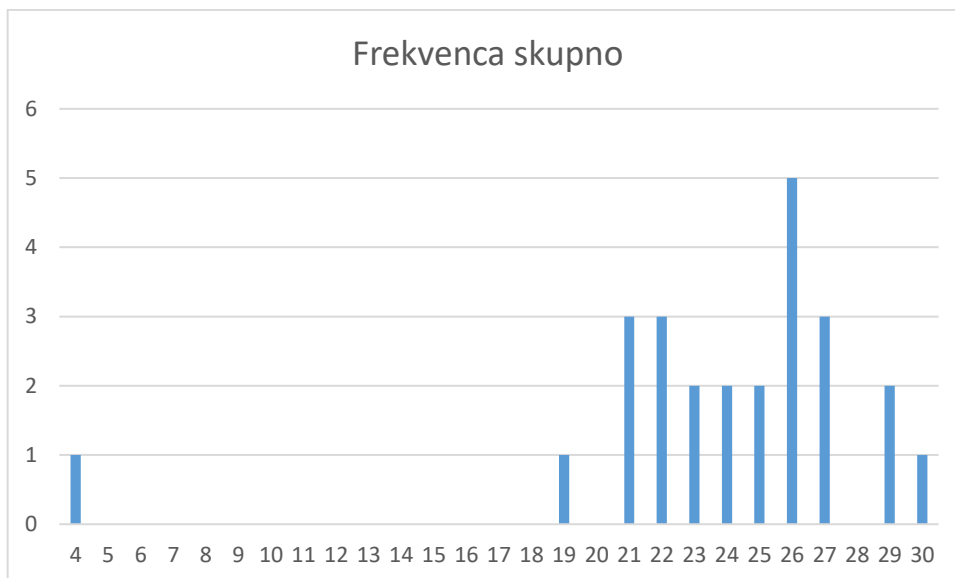
	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	7	21	27	23,85	2,35
deklice	18	4	30	23,77	4,89

Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je v skupini sedmega razreda sodelovalo 7 dečkov in 18 deklic. Dečki so dosegli nekoliko višje povprečje zbranih točk in imeli veliko nižji standardni odklon v primerjavi z deklicami. Pri deklicah izstopa najmanjše število doseženih točk.



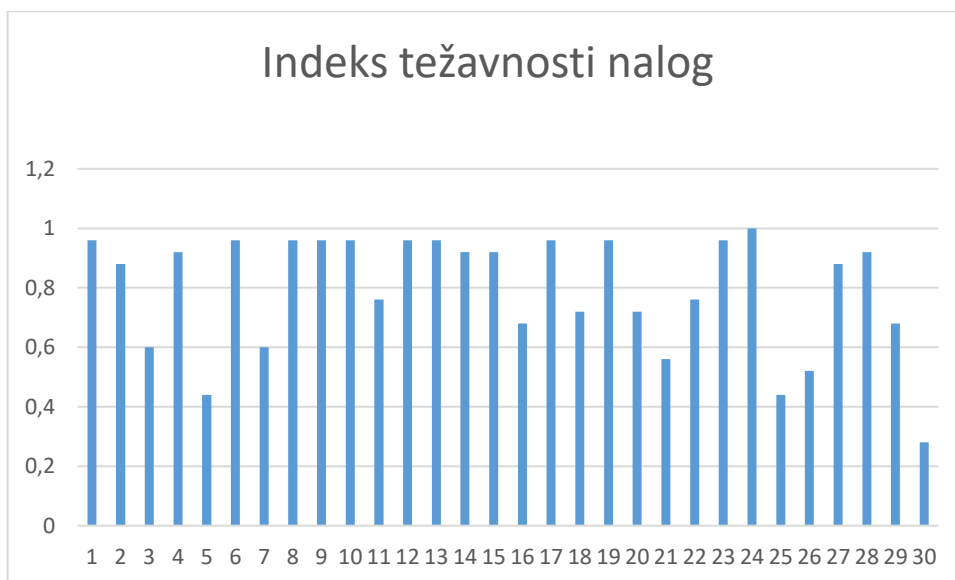
Graf 3.13: Porazdelitev točk 7. razreda na začetnem preizkusu – deklice, dečki

Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Pri dečkih so bili na začetnem preizkusu primerljivi glede števila doseženih točk. Pri deklicah je ena učenka dosegla veliko manjše število točk v primerjavi z ostalimi. Dve deklici sta dosegli 29 točk, ena pa vseh 30 možnih točk. Pri številu doseženih točk, je bilo zelo blizu enaindvajset učencev.



Graf 3.14: Porazdelitev točk 7. razreda na začetnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na začetnem preizkusu kaže, da je večina učencev dosegla med 19 in 27 točk. Manj točk je dosegel en učenec in sicer 4. Več točk so dosegli trije učenci. Dva sta dosegla 29 točk, en učenec je dosegel 30 točk. Tako veliko število doseženih točk na začetnem testu prostorske predstavljalivosti nakazuje, da je bilo v test (priloga 1) vključenih veliko število lahkkih nalog.



Graf 3.15: Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa v skupini 7. razreda

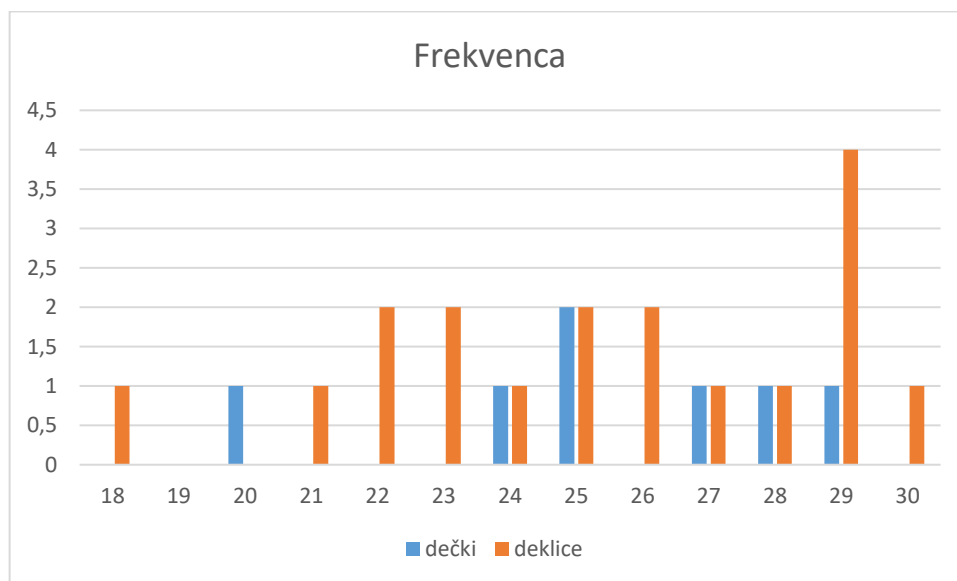
Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila, na začetnem preizkusu prostorske predstavljalivosti, večina nalog primernih. Sedemnajst nalog se je izkazalo za lahke. Le ena naloga je bila na meji, da bi jo lahko ocenili za težko (naloga 30). Ta naloga je dosegla indeks težavnosti 0,28.

7. razred - končni test

Tabela 3.7: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljalivosti (Priloga 2)

	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	7	20	29	25,42	2,77
deklince	18	18	30	25,33	3,28

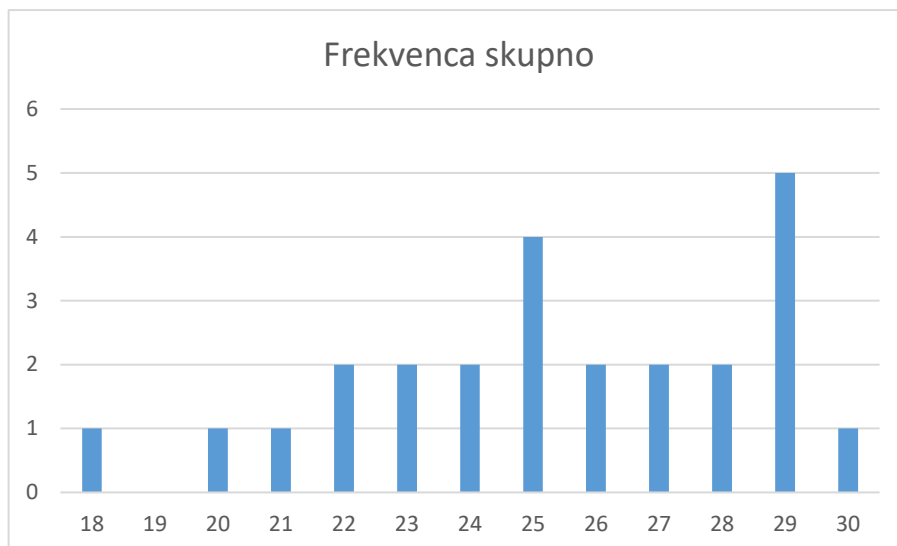
Na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je v skupini sedmega razreda sodelovalo 7 dečkov in 18 deklic. Dečki so dosegli nekoliko višje povprečje zbranih točk in imeli nižji standardni odklon v primerjavi z deklicami. Deklice so dosegle največje in najmanjše število doseženih točk.



Graf 3.16: Porazdelitev točk 7. razreda na končnem preizkusu – deklince, dečki

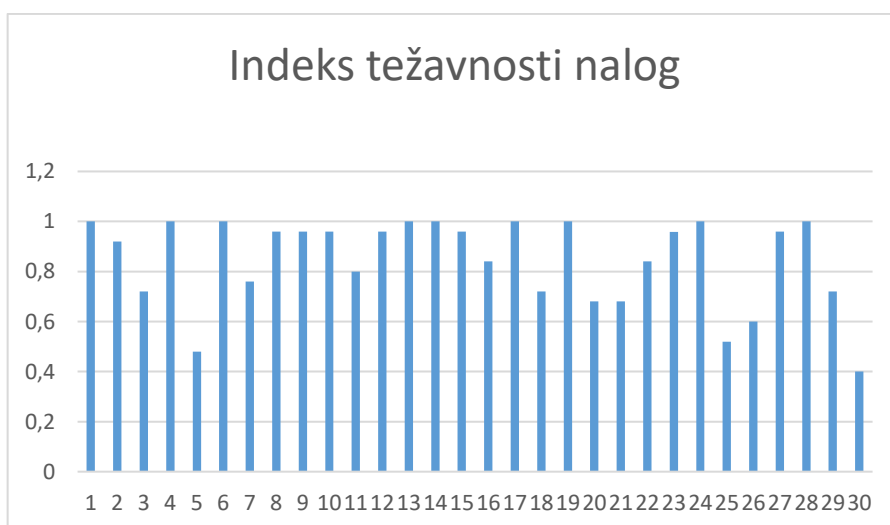
Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Pri dečkih je na končnem preizkusu en deček dosegel veliko manjše število točk v primerjavi z ostalimi. En deček je dosegel 29 točk. Pri deklicah je ena učenka dosegla manjše število točk v

primerjavi z ostalimi. Štiri deklice so dosegle 29 točk. Ena deklica je dosegla vseh 30 možnih točk. Pri številu doseženih točk je bilo zelo blizu sedemnajst učencev.



Graf 3.17: Porazdelitev točk 7. razreda na končnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na končnem preizkusu kaže, da je večina učencev dosegla med 20 in 28 točk. Manj točk je dosegel en učenec. Dosegel je 18 točk. Več točk je doseglo šest učencev. Pet učencev je doseglo 29 točk, en učenec pa vseh 30 možnih točk. Tako veliko število doseženih točk na končnem testu prostorske predstavljalivosti nakazuje, da je bilo v test (priloga 2) vključenih veliko število lahkkih nalog.



Graf 3.18: Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa v skupini 7. razreda

Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila, na končnem preizkusu prostorske predstavljenosti, večina nalog primernih. Sedemnajst nalog se je izkazalo za lahke. Nobena naloga se ni izkazala za neprimerno.

Velikost učinka za t-test smo izračunali s pomočjo popravljenega Cohenovega d , imenovanega Hedges' g (Hedges, 1985).

Za dečke smo izračunali velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,61. Dečki so torej pomembno napredovali.

Velikost učinka dečkov sedmega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2542 - 2385) / 256.859884 = 0.611228.$$

Pri deklicah je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,37. Deklice so torej pomembno napredovale.

Velikost učinka deklic sedmega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2533 - 2377) / 416.356218 = 0.374679.$$

Če pogledamo celotno skupino sedmega razreda, lahko ugotovimo, da je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,37. Skupina sedmega razreda je torej pomembno napredovala.

Velikost učinka vseh učencev sedmega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2536 - 2380) / 410.923959 = 0.379632.$$

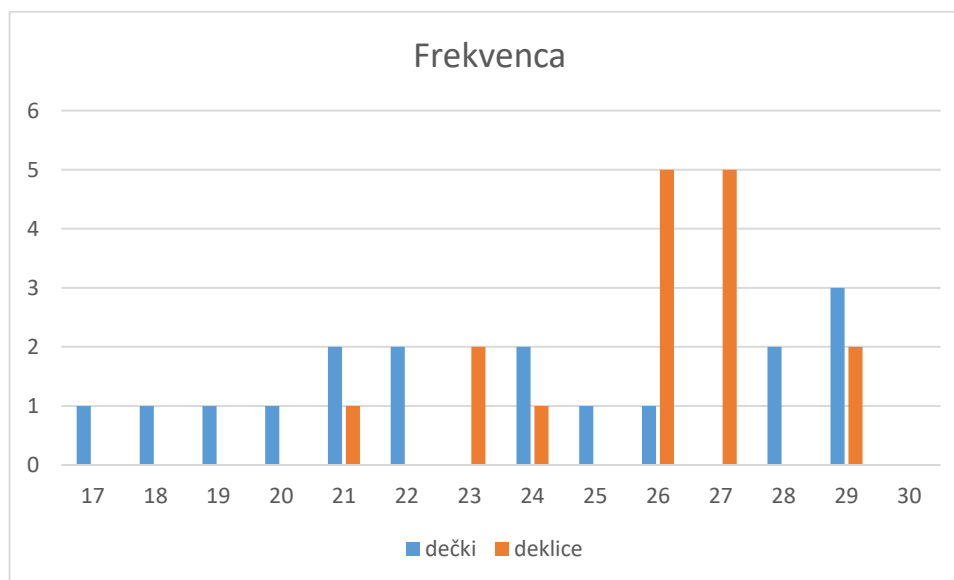
Skupina sedmega razreda je splošno gledano pomembno napredovala. Opazne so razlike znotraj skupine, saj so deklice manj napredovale v primerjavi z dečki. Kljub temu so deklice napredovale zmerno. Dečki so dosegli velikost učinka 0,61, kar je zelo veliko, gledano na majhno število ur, namenjenim 3D-modeliranju. Za razliko od tretjega in šestega razreda, učenci sedmega razreda niso imeli težav z uporabo IKT. Tako je delo v programu SketchUp potekalo brez kakršnih koli težav. Učenci so bili za sprejemanje navodil in razlago tekom učenja 3D-modeliranja dojemljivejši v primerjavi z učenci tretjega in šestega razreda. Vsi učenci so bili zelo motivirani za delo.

8. razred - začetni test

Tabela 3.8: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 1)

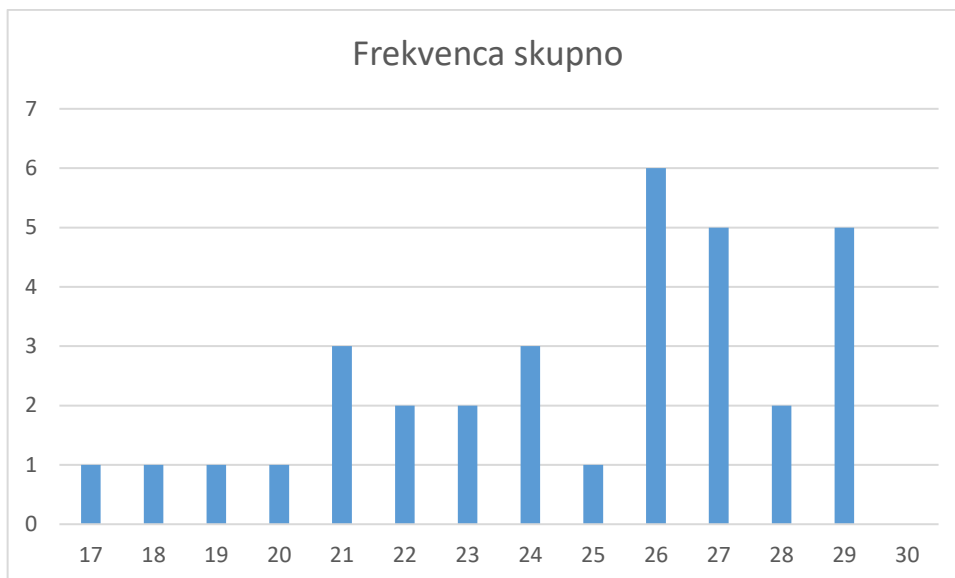
	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	17	17	29	23,64	3,92
deklice	16	21	29	25,87	2,08

Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je v skupini osmega razreda sodelovalo več dečkov kot deklic. Deklice so dosegle višje povprečje zbranih točk in imele veliko nižji standardni odklon.



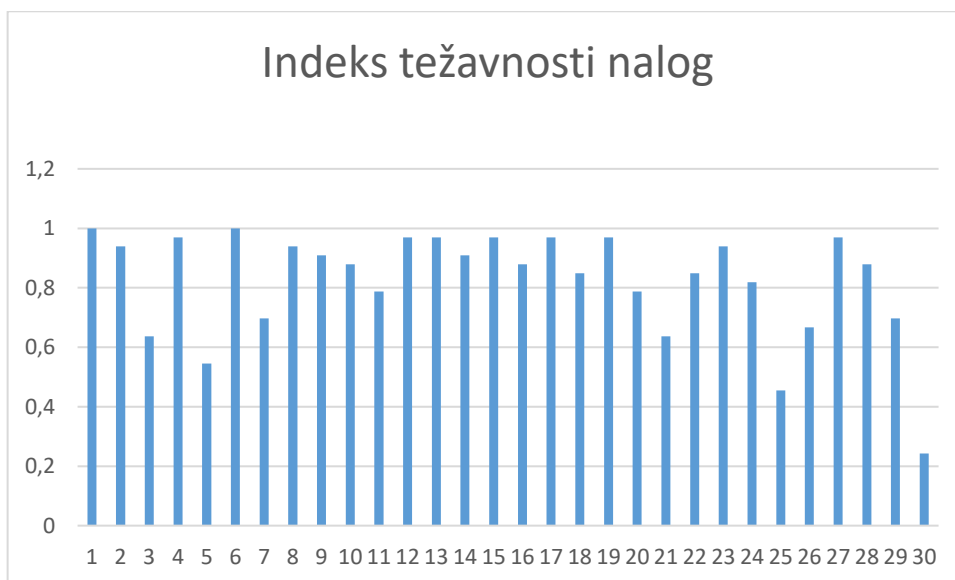
Graf 3.19: Porazdelitev točk 8. razreda na začetnem preizkusu – deklice, dečki

Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Pri dečkih je na začetnem preizkusu opaziti precejšnjo razpršenost rezultatov. Zanimivo je, da je največ učencev doseglo največ točk. Pri deklicah je bilo veliko manj razpršenosti rezultatov. Dve učenki sta dosegli veliko večje število točk v primerjavi z ostalimi. Deset deklic je imelo primerljivo število doseženih točk.



Graf 3.20: Porazdelitev točk 8. razreda na začetnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na začetnem preizkusu kaže, da je večina učencev dosegla med 21 in 29 točk. Manj točk so dosegli štirje učenci. Opazno je veliko število učencev, ki so imeli 26 ali več točk. Teh je bilo 18. Tako veliko število doseženih točk na začetnem testu prostorske predstavljenosti nakazuje, da je bilo v test (priloga 1) vključenih veliko število lahkkih nalog.



Graf 3.21: Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa v skupini 8. razreda

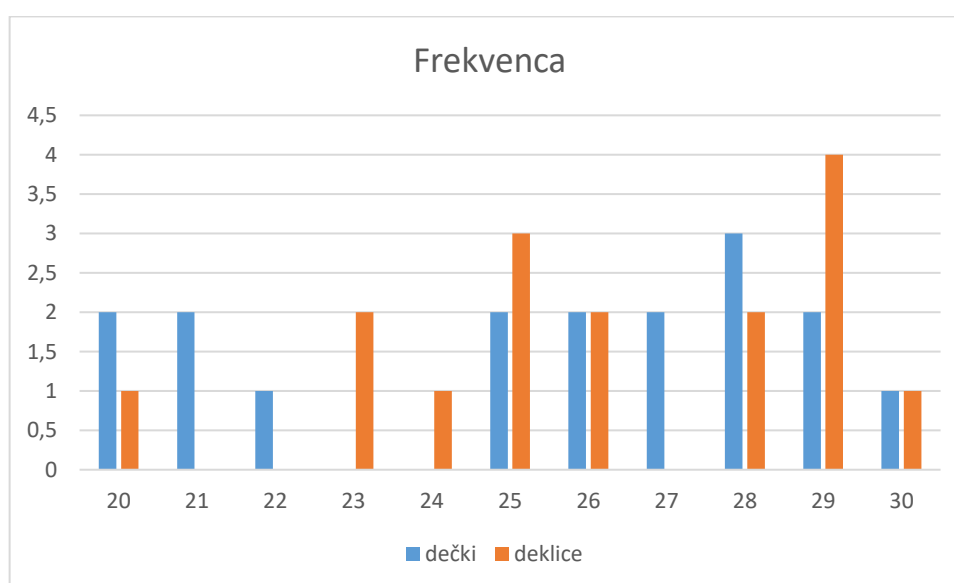
Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila, na začetnem preizkusu prostorske predstavljalivosti, večina nalog primernih. Sedemnajst nalog se je pokazalo za lahke. Le ena naloga se je pokazala za težko (naloga 30).

8. razred - končni test

Tabela 3.9: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 2)

	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	17	20	30	25,41	3,27
deklince	16	20	30	26,18	2,74

Na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je v skupini osmega razreda sodelovalo več dečkov kot deklic. Deklice so dosegle višje povprečje zbranih točk in imele nižji standardni odklon. Tako dečki kot tudi deklice so dosegli enako najmanjše število doseženih točk, kakor tudi enako največje število doseženih točk.



Graf 3.22: Porazdelitev točk 8. razreda na končnem preizkusu – deklice, dečki

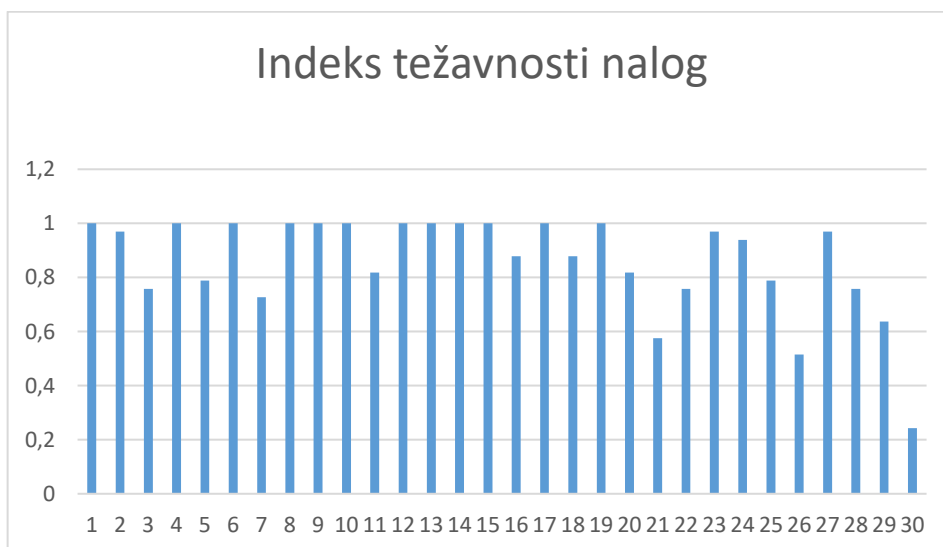
Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Pet dečkov je na končnem preizkusu doseglo veliko manjše število točk v primerjavi z ostalimi, vendar so še vedno vsi dosegli vsaj 20 točk. En deček je dosegel vseh 30 možnih točk. Pri deklicah je ena učenka dosegla manjše število točk v primerjavi z ostalimi, vendar je še

vedno dosegla 20 točk. Primerljivo število doseženih točkah je imelo sedemindvajset učencev.



Graf 3.23: Porazdelitev točk 8. razreda na končnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na končnem preizkusu kaže, da je večina učencev dosegla med 23 in 30 točk. Manj točk je doseglo šest učencev. En učenec je dosegel vseh 30 možnih točk. Tako veliko število doseženih točk na končnem testu prostorske predstavljalivosti nakazuje, da je bilo v test (priloga 2) vključenih veliko število lahkih nalog.



Graf 3.24: Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa v skupini 8. razreda

Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila, na končnem preizkusu prostorske predstavljenosti, večina nalog primernih. Osemnajst nalog se je izkazalo za lahke. Le ena naloga se je izkazala za težko (naloga 30).

Velikost učinka za t-test smo izračunali s pomočjo popravljenega Cohenovega d , imenovanega Hedges' g (Hedges, 1985).

Za dečke smo izračunali velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,49. Dečki so torej pomembno napredovali.

Velikost učinka dečkov osmega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2541 - 2364) / 360.966065 = 0.490351.$$

Pri deklicah je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,12. Torej pri deklicah skupine osmega razreda ne moremo govoriti o pomembni izboljšavi med začetnim in končnim testom.

Velikost učinka deklic osmega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2618 - 2587) / 243.248844 = 0.127442.$$

Če pogledamo celotno skupino osmega razreda, lahko ugotovimo, da je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,33. Skupina osmega razreda je torej pomembno napredovala.

Velikost učinka vseh učencev osmega razreda:

$$\text{Hedges' } g = (2578 - 2472) / 320.35137 = 0.330887.$$

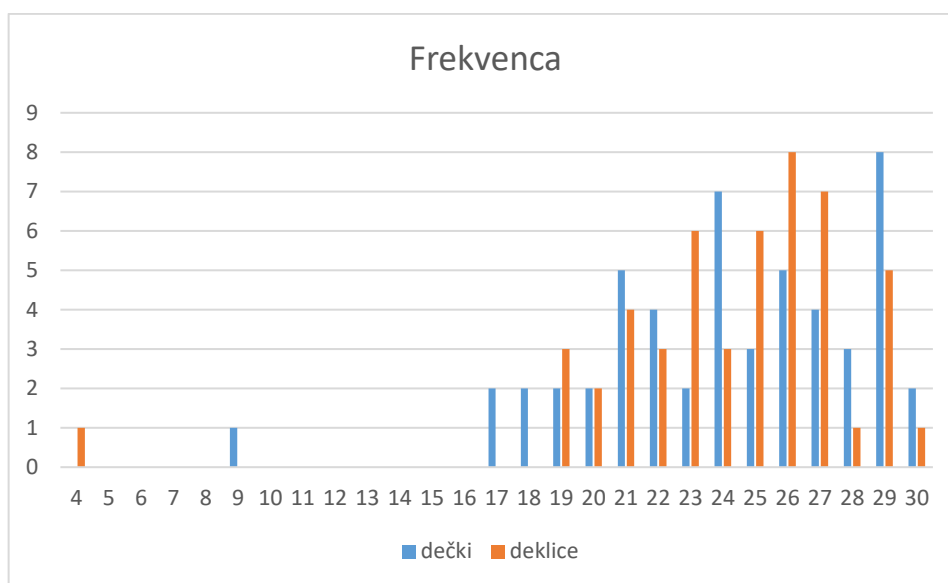
Skupina osmega razreda je splošno gledano pomembno napredovala. Opazne so razlike znotraj skupine, saj so dečki bolje napredovali v primerjavi z deklicami. Pri deklicah o pomembni izboljšavi ne moremo govoriti, saj je bila njihova velikost učinka zgolj 0,12. Učenci osmih razredov niso imeli težav z uporabo IKT. Navodila za delo so takoj pretvorili v prakso in brez težav hitro usvajali delo s programom SketchUp. Prav tako je tekom poučevanja 3D-modeliranja bila motivacija za učenje na zelo visoki stopnji. Takšno motivacijo pri rednem pouku redko kdaj dosežemo.

Vsi učenci - začetni test

Tabela 3.10: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na začetnem testu prostorske predstavljalivosti (priloga 1)

	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	52	9	30	24,09	4,20
deklice	50	4	30	24,22	4,09

Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je sodelovalo 52 dečkov in 50 deklic. Deklice so dosegle višje povprečje zbranih točk in imele nižji standardni odklon. Tako dečki kot tudi deklice so dosegli enako največje število doseženih točk. Deklice so izstopale pri najmanjšem številu doseženih točk.



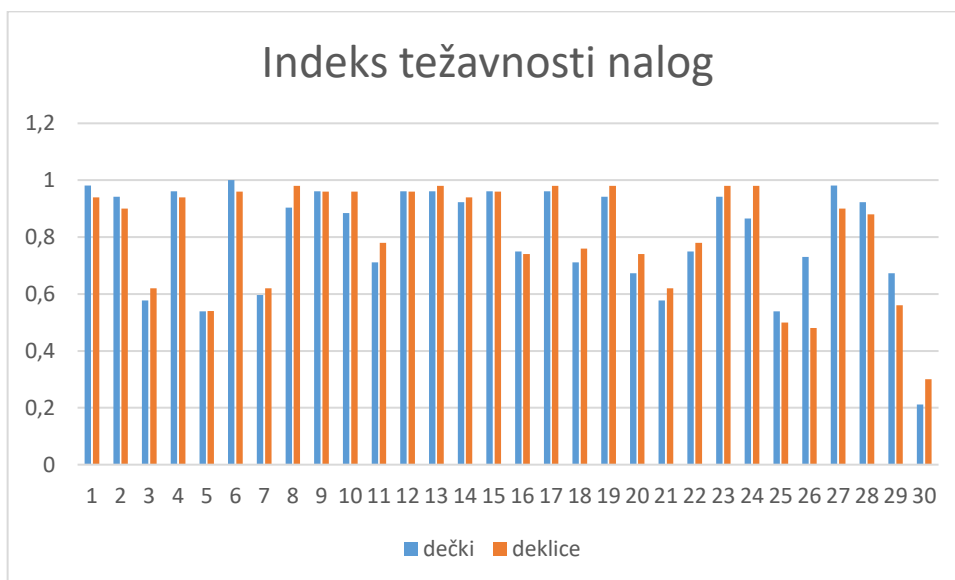
Graf 3.25: Porazdelitev točk na začetnem preizkusu – deklice, dečki

Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Pri dečkih je na začetnem preizkusu en deček, v primerjavi z ostalimi, dosegel veliko manjše število točk. Pri deklicah je ena učenka, v primerjavi z ostalimi, dosegla veliko večje število točk. Vsi ostali učenci so dosegli med 17 in 30 točk.



Graf 3.26: Porazdelitev točk na začetnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na začetnem preizkusu kaže, da je večina učencev dosegla med 19 in 30 točk. Manj točk je doseglo šest učencev. Tako veliko število doseženih točk na začetnem testu prostorske predstavljalivosti nakazuje, da je bilo v test (priloga 1) vključenih veliko število lahkih nalog.



Graf 3.27: Indeks težavnosti nalog začetnega preizkusa – deklisce, dečki

Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila, na začetnem preizkusu prostorske predstavljalivosti, večina nalog primernih.

Pri dečkih se je sedemnajst nalog izkazalo za lahke. Le ena naloga se je izkazala za težko (naloga 30).

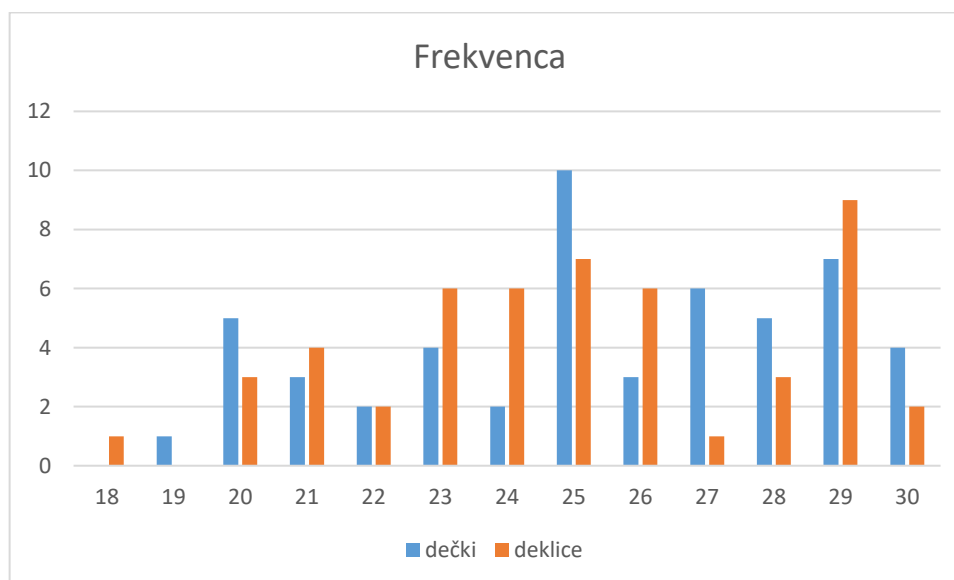
Pri deklicah se je prav tako sedemnajst nalog izkazalo za lahke. Nobena naloga se ni izkazala za težko.

Vsi učenci - končni test

Tabela 3.11: Število (N), najnižji dosežek (Min), najvišji dosežek (Max), povprečje in standardni odklon (SD) na končnem testu prostorske predstavljalivosti (Priloga 2)

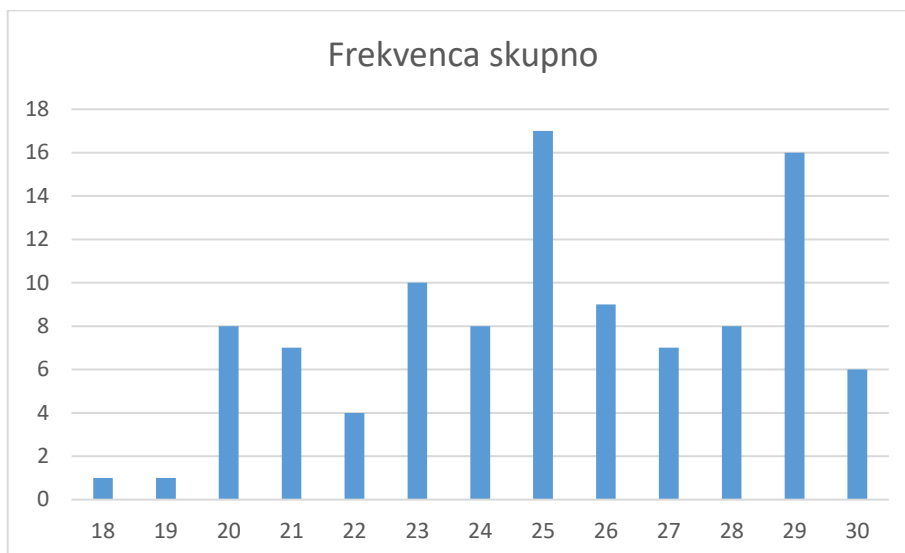
	N	Min	Max	Povprečje	SD
dečki	52	19	30	25,36	3,16
deklice	50	18	30	25,02	3,05

Na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je sodelovalo 52 dečkov in 50 deklic. Deklice so dosegle nižje povprečje zbranih točk, a so imele nižji standardni odklon. Tako dečki kot tudi deklice so dosegli enako največje število doseženih točk. Dečki in deklice so si bili zelo blizu pri najmanjšem številu doseženih točk.



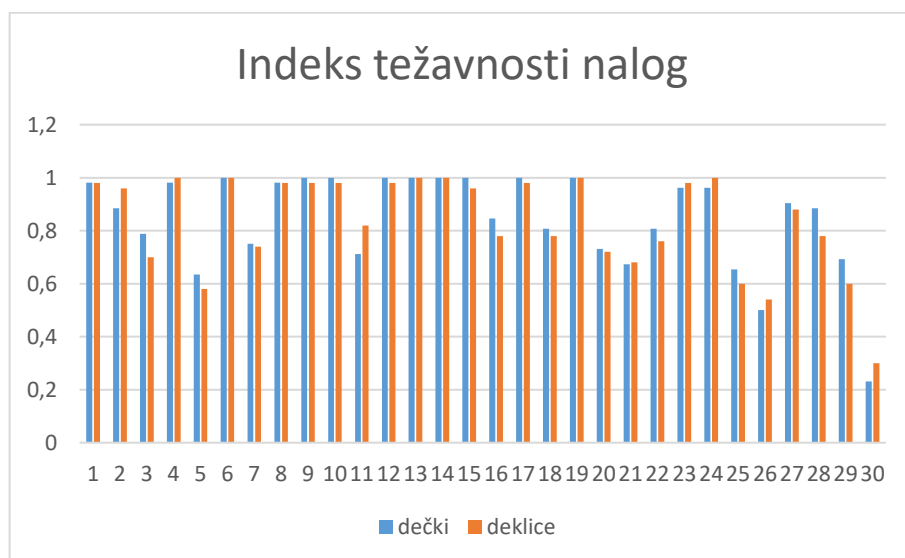
Graf 3.28: Porazdelitev točk na končnem preizkusu – deklice, dečki

Na grafu je prikazano število učencev, ki so dosegli enako število točk. Vsi učenci so dosegli med 18 in 30 točk. Porazdelitev točk je bila precej enakomerna, saj noben učenec ni veliko odstopal od ostalih.



Graf 3.29: Porazdelitev točk na končnem preizkusu – skupno

Skupna porazdelitev doseženih točk na končnem preizkusu kaže, da so vsi učenci dosegli med 18 in 30 točk. Manj točk ni dosegel noben učenec. Tako veliko število doseženih točk na končnem testu prostorske predstavljalivosti nakazuje, da je bilo v test (priloga 2) vključenih veliko število lahkkih nalog.



Graf 3.30: Indeks težavnosti nalog končnega preizkusa – deklisce, dečki

Na podlagi indeksa težavnosti posameznih nalog (Zupanc, 2014) je mogoče sklepati, da je bila, na končnem preizkusu prostorske predstavljenosti, večina nalog primernih.

Pri dečkih se je sedemnajst nalog izkazalo za lahke. Le ena naloga se je izkazala za težko (naloga 30).

Pri deklicah se je šestnajst nalog izkazalo za lahke. Nobena naloga se ni izkazala za težko.

Velikost učinka za t-test smo izračunali s pomočjo popravljenega Cohenovega d, imenovanega Hedges' g (Hedges, 1985).

Za dečke smo izračunali velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,34. Dečki so torej pomembno napredovali.

Velikost učinka dečkov:

$$\text{Hedges' } g = (2536 - 2409) / 371.655755 = 0.341714.$$

Pri deklicah je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,22. Deklice so torej pomembno napredovale.

Velikost učinka deklice:

$$\text{Hedges' } g = (2502 - 2422) / 360.767238 = 0.22175.$$

Če pogledamo vse učence, lahko ugotovimo, da je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,28. Torej so učenci pomembno napredovali.

Velikost učinka vseh učencev:

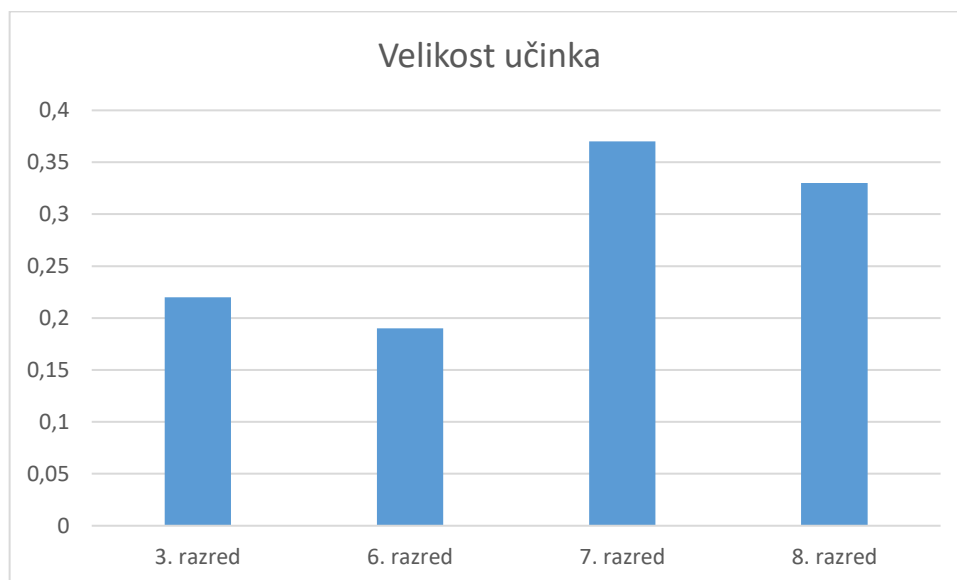
$$\text{Hedges' } g = (2519 - 2415) / 366.140001 = 0.284044.$$

Velikost učinka po razredih

Tabela 3.12: Število (N) in velikost učinka med začetnim in končnim testom prostorske predstavljalivosti (priloga 1 in priloga 2)

	N	Velikost učinka
3. razred	16	0,22
6. razred	28	0,19
7. razred	25	0,37
8. razred	33	0,33

Iz tabele je razvidno, da je bilo v tretjem razredu občutno manjše število učencev v primerjavi z ostalimi razredi.



Graf 3.31: Velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem po razredih

Na grafu je prikazana velikost učinka po posameznih razredih. Občutno večja velikost učinka je bila dosežena v sedmem in osmem razredu.

4 DISKUSIJA

V diskusiji bomo preverili, v kolikšni meri so postavljene hipoteze izpolnjene. Ugotovili bomo, katere hipoteze lahko potrdimo in katere zavržemo. Skušali bomo tudi poiskati razloge za potrditev ali zavrnitev posamične hipoteze.

Podali bomo priporočila za uvajanje 3D-modeliranja v osnovno šolo z namenom, da ne zamudimo oziroma ne prehitimo optimalnega obdobja v otrokovem razvoju za razvijanje prostorske predstavljenosti s pomočjo 3D-modeliranja.

4.1 Vrednotenje hipotez

4.1.1 Hipoteza 1

- Pri razvijanju prostorske predstavljenosti s pomočjo 3D-modeliranja ni pomembnih razlik med osmim in sedmim razredom.

Hipoteza je sprejeta.

Rezultati testiranja kažejo zelo majhne razlike pri razvijanju prostorske predstavljenosti s pomočjo 3D-modeliranja med sedmim in osmim razredom. Velikost učinka pri učencih sedmega razreda med prvim in drugim testiranjem je bila 0,37. Velikost učinka pri učencih osmega razreda med prvim in drugim testiranjem je bila 0,33. Obe skupini učencev sta napredovali, razlika ni pomembna.

4.1.2 Hipoteza 2

- Pri razvijanju prostorske predstavljenosti s pomočjo 3D-modeliranja ni pomembnih razlik med sedmim in šestim razredom.

Hipoteza je sprejeta.

Rezultati testiranja kažejo majhne razlike pri razvijanju prostorske predstavljenosti s pomočjo 3D-modeliranja med šestim in sedmim razredom. Velikost učinka pri učencih šestega razreda med prvim in drugim testiranjem je bila 0,19. Velikost učinka pri učencih sedmega razreda med prvim in drugim testiranjem je bila 0,37. Obe skupini učencev sta napredovali, razlika ni pomembna.

4.1.3 Hipoteza 3

- Pri razvijanju prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja ni pomembnih razlik med šestim in tretjim razredom.

Hipoteza je sprejeta.

Rezultati testiranj kažejo majhne razlike pri razvijanju prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja med tretjim in šestim razredom. Velikost učinka pri učencih tretjega razreda med prvim in drugim testiranjem je bila 0,22. Velikost učinka pri učencih šestega razreda med prvim in drugim testiranjem je bila 0,19. Obe skupini učencev sta napredovali, razlika ni pomembna.

4.1.4 Hipoteza 4

- Pri razvijanju prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja ni pomembnih razlik med dečki in deklicami.

Hipoteza je sprejeta.

Rezultati testiranj kažejo majhne razlike pri razvijanju prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja med dečki in deklicami. Velikost učinka pri dečkih med prvim in drugim testiranjem je bila 0,34. Velikost učinka pri deklicah med prvim in drugim testiranjem je bila 0,22. Obe skupini učencev sta napredovali, razlika ni pomembna.

4.1.5 Hipoteza 5

- Učenci s pomočjo 3D-modeliranja ne napredujejo pomembno v razvijanju prostorske predstavljalivosti.

Hipoteza ni sprejeta.

Rezultati kažejo, da je bila velikost učinka med začetnim in končnim testiranjem 0,28. Torej so učenci pomembno napredovali. Izboljšavo gre pripisati vplivu 3D-modeliranja.

4.2 Priporočila za uvajanje 3D-modeliranja v osnovne šole

Čeprav so v preteklosti avtorji, kot na primer Šafhalter z raziskavami dokazali, da ima 3D-modeliranje pozitiven učinek na prostorsko predstavljenost, se v učnem načrtu v tej smeri ni veliko spremenilo. Zaenkrat v učnem načrtu še vedno prevladujejo cilji s področij pravokotne ter izometrične projekcije. Ti cilji so nujni, vendar je na mestu razmislek o količini teh vsebin v primerjavi s 3D-modeliranjem. Na podlagi že obstoječih in tudi naše raziskave predlagamo, da se poveča število ciljev 3D-modeliranja v učnem načrtu tehnike in tehnologije.

Na podlagi opravljene raziskave lahko predlagamo, da se ob prenovi učnih načrtov uvede nekatere spremembe. Rezultati raziskave kažejo, da je mogoče prostorsko predstavljenost razvijati s pomočjo 3D-modeliranja mnogo prej, kot je sedaj zapisano v učnih načrtih tehnike in tehnologije. Magistrsko delo je pokazalo, da je napredek v razvijanju prostorske predstavljenosti s pomočjo 3D-modeliranja pomemben tako v tretjem razredu kot tudi v vseh razredih v katerih se izvaja predmet tehnika in tehnologija.

Takšne ugotovitve omogočajo snovalcem učnih načrtov razširitev vsebin 3D-modeliranja tako po vertikali, kakor tudi po horizontali osnovne šole. 3D-modeliranje je mogoče vključiti v oddelke podaljšanega bivanja, interesne dejavnosti, izbirne predmete in v predmet tehnika in tehnologija v vseh razredih.

Motivacija za učenje je pri 3D-modeliranju na zelo visoki ravni. Učenci celoten proces 3D-modeliranja in kasneje izdelovanje ali tiskanje 3D modela jemljejo kot projektno delo. Takšen pristop nam daje tudi veliko bolj aplikativna znanja, ki so uporabna kasneje v različnih poklicih ali življenju na sploh.

Predlagamo, da se iz današnjega osmega razreda osnovne šole pri pouku tehnike in tehnologije 3D-modeliranje prestavi v šesti razred osnovne šole. Takšna je že sicer praksa mnogih učiteljev, vendar žal nima jasne podlage v učnem načrtu. S predstavitvijo 3D-modeliranja v šesti razred bi učiteljem omogočili, da v pouk uvedejo modernejšje koncepte poučevanja, ki so mnogo bližje realnim procesom proizvodnje v podjetjih. Praktični pouk konstruiranja bi se tako začel za računalnikom, kot to počnejo konstruktorji v podjetjih. Znanja 3D-modeliranja bi se nato v sedmem in osmem razredu le poglobljala in utrjevala.

Prav tako predlagamo, da se ob prenovi koncepta podaljšanega bivanja 3D-modeliranje vključi vanj kot ena izmed oblik ustvarjalnega preživljanja časa. Trenutno mnogi učitelji uporabljajo računalniško tehnologijo, vendar večinoma zgolj v namene pasivnega opazovanja ali igranja računalniških iger. Tako bi omogočili učiteljem v podaljšanem bivanju tudi pravno podlago za uvedbo 3D-modeliranja. Vsekakor predlagamo, da to naj ne bo prepogost način dela v podaljšanem bivanju in naj služi zgolj za popestritev nekajkrat letno.

5 ZAKLJUČEK

V magistrski nalogi smo se osredotočili na raziskovanje najugodnejšega trenutka za razvijanje prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja v vertikali osnovne šole. Proučili smo obstoječo literaturo, izvedli kvantitativno raziskavo ter opravili analizo rezultatov. Na podlagi analize rezultatov smo podali priporočila za uvajanje 3D-modeliranja v osnovne šole.

Pri pregledu obstoječe literature smo se osredotočili na najpomembnejše dejavnike, povezane s 3D-modeliranjem in učenjem. Tako smo proučili delovanje možganov in učenje, prostorsko predstavljalivost ter načine njenega razvijanja. Poglobili smo se v prostorsko predstavljalivost v vzgoji in izobraževanju ter poiskali metode, s katerimi jo učitelji in vzgojitelji razvijajo. Natančno smo predstavili 3D-modeliranje in metode poučevanja 3D-modeliranja.

V raziskovalnem delu smo najprej opravili začetno testiranje, sledil je dvourni tečaj 3D-modeliranja, nato smo opravili še zaključno testiranje. Tako začetni kot zaključni test sta bila sestavljena iz nalog prostorske predstavljalivosti.

V analizi podatkov smo se osredotočili na uspešnost reševanja nalog celotnega testa ter uspešnosti reševanja glede na spol. Vse analize smo opravili posebej za tretji, šesti, sedmi in osmi razred ter jih med seboj tudi primerjali. Tako smo dobili jasno sliko o razvoju 3D-modeliranja po vertikali osnovne šole. Na podlagi teh analiz smo podali tudi dve ključni priporočili ob morebitni prenovi učnih načrtov tehnike in tehnologije ter eno ob morebitni prenovi koncepta podaljšanega bivanja.

Predlogi gredo v smer povečanja števila učnih ciljev 3D-modeliranja po vsej vertikali osnovne šole z namenom pričetka poučevanja 3D-modeliranja pri tehniki in tehnologiji v šestem razredu.

6 VIRI IN LITERATURA

3D Visualization in Elementary Education Astronomy: Teaching Urban Second Graders about the Sun, Earth, and Moon. (2010). Pridobljeno s https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-16318-0_64

Anderson, I. W. idr. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing : a revision of Bloom's.* Harlow: Pearson Education.

Assisting Primary School Children to Progress through Their van Hiele's Levels of Geometry Thinking using Google SketchUp. (2012). Pridobljeno s <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812049877>

Cuxart, B. (2016). *Modeliranje živali iz treh osnovnih oblik: ustvari več kot 40 živali iz kroglic, kapljic in kač.* Celje: Celjska Mohorjeva družba: Društvo Mohorjeva družba.

Designing spatial visualization tasks for middle school students with 3D modelling software: An instrumental approach. (2015). Pridobljeno s https://www.researchgate.net/publication/263853112_Designing_spatial_visualization_tasks_for_middle_school_students_with_3D_modelling_software_An_instrumental_approach

Dolenc, K. (2012). *3D modeliranje in vizualizacija s programom Sketchup.* Limbuš: Izotech.

Dolenc, K., Fišer, G., Florjančič, F., Glodež, S., Šafhalter, A. (2012). *Risanje v geometriji in tehniki, izbirni predmet, prenovljeni učni načrt.* Ljubljana: Ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport, Zavod RS za šolstvo.

Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., Dermen, D. (1976). *Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests.* Princeton, New Jersey: Educational Testing Service.

Erzetič, B., Gabrijelčič, H. (2009). *3D od točke do upodobitve.* Ljubljana: Pasadena.

Fakin, M. (2011). *Učni načrt- Tehnika in tehnologija.* Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport: Zavod RS za šolstvo.

Gardner, H. (1995). *Razsežnost uma: teorija o več inteligencah.* Ljubljana: Založba Tangram.

Hedges, LV in Olkin, I. (1985). *Statistične metode za metaanalizo.* San Diego, Kalifornija: Academic Press.

Improving 8th Grades Spatial Thinking Abilities through a 3D Modeling Program. (2012). Pridobljeno s <https://eric.ed.gov/?id=EJ989021>

- IQ Puzzler Pro (b.d.). Pridobljeno s <https://www.tojeto.info/artikel/smart-games-iq-puzzler-pro/>
- Kocjančič, N. (2011). Učni načrt. Program osnovna šola. Likovna vzgoja. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo. Pridobljeno 20. 11. 2019, s https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_likovna_vzgoja.pdf
- Labinowicz, Ed. 1989. *Izvirni Piaget*. Ljubljana: Državna založba Slovenije
- Lego kocke (b.d.). Pridobljeno s <https://deloindom.delo.si/uploads/36903/lego-kocke.jpg>
- Marentič Požarnik, B. (2018). Psihologija učenja in pouka: Od poučevanja k učenju. Ljubljana: DZS.
- Newton, P., Bristoll, H. (b.d.) *Spatial Ability, Practice Test 1. Psychometric Success*. Pridobljeno s <https://s3.amazonaws.com/static.psychometric-success.com/Psychometric+Success+Spatial+Ability+-+Practice+Test+1.pdf>
- Pogačnik, V. (1995). Pojmovanje inteligentnosti. Radovljica: Didakta.
- Poučevanje geometrije s 3D modelirnikom*. (2016). Pridobljeno s <https://www.zrss.si/kupm2016/wp-content/uploads/melita-podgorsek-kupm-2016.pdf>
- Povzetki prispevkov udeležencev 1. posveta*. (b.d.). Pridobljeno s <http://spip.splet.arnes.si/files/2019/05/Bilten-2019.pdf>
- Programi za 3D modeliranje brezplačno*. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.brezplacni-programi.tehnomagazin.com/Programi-za-3D-modeliranje-brezplacno.htm>
- Programska orodja za tehnično risanje v okviru tehnike in tehnologije v 9-letni osnovni šoli*. (b.d.). Pridobljeno s https://skupnost.sio.si/sio_arhiv/sirikt/www.sirikt.si/fileadmin/sirikt/predstavitev/2009/Programska_rodja_za_tehnicno_risanje-osolnik.pdf
- Pršlja, V. (2020). *Konstruktivske zbirke in njihovo vključevanje v koncept načrtovanja dejavnosti v vrtcu* (Diplomsko delo). Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta, Maribor.
- Rubikova kocka (b.d.). Pridobljeno s <https://www.rubiks.com/en-us/>
- Russell, P. (1987). Knjiga o možganih. Ljubljana: DZS.
- Sample item from the Surface Development Test from the Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests*. (b.d.). Pridobljeno s

https://www.researchgate.net/figure/Sample-item-from-the-Surface-Development-Test-from-the-Kit-of-Factor-Referenced_fig2_228542069

Social Science Statistics. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.socscistatistics.com/effectsize/default3.aspx>

Study, N. E. (2012). An Overview of Tests of Cognitive Spatial Ability. *Global Graphics*, 92–97. Galveston, Texas: ASEE, Engineering Design Graphics Division.

Šafhalter, A. (2016). Razvijanje prostorske predstavljalivosti z uvedbo 3D-modeliranja v osnovni šoli (Doktorska dizertacija). Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor.

Test prostorske predstavljalivosti (b.d.). Pridobljeno s <https://www.psychometric-success.com/downloads/download-spatial-ability-practice-tests>

Thurstone, L. L. (1955). The differential growth of mental abilities. Chapel Hill, N. C., Univer. Of North Carolina, Psychometric Laboratory.

T-test essentials: definition, formula and calculation. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.datanovia.com/en/lessons/t-test-effect-size-using-cohens-d-measure/>

Vloga predmetnih didaktik za kompetence prihodnosti. (2019). Pridobljeno s <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/view/433/507/762-1>

Zupanc D., Hauptman A., Cankar G., Urank M. (2014). Priročnik za uporabo »Orodja za analizo izkazanega znanja ob zaključku srednje šole«: Splošna matura. Ljubljana: Državni izpitni center

PRILOGE

Priloga 1

TEST PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI

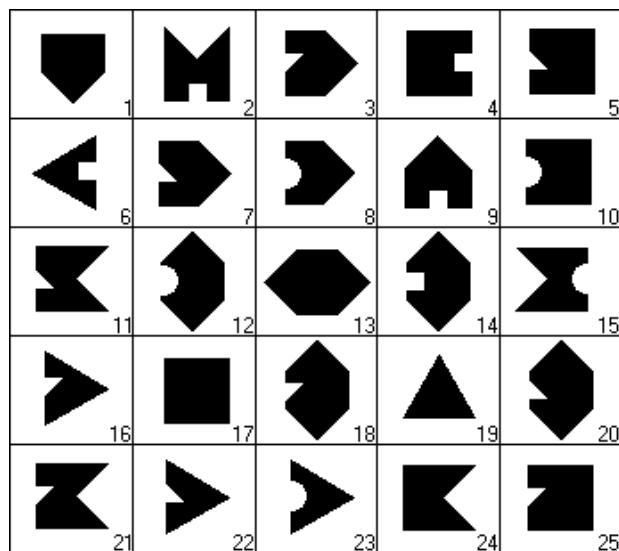
IME IN PRIIMEK: _____

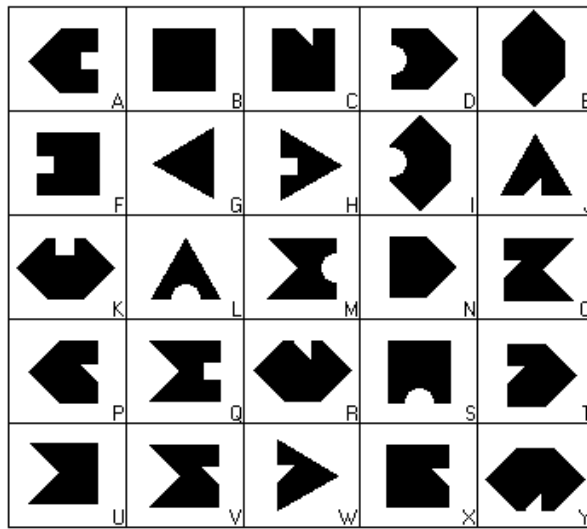
RAZRED: _____

DATUM: _____

OBLIKE V SKUPINI 1 SO ENAKE KOT V SKUPINI 2. NEKATERE OBLIKE SO NA DRUGIH MESTIH, NEKATERE PA SO ZASUKANE. PRIPIŠI ČRKE K SPODNJIM ŠTEVILKAM TAKO, DA BODO PARI ENAKIH OBLIK.

SKUPINA 1

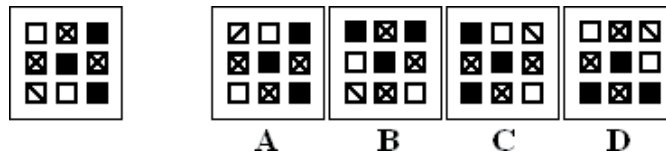




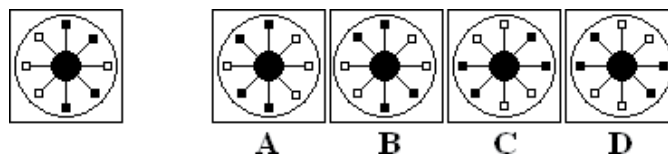
SKUPINA 2

- | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1) _____ | 2) _____ | 3) _____ | 4) _____ | 5) _____ |
| 6) _____ | 7) _____ | 8) _____ | 9) _____ | 10) _____ |
| 11) _____ | 12) _____ | 13) _____ | 14) _____ | 15) _____ |
| 16) _____ | 17) _____ | 18) _____ | 19) _____ | 20) _____ |
| 21) _____ | 22) _____ | 23) _____ | 24) _____ | 25) _____ |

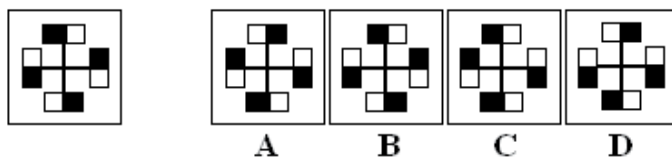
KATERA SLIKA JE ENAKA PRVI (OBKROŽI)?



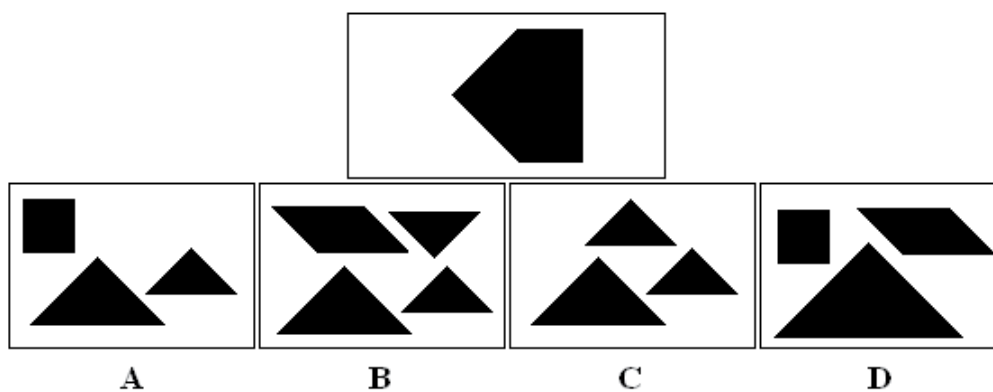
KATERA SLIKA JE ENAKA PRVI (OBKROŽI)?



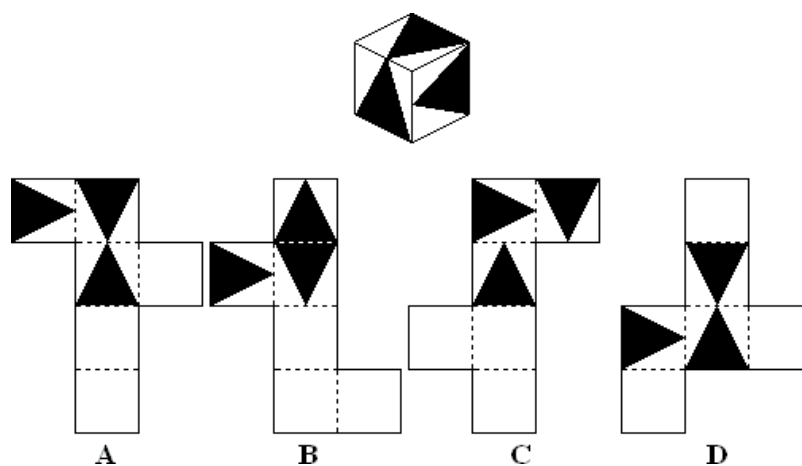
KATERA SLIKA JE ENAKA PRVI (OBKROŽI)?



S KATERO SKUPINO OBLIK LAHKO SESTAVIMO ZGORNJO OBLIKO (OBKROŽI)?



30) S KATERO MREŽO LAHKO SESTAVIMO ZGORNJO KOCKO (OBKROŽI)?



Priloga 2

TEST PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI 2

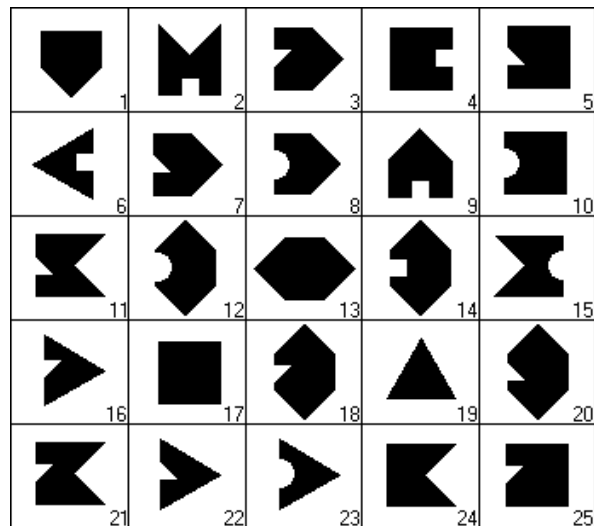
IME IN PRIIMEK: _____

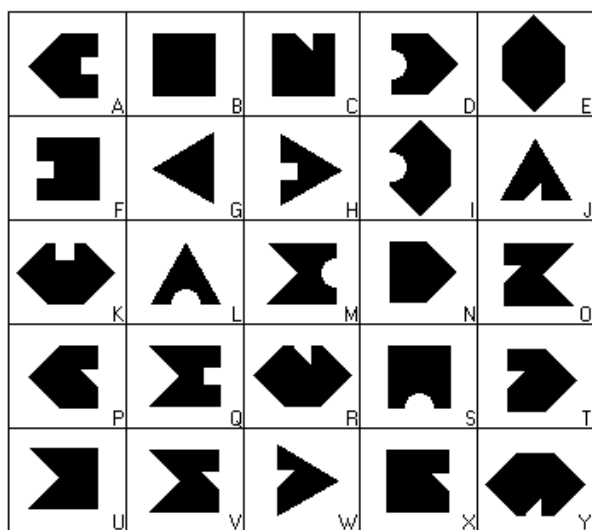
RAZRED: _____

DATUM: _____

OBLIKE V SKUPINI 1 SO ENAKE KOT V SKUPINI 2. NEKATERE OBLIKE SO NA DRUGIH MESTIH, NEKATERE PA SO ZASUKANE. PRIPIŠI ČRKE K SPODNJIM ŠTEVILKAM TAKO, DA BODO PARI ENAKIH OBLIK?

SKUPINA 1

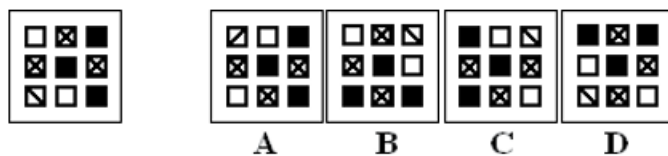




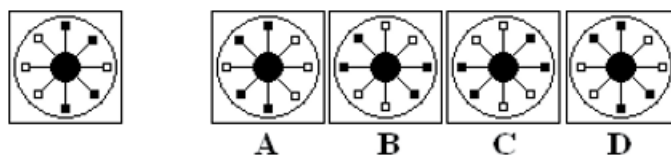
SKUPINA 2

- | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1) _____ | 2) _____ | 3) _____ | 4) _____ | 5) _____ |
| 6) _____ | 7) _____ | 8) _____ | 9) _____ | 10) _____ |
| 11) _____ | 12) _____ | 13) _____ | 14) _____ | 15) _____ |
| 16) _____ | 17) _____ | 18) _____ | 19) _____ | 20) _____ |
| 21) _____ | 22) _____ | 23) _____ | 24) _____ | 25) _____ |

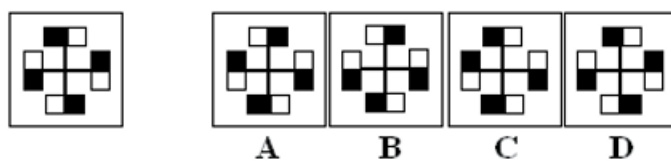
26) KATERA SLIKA JE ENAKA PRVI (OBKROŽI)?



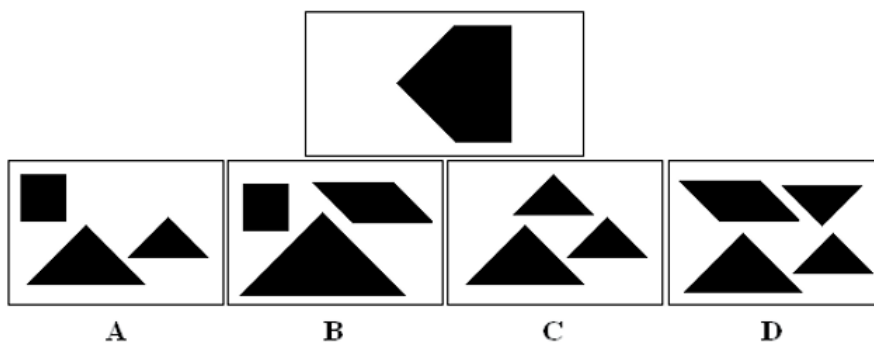
27) KATERA SLIKA JE ENAKA PRVI (OBKROŽI)?



28) KATERA SLIKA JE ENAKA PRVI (OBKROŽI)?



29) S KATERO SKUPINO OBLIK LAHKO SESTAVIMO ZGORNJO OBLIKO (OBKROŽI)?



30) S KATERO MREŽO LAHKO SESTAVIMO ZGORNJO KOCKO (OBKROŽI)?

