UČENIČKA PERCEPCIJA PRIMJENE CAD-A U OSNOVNOŠKOLSKOM POUČAVANJU TEHNIČKOGA CRTANJA

Darko Suman[1], Stjepan Kovačević[1], Damir Purković[2]

[1]University of Split, Faculty of Science, Ruđera Boškovića 33, 21 000 Split, Croatia, darko.suman@skole.hr, stjepan@pmfst.hr,
[2]University of Rijeka, Faculty of Engineering, Vukovarska 58, 51 000 Rijeka, Croatia, damir@uniri.hr

SHORT SCIENTIFIC PAPER

Received: 14 August 2026.
Accepted: 04 November 2026.
Published: 16 November 2026.
DOI: https://doi.org/10.63395/STEDConf15022026162S565

Corresponding Author: Darko Suman, University of Split, Faculty of Science, Ruđera Boškovića 33, Split, Croatia, darko.suman@skole.hr

Copyright © 2026 Darko Suman et al.; published by UNIVERSITY PIM. This work licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.

Citation: Suman, D. et al. (2026). Primary school students' perceptions of using CAD in technical drawing instruction. In Kojić, D. & Sredić. D. (eds.) *Conference proceedings, XV International Conference on Social and Technological Development: STED 2026* (pp. 565-580). Trebinje, B&H: University PIM.

SAŽETAK

Tehničko crtanje sastavni je dio općeg tehničkog odgoja i obrazovanja, a time i kurikuluma predmeta Tehnička kultura u osnovnoj školi, uz preporuke za primjenu računalnih programa za crtanje i trodimenzijsko modeliranje. Time se otvara mogućnost primjene računalnog oblikovanja (CAD) u nastavi. Međutim, malo je poznato u kojoj se mjeri CAD primjenjuje u osnovnoj školi i s kojim ciljem. Stoga se u ovom radu empirijski razmatra primjena trodimenzijskoga CAD programa kao sredstva kojim učenici modeliraju i vizualiziraju tehničke tvorevine, razvijaju razumijevanje prostornih odnosa te povezuju trodimenzijski model s tehničkim crtežom u redovnoj nastavi. Istraživanje je provedeno na uzorku od 105 učenika petoga i sedmoga razreda osnovne škole koji su sudjelovali u intervenciji. Cilj je ispitati učeničku percepciju primjene CAD-a pri poučavanju tehničkoga crtanja s obzirom na razumljivost sadržaja, vlastitu uspješnost, zanimljivost nastave te opažene prednosti i poteškoće takvoga pristupa. Nalazi istraživanja upućuju na to da računalno oblikovanje može pridonijeti razvoju i koncipiranju motivirajućega i metodički prihvatljivoga pristupa učenju tehničkoga crtanja, što pridonosi pedagoškoj opravdanosti i mogućnostima primjene CAD-a u nastavi Tehničke kulture u osnovnoj školi.

Ključne riječi: CAD, tehničko crtanje, tehnički odgoj i obrazovanje, osnovna škola, učenička percepcija.

UVOD

Tehničko crtanje i nastava

Tehničko crtanje je univerzalni jezik vizualno-grafičke komunikacije koji omogućuje prijenos ideja potrebnih za izradu tehničke tvorevine neovisno o verbalnom jeziku i kulturnom kontekstu

[1], [2]. Prenoseći informacije od projektiranja i proizvodnje, preko plasmana, primjene i održavanja, pa i do zbrinjavanja, tehnički crteži predstavljaju temeljni komunikacijski medij kroz životni ciklus proizvoda [3], [4], [5]. Stoga tehničko crtanje nije samo profesionalna vještina nego i element opće tehničke pismenosti i sastavnica općeg tehničkoga odgoja i obrazovanja. U Republici Hrvatskoj učenici usvajaju ishode i sadržaje tehničkog crtanja kroz nastavu obveznog predmeta Tehnička kultura od 5. razreda osnove škole za što se predmetnim kurikulumom preporučuje primjena računalnih programa za crtanje i trodimenzijsko modeliranje [6], a postoji i obveza učitelja za uključivanjem IKT-e u nastavu kroz međupredmetne teme. Time se otvara mogućnost primjene računalnog oblikovanja (CAD) [7], ali nije poznato koliko se, na koji način i s kojim ciljem CAD koristi u nastavi Tehničke kulture. Štoviše, nekoliko je otežavajućih uvjeta za primjenu CAD-a u redovnoj nastavi Tehničke kulture poput vrlo kratkog vremena (35 sati godišnje), upitnih materijalnih uvjeta (u smislu raspoloživosti potrebnih računala i softvera) te neizostavni i neistražen uvjet stručne i metodičke pripremljenosti učitelja. Što se tiče utvrđenih preferencija učenika, istraživanja pokazuju izražen interes učenika za tehničko crtanje u 5. razredu, a zatim kroz više razrede postupno usmjeravanje interesa prema drugim područjima [8], [9] uz ustrajno izražen interes prema praktičnom radu i tehnološkim aktivnostima poput primjene IKT-a. Također, učenici cijene iskustvo tradicionalnog crtanja u smislu prenosivih vještina, osobnih postignuća i uživanja [10]. S druge strane, nerijetke su teškoće kod dijela učenika u razumijevanju i provedbi tehničkoga crtanja što je vidljivo čak i među studentima tehničkih znanosti [11], [12], [13], [14], [15]. I dok postoje brojna istraživanja s učenicima srednjih škola i studentima, manjak je istraživanja o učenju i poučavanju tehničkog crtanja s uzrastima viših razreda osnovne škole [11]. Stoga i pojedina istraživanja pozivaju na razvoj novih pedagoških metoda koje spajaju teoriju s digitalnom praksom i uvođenje tehnologija poput 3D modeliranja kao ključnih alata u modernizaciju nastave [11]. Ovakav pristup smatra se presudnim u kvalitetnoj pripremi mladih za buduće izazove na tržištu rada te kao informirane potrošače.

Sve navedeno upućuje na potrebu razmatranja didaktičkih rješenja koja povezuju aktivan rad, razumijevanje i suvremene alate poput primjene računalnog oblikovanja u osnovnoškolskom poučavanju tehničkoga crtanja kao i razmatranje učeničke percepcije te primjene.

Računalno oblikovanje i nastava

Tijekom proteklih šest desetljeća u tehničkom dokumentiranju i projektiranju gotovo je neizostavna postala primjena računalnog oblikovanja koje se potom postupno uvodilo u visokoškolsko te srednjoškolsko tehničko obrazovanje. Od kraja prošlog stoljeća nalazimo i više pokušaja uvođenja CAD-a u osnovnoškolsko obrazovanje u nekim državama svjeta [16], [17], [18] usmjerenih poticanju kreativnosti, upoznavanju učenika sa suvremenim tehnologijama dizajniranja i proizvodnje te razvoju prostornih vještina [19], uglavnom bez izričite usmjerenosti na norme i vještine tehničkoga crtanja. Uz iskazanu početnu motiviranost učenika i entuzijazam učitelja [20], [18] višestruko je prepoznata potreba za unaprijeđenjem didaktičkih pristupa i za stručnim usavršavanjem učitelja [18], [21]. Tijekom vremena je primjena CAD-a u osnovnom obrazovanju različito (ne)prihvaćana i (ne)provođena, determinirana različitim uvjetima poput (ne)navođenja u kurikularnim dokumentima, raspoloživim vremenom, osposobljenosti i spremnosti učitelja te dostupnošću računala i softvera. U rijetko provedenim istraživanjima nalazi su dosljedni: učenici iskazuju vrlo pozitivan stav prema CAD-u, visoku razinu interesa, motivacije i zadovoljstva [22] te percepcije važnosti i korisnosti za obrazovanje i buduću karijeru [10]. Nalazi također pokazuju da učitelji općeg tehničkog obrazovanja u različitim zemljama, postupno i na različite načine, a nerijetko kroz izvannastavne aktivnosti i različite projekte, primjenjuju računalno oblikovanje. No, kao relativno nov element poučavanja, malo se zna o tome što se uči i poučava kao i o svrsi koju učitelji žele postići tim poučavanjem. Saznanja ukazuju da programe za računalno oblikovanje učitelji primjenjuju uz različita ciljana postignuća u četiri kategorije: rukovanje softverom, upotreba gotovih modela, izrada i kreiranje tiskanih modela te projektiranje/modeliranje. Izrada dokumentacije, bez preciznijeg određenja, navodi se u razradi tri kategorije, a ne u kategoriji rukovanja softverom [23]. Ukratko, navedene kategorije ukazuju na poučavanje primjene CAD-a i

na poučavanje uz primjenu CAD-a te unaprjeđenje nastave što je osnova za daljnje rasprave istraživača i edukatora [23], poglavito u kontekstu poučavanja tehničkoga crtanja [24].

Uvođenje računalno oblikovanja nikako ne smije značiti zanemarivanje tradicionalnih metoda tehničkog crtanja s učenicima, jer rad s priborom i skiciranje izravno potiče kognitivni angažman, dublje razumijevanje i preciznost pridonoseći razvoju prostornih vještina i sposobnosti prenosivih i neophodnih i u digitalnom dobu [25]. Stoga se tradicionalni postupci tehničkoga crtanja skiciranjem i uporabom klasičnog pribora smatraju neizostavnim temeljom koji omogućuje brže i kvalitetnije ovladavanje digitalnim alatima te razvija disciplinu i umjetničko umijeće [10] i treba prethoditi uvođenju CAD alata u osnovnoškolskom obrazovanju. Također, inženjerski predavači naglašavaju važnost razumijevanja teorije tradicionalnog crtanja prije prelaska na CAD kako bi se osigurao kontinuitet u obrazovanju [13], te upozoravaju na potrebu primjene modernih tehnologija uz oprez, jer nedostatak baze može uzrokovati ozbiljne poteškoće u kasnijem tehničkom obrazovanju [14]. Sami učenici također podržavaju kombinaciju tradicionalnog crtanja i CAD-a [10]. Iako CAD nudi brzinu i preciznost, ručno crtanje ostaje cijenjeno zbog osjećaja osobnog postignuća i dubljeg razumijevanja tehničke komunikacije.

Slijedom evolucije CAD-a u okolnostima četvrte industrijske revolucije i iskazanog interesa za softverom kao uslugom (SaaS) [26], u proteklih desetak godina prepoznate su i prednosti primjene CAD-a u oblaku za rad s učenicima i studentima [24], [27], [28], [29]. Štoviše, zaključak je da računalno oblikovanje u oblaku trebaju prihvatiti i inženjerski edukatori [30]. Početno prepoznate pogodnosti primjene CAD-a u oblaku za obrazovanje potvrđuju se i danas. U smislu zahtjevnosti za hardver, niža je potreba za naprednom grafičkom i procesorskom snagom računala te za pohranjivanjem podataka čime je financijski veća pristupačnost institucijama i pojedinom korisniku. U smislu instalacije i ažuriranja softvera i licenciranja, instalacija ne postoji (za neke CAD programe), a ažuriranje verzija i održavanje automatski se odvija u oblaku čime izostaje potreba za održavanjem i dodatnim financijskim zahtjevima za najnovije inačice softvera. U metodičkom i didaktičkom smislu, CAD u oblaku omogućuje istodobnu suradnju više sudionika na mreži. Pritom su u parametrijskom CAD-u postupci oblikovanja i njihov slijed prikazani u stablu značajki, što svakom sudioniku omogućuje uvid u proces oblikovanja modela, a učitelju praćenje trenutačnog rada i pregled prethodnih postupaka svakog učenika. Nasuprot svemu navedenom, ključan uvjet za neometan rad u oblaku je stabilna internetska veza.

Premda malobrojna, istraživanja o primjeni CAD-a s osnovnoškolskim uzrastom donose i preporuke konkretnih softverskih rješenja. Primjerice, Brink i suradnici [23] navode Tinkercad i SketchUp kao CAD programe u oblaku prikladne za tehnološko obrazovanje u višim razredima osnovne škole. Wong i Shih [31] su izdvojili Tinkercad i Onshape pri čemu Tinkercad opisuju najprikladnijim za osnovnoškolce i početnike u učenju CAD modeliranja i stvaranju vlastitog dizajna jednostavnim koracima, dok Onshape smatraju najboljim izborom za napredne učenike i srednjoškolce jer uključuje različite napredne značajke za različite razine korisnika. Međutim, Tinkercad nema mogućnost generiranja normiranih tehničkih crteža za oblikovane modele što je u ovome istraživanju isključujući nedostatak budući da je svrha primjene CAD-a povezana upravo s izradom tehničkih crteža i primjenom normi. Također, pojedini autori preporučuju da se umjesto jednostavnijih rješenja primjenjuju napredni industrijski alati jer se njima bolje i potpunije priprema učenike kao buduće informirane potrošače i za stvarne profesionalne izazove buduće radne snage [32]. Usporedbe nekih istaknutih profesionalnih CAD alata pokazale su da Onshape ima značajno intuitivnije sučelje i bolje mogućnosti suradnje te se brže upoznaje kroz rad [28], [29], [33]. Također, Onshape omogućuje formiranje virtualnih učionica i dodjeljivanje učenika u virtualne razredne odjele i grupe, kao i neki drugi programi, ali je ipak još uvijek jedini profesionalni CAD bez instalacije na računalo [33].

Od početnih uvođenja CAD-a u osnovnoškolsku nastavu pokazalo se da je za učinkovito poučavanje ključna primjerena obuka i priprema učitelja. Ona treba biti znatno šira od osposobljavanja za rad sa softverom i upoznavanja s njegovim funkcioniranjem i mogućnostima jer samo tehničko poznavanje alata nije dovoljno za kvalitetnu nastavu. Naglasak treba biti na pedagoškim strategijama, odnosno promišljanju što, kako i s kojim ciljem približiti i predstaviti

učenicima [21]. Također, budući da učenici različitom brzinom usvajaju sadržaje, učitelj treba voditi računa i o prilagodbi tempa poučavanja. Stoga je prepoznato da konvencionalni odnos u kojem učitelj vodi, a učenik slijedi, nije održiv već demotivacijski. U takvom pristupu učenici brzo gube interes i zbog toga što nemaju mogućnosti za iskazivanje osobne kreativnosti [18], [32]. Kao optimalan model pokazala se kombinacija početnog učiteljskog vođenja kroz sučelje i specifične funkcije te slobodnijeg dijela nastave koji potiče kreativnu aktivnost učenika i istraživanje [18], [32], [34]. Važna je dostupnost fizičkih modela [34], čak i u radu sa starijim uzrastima, jer opipljivi predmeti olakšavaju razumijevanje složenih prikaza aktiviranjem vizualnih, taktilnih i prostornih osjetila učenika. Valera i sur. [35] stoga preporučuju snažnije uključivanje fizičkih nastavnih pomagala i praktičnih aktivnosti uopće u kurikulum tehničkoga obrazovanja, a osobito u poučavanju tehničkoga crtanja. Njihovi nalazi također upućuju na važnost primjene boja, koje učenicima olakšavaju određivanje orijentacije pojedinih ploha i povezivanje dvodimenzijskih prikaza s trodimenzijskim objektom. Sličnu ulogu boje mogu imati i u računalnom modelu, gdje različito obojane plohe olakšavaju uočavanje odnosa među projekcijama i prepoznavanje izgleda tijela iz različitih smjerova [19], [24], [36]. Prikaz plašteva tijela i primjena transparentnosti dodatno olakšavaju dekompoziciju objekta na osnovne dijelove i razumijevanje njegove strukture. Korisnima su se pokazali i unaprijed pripremljeni didaktički materijali koji učenicima omogućuju napredovanje vlastitim tempom i ponavljanje koraka prema potrebi. Uspješni su i pristupi koji učenike potiču na projektiranje uz izbjegavanje određenih funkcionalnosti softvera [18] te učenje kroz unaprijed izrađenu didaktičku igru [32]. Što se tiče suradničkog učenja, pokazalo se da zajednički rad u parovima i rasprava povećavaju učeničku motivaciju i kreativnost, podižu samopouzdanje te potiču dublje razumijevanje, pružajući učenicima priliku za učenje iz postupaka drugih i razmjenu ideja [32], [34], [37]. Međutim, ako je učenicima u paru dostupno samo jedno računalo, postoji mogućnost da jedan učenik dominira u interakciji sa softverom, dok drugi ostaje u pasivnoj ulozi, što može ograničiti razvoj razumijevanja i kasniju primjenu naučenoga [34]. Tijekom cjelokupnog procesa ključno je poticanje učenika na isprobavanje i prihvaćanje pogrešaka kao nužnog dijela učenja [38]. U pojedinim CAD softverima, uključujući Onshape, parametrijsko oblikovanje omogućuje jednostavne izmjene prethodno oblikovanih značajki te olakšava inoviranje i eksperimentiranje uz minimalan rizik od posljedica pogrešnih postupaka [37], [39]. Ukratko, učinkovit pristup poučavanju CAD-a u osnovnoj školi zahtijeva pažljivo balansiranje između strukturiranog vođenja i autonomije učenika, uz primjerenu pripremu učitelja, prilagodbu procesa učenja te stvaranje uvjeta za istraživanje, eksperimentiranje i suradnju.

Specifično nazivlje u računalnom oblikovanju može biti jedna od prvih prepreka u poučavanju i učenju. CAD programi obiluju naredbama i pojmovima koji su učenicima novi ili imaju ponešto drugačije značenje od prethodno poznatog, što ih može zbunjivati [38]. Među njima su izrazi poput „skica", „ravnina crtanja", „orijentacija" i „izvlačenje/ekstruzija". Možda je više od samog jezičnog značenja važno da učenici te izraze mogu smjestiti u kontekst modeliranja te da ih pokušavaju primjenjivati bez straha od pogreške. To je posebno važno za učenike koji već maju niska očekivanja od vlastite uspješnosti te ih slabije razumijevanje jezika može dodatno demotivirati. Dodatno opterećenje može imati specifično nazivlje CAD-a na engleskom jeziku.

Uz ohrabrivanje učenika na pokušaje i usmjerenost na proces rada nadovezuje se pitanje treba li u središtu vrednovanja biti proces razvoja rješenja ili samo konačno rješenje. Sudjelovanje u procesu trebalo bi imati važnu ulogu pri vrednovanju jer učenik u nastojanju da postigne što kvalitetnije rješenje promišlja i provodi višestruke iteracije modela, čime se potiče njegov daljnji razvoj [18], [37]. Pritom i neuspješni pokušaji mogu imati značajnu vrijednost za proces učenja [38]. Slijed postupaka tijekom oblikovanja modela, zabilježen u stablu značajki, učitelju omogućuje praćenje i naknadni pregled procesa učenikova rada, a time i uvid u razvoj njegova mišljenja.

Cilj i istraživačka pitanja

Slijedom prethodnih zapažanja, u ovome istraživanju CAD u nastavi nije cilj ni predmet poučavanja nego didaktičko sredstvo u funkciji poučavanja tehničkoga crtanja. Dakle, didaktička

se vrijednost primjene CAD-a promatra ponajprije kroz mogućnosti brze vizualizacije promatranih tijela, generiranja njihovih tehničkih crteža i uočavanja odnosa među plohama i projekcijama kao i susret s "profesionalnom" primjenom nazivlja i normi tehničkoga crtanja, sve uz pokušaje uvažavanja i primjene utvrđenih postavki i preporuka. Cilj ovoga rada je ispitati učeničku percepciju primjene CAD-a pri poučavanju tehničkoga crtanja s obzirom na razumljivost sadržaja, vlastitu uspješnost, zanimljivost te opažene prednosti i poteškoće takvoga pristupa. Na temelju dosadašnjih spoznaja o poučavanju tehničkoga crtanja, primjeni računalnoga oblikovanja te organizacijskim i metodičkim aspektima nastavnoga procesa, oblikovana su sljedeća istraživačka pitanja:

IP1: Kakvi su stavovi učenika prema tehničkome crtanju?
IP2: Kakvi su stavovi učenika prema primjeni računalnog oblikovanja pri poučavanju tehničkoga crtanja?
IP3: Kako učenici procjenjuju različite organizacijske i metodičke aspekte primjene računalnog oblikovanja pri poučavanju tehničkoga crtanja?

METODOLOGIJA

Uzorak

U anketnom istraživanju sudjelovalo je 105 od 125 učenika petih i sedmih razreda iz triju škola odabranih prema kriteriju dostupnosti. Uzorak je bio prigodan i obuhvatio je zatečene skupine učenika, a nastavu su izvodila dva učitelja pri čemu je jedan poučavao u jednoj, a drugi u dvije škole (Tablica 1). Anketiranje je provedeno nakon intervencije tijekom koje je u redovnoj nastavi Tehničke kulture primijenjeno računalno oblikovanje pri poučavanju sadržaja tehničkoga crtanja.

Tablica 1. Raspodjela sudionika po učitelju, razredu i spolu

Razred	Učitelj	Dječaka	Djevojčica	Ukupno
peti	Učitelj 1	13	15	28
	Učitelj 2	14	5	19
	Ukupno peti	**27**	**20**	**47**
sedmi	Učitelj 1	16	19	35
	Učitelj 2	13	10	23
	Ukupno sedmi	**29**	**29**	**58**
Ukupno		**56**	**49**	**105**

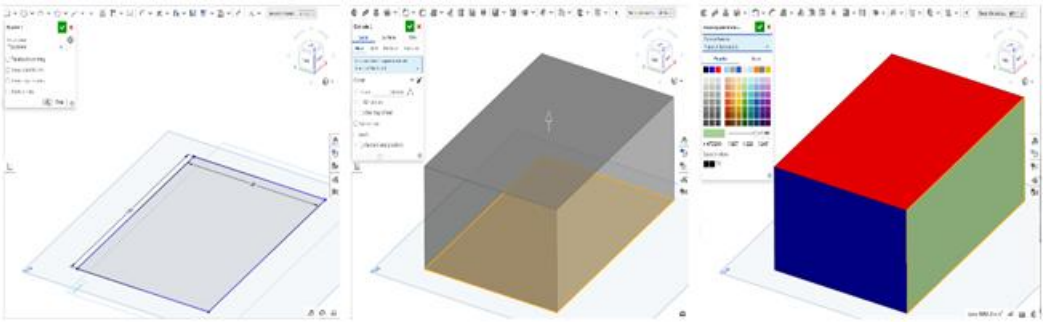
Etički aspekti istraživanja

Istraživanje je provedeno uz suglasnost školskih odbora i ravnatelja škola uključenih u provedbu. Sudjelovanje učenika bilo je dobrovoljno, uz prethodno pribavljenu informiranu privolu roditelja odnosno skrbnika. Podaci su prikupljeni i obrađeni anonimno te korišteni isključivo u istraživačke svrhe.

Intervencija

Učenici su zadane sadržaje tehničkog crtanja prvo upoznavali koristeći se tradicionalnim alatima i postupcima crtanja tijekom 5-6 nastavnih sati. Potom su te sadržaje utvrđivali i proširivali kroz aktivnosti u CAD-u tijekom 6 nastavnih sati (tri susreta po dva školska sata, 3x90'). Radili su u parovima koristeći jedno računalo i CAD Onshape odabran kao obrazovno okruženje u oblaku koje učeniku omogućuje brzu izradu i jednostavnu manipulaciju 3D modela, a učitelju omogućuje uvid u aktivnost i rad učenika u stvarnom vremenu i naknadno. Aktivnosti za učenike su osmišljene tako da slijede konceptualnu progresiju snalaženja u digitalnom radnom prostoru, od orijentacije i navigacije, preko oblikovanja jednostavnog tijela i formiranja pravokutnih i

prostornih projekcija tijela, do formiranja mreže tijela tj. plašteva (5. razred) i formiranja presjeka tijela s rupom (7. razred).



Slika 1. Koraci oblikovanja digitalnog modela kvadra

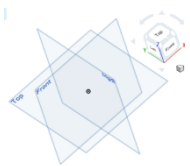
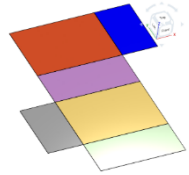
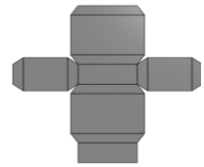
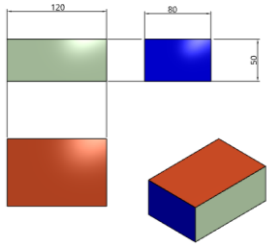
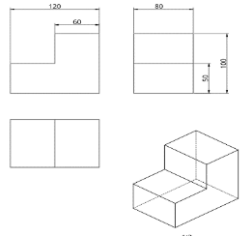
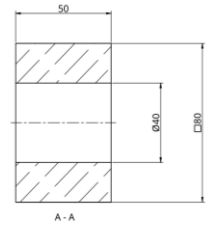
Tijekom prvog susreta, s obziron na prethodno utvrđen izostanak iskustva učenika s trodimenzionalnim modeliranjem, naglasak je za oba uzrasta na učiteljskom vođenju. Učenici su upoznavali korisničko sučelje programa i radnog prostora, kretanje tj. navigaciju radnim prostorom istovremeno usvajajući specifično nazivlje poput rotacije, pomicanja i zumiranja te uključivanje i isključivanje vidljivosti elemenata poput ortogonalnih ravnina i ishodišta. Konkretno oblikovanje prvog modela započinje crtanjem pravokutne baze zadanih dimenzija drvenog kvadra koji je učenicima fizički dostupan, zatim formiranje 3D modela tog kvadra izvlačenjem početne plohe do zadane visine nakon čega slijedi dodijeljivanje različitih boja modelu (Slika 1). Nakon promatranja modela iz različitih smjerova (i uz praćenje položaja navigacijske kocke), pristupa se izradi tj. generiranju pravokutnih projekcija modela. Pokretanjem izrade tehničkih crteža učenici se susreću s oznakama i odabirom normi poput ISO formata papira i mjerila crtanja. Pri postavljanju pravokutnih projekcija prepoznaje se definiranost njihovih uzajamnih položaja što je dodatno izraženo različitim bojama, a vidljivost boja na digitalnom tehničkom crtežu učenici mogu uključivati i isključivati. Boljem razumijevanju odnosa pravokutnih projekcija može pridonijeti postavljanje izometrijskog prikaza, poglavito uz uključivanje i isključivanje vidljivosti boja i zaklonjenih bridova. Stoga su izometrijski prikaz razmatrali i učenici 5. razreda premda je predmetnim kurikulumom zadan tek u 7. razredu. Postavljene pravokutne projekcije učenici potom kotiraju pri čemu prepoznaju primjenu normi kotiranja poput izgleda mjernica, položaj i vrijednosti kotnih brojeva te odgovarajuće vrste crta.

U drugom susretu učenici kroz ponavljanje prethodnih aktivnosti i sadržaja oblikuju novi primjer modela oblika kvadra nakon čega uz vođenje učitelja primjenjuju naredbe za formiranje mreže te samostalno odabiru izgled mreže zadanog tijela, a potom za oblikovano tijelo i odabrani izgled plašta formiraju tehničke crteže u prirodnoj veličini (učenici 5. razreda) ili odabranom mjerilu (učenici 7. razreda). Uz djelomično definirane uvjete, učenici u drugom zadatku dorađuju početni model proširivanjem ili rezanjem u formu krnjeg kvadra za kojeg također oblikuju mreže prema svom odabiru i formiraju pripadajuće tehničke crteže. Također, ovisno o brzini rada, učenici početni model proširuju dodatnim modelom oblikujući sklop dva uglata tijela za koji generiraju tehničke crteže (pravokutne i prostorne prikaze).

U trećem susretu učenici ponavljaju i proširuju prethodne vještine i znanja provodeći zadatak prema pisanim uputama i dokumentaciji kojima je djelomično definiran budući model, a dio je otvoren za slobodno oblikovanje učenika. Učenike 5. razreda zadatak usmjerava na kreativno oblikovanje tijela uz primjenu naredbe za rezanje bridova te formiranje mreže kojom bi se taj model i fizički izradio od papira. Učenike 7. razreda zadatak usmjerava prema oblikovanju tijela s provrtom za koje treba generirati puni presjek i druge tehničke crteže uz primjenu simbola za krug i kvadrat.

Struktura intervencije prikazana je na Tablici 2.

Tablica 2. Struktura intervencije po susretima i razredima

Prvi susret, 1. i 2. sat	Drugi susret, 3. i 4. sat	Treći susret,5. i 6. sat
Radno okruženje i navigacija, model kvadra i projekcije (5. i 7. r)	Mreža kvada (5. r), izometrija krnjeg kvadra (7. r)	Modeli uglatih tijela (5.r), provrti i presjeci (7.r)
		
		

Instrument

Instrument istraživanja bio je postintervencijski upitnik za učenike sastavljen od dviju skala i pojedinačnih čestica. Skalu od šest čestica činile su tvrdnje o poučavanju tehničkoga crtanja, a skalu od četiri čestice tvrdnje o primjeni računalnoga oblikovanja pri poučavanju tehničkoga crtanja. Od pojedinačnih čestica, dvije su se odnosile na postojanje prethodnog iskustva učenika s računalnim oblikovanjem izvan redovne nastave, a uz njih je otvorenom česticom prikupljen naziv programa koji su učenici naveli kao svoje prethodno iskustvo. Tri čestice odnosile su se na rad u paru na jednom računalu, četiri na organizacijske i metodičke aspekte nastave tehničkoga crtanja, a jednom česticom ispitivane su preferencije učenika rangiranjem nastavnih aktivnosti. Osim otvorene čestice i pitanja o rangiranju, sve su tvrdnje procjenjivane na petostupanjskoj Likertovoj ljestvici od 1 („uopće se ne slažem“) do 5 („u potpunosti se slažem“). Upitnik su izradili autori istraživanja na temelju relevantne literature i višegodišnjega iskustva u poučavanju tehničke kulture.

Statistička obrada podataka

Prikupljeni podaci analizirani su u programu IBM SPSS Statistics 22 primjenom deskriptivne i inferencijalne statistike. Deskriptivna statistika obuhvaćala je aritmetičku sredinu (M), standardnu devijaciju (SD), medijan (Md), frekvencije i postotke. Negativno formulirane čestice su rekodirane prije izračuna ukupnih rezultata skala. Pouzdanost skala procijenjena je Cronbachovim koeficijentom α. Normalnost distribucije rezultata skala provjerena je Shapiro–Wilkovim testom i grafičkim prikazima distribucije. Za usporedbu rezultata skala između skupina primijenjen je t-test za nezavisne uzorke, dok su razlike u odgovorima na pojedinačne Likertove čestice analizirane Mann–Whitneyjevim U testom. Povezanost dviju skala ispitana je Pearsonovim i Spearmanovim koeficijentom korelacije, a razlike u rangovima nastavnih aktivnosti Friedmanovim testom uz naknadne Wilcoxonove testove. Razina statističke značajnosti određena je na $p < 0,05$.

REZULTATI

Po pitanju stavova učenika prema tehničkom crtanju, formirana je skala od šest čestica (Tablica 3) i pokazala je zadovoljavajuću unutarnju konzistentnost (Cronbach α = 0,742).

Tablica 3. Deskriptivni pokazatelji čestica skale stavova učenika prema tehničkom crtanju

Tvrdnja	M	Md	SD	4-5(%)	1-2(%)	N
Razumijem sadržaje i namjenu tehničkoga crtanja	3,81	4	0,80	63,8	3,8	105
Tehničko crtanje nikako ne volim*	2,40	2	1,28	20,0	60,0	105
Tehničke crteže na nastavi crtam s lakoćom i brzo	3,62	4	0,89	57,1	8,6	105
Tehničke crteže crtam točno i precizno	3,69	4	1,01	54,8	9,6	104
Tehnički crtež uspješno crtam prema tekstualnom opisu	3,78	4	0,97	59,1	9,5	105
Tehničko crtanje mi nije zanimljivo, s ili bez primjene računala*	2,03	2	1,16	13,3	76,2	105
Ukupan rezultat skale	3,75	3,83	0,68	-	-	104

* Negativno formulirana čestica; niža vrijednost označava pozitivniju procjenu, za izračun ukupnog rezultata skale primjenjeno je rekodiranje.
**Postotak 4–5 označava udio odgovora „uglavnom se slažem" i „u potpunosti se slažem", a postotak 1-2 udio odgovora "uopće se ne slažem" i "uglavnom se ne slažem" među valjanim odgovorima za pojedinu česticu.

Prosječan rezultat skale iznosio je M = 3,75; SD = 0,68 i medijan Md = 3,83 što upućuje na pozitivan stav učenika prema tehničkom crtanju. Normalnost raspodjele procijenjena je primjenom Shapiro–Wilkova testa i vizualnim pregledom raspodjele (Q–Q dijagram, histogram i boxplot). Obje provjere upućivale su na prihvatljivu normalnost raspodjele (Shapiro–Wilk, p = 0,073). Jednouzoračkim t-testom utvrđeno je da se prosječna vrijednost skale statistički značajno razlikuje od neutralne vrijednosti 3, t(103) = 11,30, p <0 ,001. Dobivena vrijednost Cohenova d (d=1,11) upućuje na veliku veličinu učinka. Ukupni rezultati upućuju na izraženo pozitivno stavove ispitanika prema tehničkome crtanju.

Razlike u rezultatima skale prema dobi, spolu te prema učitelju ispitane su t-testom za nezavisne uzorke. Prosječne vrijednosti bile su vrlo slične te nijedna od utvrđenih razlika nije bila statistički značajna, uz dvije zanemarive i jednu malu veličinu učinka (Tablica 4). Malo je viša prosječna vrijednost kod učenika petoga razreda nego kod učenika sedmog razreda, a zanemarivo viša kod dječaka nego kod djevojčica te kod učenika učitelja 2 nego kod učenika učitelja 1.

Tablica 4. Rezultati t-testova za nezavisne uzorke za skalu stavova prema tehničkome crtanju

Skupina	M	SD	t(df)	p	d	N
Učenici 5. razreda	3,83	0,514	1,110(97,3)	0,270	0,21	47
Učenici 7. razreda	3,69	0,787				57
Dječaci	3,77	0,707	0,239(102)	0,812	0,05	55
Djevojčice	3,73	0,651				49
Učenici učitelja 1	3,74	0,605	0,274(102)	0,785	0,05	62
Učenici učitelja 2	3,77	0,782				42

Radi utvrđivanja razlika za pojedine čestice ove skale rezultati su također analizirani t-testom za nezavisne uzorke prema dobi, spolu i učitelju. Jedina čestica uz koju su se pokazale statistički značajne razlike je Tehničko crtanje nikako ne volim, i to s obzirom na dob (p=0,012) i s obzirom na učitelja (p=0,020). Učenici petoga razreda iskazali veće neslaganje s tvrdnjom (M=2,06, SD=1,03) od učenika sedmog razreda (M=2,67, SD=1,27), te učenici učitelja 2 (M=2,05; SD 1,17) od učenika učitelja 1 (M=2,63; SD=1,36).

Iskustvo s računalnim oblikovanjem prije primjene u nastavi (Tablica 5) iskazao je samo jedan učenik navodeći Korni, što nije CAD, već edukativni program za grafičko programiranje. Šest učenika dalo je neutralan odgovor, pri čemu su dva učenika navela Onshape, a jedan

Tinkercad, dok je 91 odgovor bio negativan. Primjenu računalnog oblikovanja u slobodno vrijeme nakon prve primjene u nastavi navela su dva učenika, dok su ostali odgovori bili negativni. Rezultati pokazuju da među ispitanim učenicima gotovo u potpunosti izostaje prethodno iskustvo s CAD-om i njegova primjena izvan nastave.

Tablica 5. Postojanje iskustva učenika s računalnim oblikovanjem izvan nastave

Tvrdnja	M	Md	SD	4-5(%)	1-2(%)	N
Imam iskustva s računalnim oblikovanjem prije nego smo ga koristili u nastavi Tehničke kulture	1,19	1	0,59	1,0	92,9	98
Nakon prvog iskustva računalnog oblikovanja na satu primjenjujem ga i u slobodno vrijeme	1,23	1	0,60	1,9	98,1	103

Skala stavova učenika prema primjeni računalnog oblikovanja u poučavanju tehničkog crtanja sastoji se od četiri čestice (Tablica 6) i pokazala je zadovoljavajuću unutarnju konzistentnost (Cronbach $\alpha = 0,750$).

Tablica 6. Deskriptivni pokazatelji čestica skale stavova učenika prema računalnom oblikovanju

Tvrdnja	M	Md	SD	4-5(%)	1-2(%)	N
Tehničko crtanje mi je zabavnije uz računalno oblikovanje	3,55	4	1,26	50,5	17,4	103
Oblikovanje računalom mi pomaže u razumijevanju tehničkih crteža	3,37	4	1,21	51,4	21,9	105
Računalno oblikovanje je prekomplicirano, bolje je raditi samo skice i priborom*	2,30	2	1,24	21,4	58,3	103
Želim da se tehničko crtanje uči uz primjenu računala i drugih godina.**	3,48	4	1,40	53,5	24,8	101
Ukupan rezultat skale	3,55	3,75	0,96	-	-	97

* Negativno formulirana čestica; niža vrijednost označava pozitivniju procjenu, za izračun ukupnog rezultata skale primjenjeno je rekodiranje.
** Tvrdnja je bila razvojno prilagođena dobi učenika. Učenici 5. razreda odgovarali su na tvrdnju „Želim da u višim razredima tehničko crtanje radimo uz primjenu računala", a učenici 7. razreda na tvrdnju „Volio bih/voljela bih da smo u 5. i 6. razredu koristili računalo u nastavi tehničkoga crtanja".

Prosječan rezultat skale iznosio je $M = 3,55$; $SD = 0,96$ i medijan $Md = 3,75$, što upućuje na pozitivne stavove učenika prema primjeni računalnog oblikovanja. Normalnost raspodjele procijenjena je Shapiro-Wilkovim testom te pregledom Q–Q dijagrama, histograma i boxplota. Iako je Shapiro–Wilkov test ukazivao na odstupanje od normalne raspodjele ($p < 0,05$), vizualni pregled nije pokazao izražena odstupanja. Stoga je primjenjen jednouzorački t-test koji je pokazao da je rezultat statistički značajno viši od teorijske sredine skale od 3, $t(96) = 5,66$, $p < 0,001$. Radi potvrde nalaza provedena je i dopunska neparametrijska provjera Wilcoxonovim testom za jedan uzorak koja je potvrdila odstupanje od vrijednosti 3 u pozitivnom smjeru, $p < 0,001$. Dobivena vrijednost Cohenova d ($d=0,53$) upućuje na umjerenu veličinu učinka. Rezultati upućuju na pozitivne stavove učenika prema primjeni računalnog oblikovanja pri poučavanju tehničkog crtanja.

Rezultati t-testova za nezavisne uzorke (Tablica 7) u rezultatima ove skale nisu pokazali statistički značajne razlike u stavovima učenika prema računalom oblikovanja s obzirom na dob ni spol, uz male veličine uzorka. Međutim, utvrđena je statistički značajna razlika između učenika različith učitelja pri čemu su učenici prvog učitelja iskazali pozitivnije stavove prema računalnom oblikovanja nego učenici drugog učitelja, $t(95) = 3,50$, $p = 0,001$; Cohenov $d = 0,74$.

Tablica 7. Rezultati t-testova za nezavisne uzorke za skalu stavova prema računalnom oblikovanju

Skupina	M	SD	t(df)	p	d	N
Učenici 5. razreda	3,68	0,83	1,07(95)	0,29	0,22	41
Učenici 7. razreda	3,47	1,05				56
Dječaci	3,49	0,98	0,73(95)	0,47	0,15	50
Djevojčice	3,63	0,95				47
Učenici učitelja 1	3,80	0,88	3,50(95)	0,001	0,74	61
Učenici učitelja 2	3,13	0,96				36

T-testom za nezavisne uzorke nisu utvrđene statistički značajne razlike u odgovorima učenika za pojedine čestice ove skale ni s obzirom na dob ni s obzirom na spol. S obziron na učitelja, statistički značajne razlike utvrđene su za sve pojedinačne tvrdnje osim za tvrdnju da računalno oblikovanje pomaže u razumijevanju tehničkih crteža. Učenici učitelja 1 iskazali su veće slaganje s tvrdnjom da je tehničko crtanje zabavnije uz računalno oblikovanje nego učenici učitelja 2 (p=0,011). Također, učenici učitelja 1 više od učenika učitelja 2 nisu se složili s tvrdnjom da je računalno oblikovanje kompliciranо (p=0,020). Čestica kojom su učenici iskazivali želju za primjenom računala tijekom drugih godina učenja tehničkoga crtanja jedina je za koju su prosječne procjene učenika dvaju učitelja bile na suprotnim stranama neutralne vrijednosti ljestvice. Učenici učitelja 1 iskazali su slaganje s tom tvrdnjom (M = 3,89; SD = 1,25), dok su učenici učitelja 2 u prosjeku iskazali neslaganje (M = 2,79; SD = 1,40; p < 0,001).

Ispitana je povezanost između skale stavova učenika prema tehničkom crtanju i skale stavova prema računalnom oblikovanju. Pearsonov koeficijent korelacije nije pokazao statistički značajnu povezanost između ovih skala ($r = -0{,}018$; $p = 0{,}864$; $N = 96$), kao ni Spearmanov koeficijent korelacije ($\rho = -0{,}037$; $p = 0{,}714$; $N = 96$).

Tri tvrdnje obuhvaćale su učeničko viđenje rada u paru na jednom računalu: preferenciju rada u paru u odnosu na samostalni rad, procjenu doprinosa suradnje učenju te procjenu vlastite aktivne uključenosti tijekom rada (Tablica 8).

Tablica 8. Stavovi učenika prema radu u paru na jednom računalu

Tvrdnja	M	Md	SD	4-5(%)	1-2(%)	N
Samostalno računalno oblilovanje je bolje nego rad u paru*	2,24	2	1,31	15,4	62,5	104
Radom u paru na računalu se nadopunjujemo i bolje napredujemo.	4,09	4	1,16	70,6	11,7	103
Radom na računalu u paru sam u ulozi promatrača dok drugi učenik radi.*	2,27	2	1,17	11,4	55,2	105

* Negativno formulirana čestica; niža vrijednost označava pozitivniju procjenu.

Od čestica o radu u paru, učenici su najpozitivnije ocijenili tvrdnju da se radom u paru međusobno nadopunjuju i bolje napreduju (M = 4,09; SD = 1,16), pri čemu je čak 70,6 % učenika tu tvrdnju podržalo. Preostale dvije negativne tvrdnje su odbačene, također od strane većina učenika. Tvrdnju da je samostalno računalno oblikovanje bolje od rada u paru je odbacilo 62,5 % učenika (M = 2,24; SD = 1,31), a tvrdnju da je tijekom rada u paru samo u ulozi promatrača je odbacilo 55,2% učenika (M = 2,27; SD = 1,17). Korelacijska analiza (Pearsonov koeficijent) pokazala je snažnu pozitivnu povezanost između stava da samostalni rad nije bolji od rada u paru i stava da se radom u paru učenici međusobno nadopunjuju i bolje napreduju (r = 0,705; p < 0,001). Tvrdnja o pasivnoj ulozi promatrača tijekom rada u paru pokazala je znatno slabiju povezanost s preostale dvije tvrdnje (r = 0,161 – 0,178) što upućuje da opisuje drukčiji aspekt iskustva rada u paru. Navedeno upućuje da većina učenika pozitivno doživljava rad u paru.

Mann–Whitneyjevim U testom nisu utvrđene statistički značajne razlike u odgovorima učenika na tri tvrdnje o radu u paru ni s obzirom na spol ni s obzirom na učitelja ($p > 0,05$). S obzirom na dob, statistički značajna razlika utvrđena je samo za tvrdnju o ulozi promatrača tijekom rada u paru ($p = 0,044$) pri čemu su učenici sedmog razreda iskazali veće neslaganje s tom tvdnjom nego učenici petog razreda.

Kroz četiri čestice upitnika su ispitivana učenička viđenja različitih aspekata poučavanja tehničkoga crtanja i računalnog oblikovanja. Tvrdnje i rezultati su u Tablici 9.

Tablica 9. Stavovi učenika prema različitim aspektima poučavanja tehničkog crtanja i računalnog oblikovanja.

Tvrdnja	M	Md	SD	4-5(%)	1-2(%)	N
Lakše mi je izraditi crtež predmeta ako predmet imam ispred sebe	4,25	5	0,99	78,1	5,7	105
Računalno oblikovanje treba biti prije crtanja rukom i priborom	2,83	3	1,16	26,2	38,8	103
Računalno oblikovanje bolje prema napisanim uputama nego učiteljevim pokazivanjem.	3,16	3	1,23	35,9	28,2	103
Računalne naredbe na engleskom jeziku mi otežavaju rad	2,19	2	1,29	13,3	61,9	105

Korelacijska analiza nije pokazala statistički značajne povezanosti između navedenih tvrdnji (Pearsonov $r = -0,073$ do $0,166$; $p > 0,05$), što upućuje da one predstavljaju međusobno različite aspekte poučavanja tehničkoga crtanja i računalnog oblikovanja.

Najizraženije pozitivan stav prema jednoj tvrdnju u cijelom upitniku učenici su iskazali prema tome da im je lakše izraditi tehnički crtež ako tijekom crtanja promatraju stvarni predmet ($M = 4,25$; $SD = 0,99$). Tu tvrdnju je podržalo čak 78,1 % učenika, dok ju je samo 5,7 % odbacilo.

Tvrdnja da računalno oblikovanje treba poučavati prije tehničkoga crtanja rukom i priborom procijenjena je ispod neutralne vrijednosti ($M = 2,83$; $SD = 1,16$). S navedenim redoslijedom poučavanja nije se složilo 38,8 % učenika, 35% zauzelo je neutralan stav, a nešto više od četvrtine učenika (26,2 %) iskazalo je slaganje.

Također, učenici nisu iskazali jasno opredjeljenje za tvrdnju da je računalno oblikovanje bolje učiti pomoću pisanih uputa nego praćenjem uputa koje pokazuje učitelj ($M = 3,16$; $SD = 1,32$). Odgovori su bili jednako podijeljeni između neslaganja s tvrdnjom (35,9 %) i neutralnosti (35,9 %), a nešto manje učenika (28,2 %) se složilo s tvrdnjom.

Korištenje engleskih naziva naredbi u programu nije se pokazalo značajnom preprekom za učenike ($M = 2,19$; $SD = 1,29$). Više od tri petine učenika (61,9 %) nije se složilo s tvrdnjom da im engleski nazivi predstavljaju značajnu poteškoću, dok je samo 13,3 % iskazalo suprotno mišljenje.

Mann–Whitneyjevim U testom nisu utvrđene statistički značajne razlike u odgovorima učenika na četiri pojedinačne čestice ni s obzirom na spol ni s obzirom na učitelja ($p > 0,05$). S obzirom na dob, statistički značajna razlika utvrđena je samo za tvrdnju da engleski nazivi otežavaju ($p = 0,015$), pri čemu su učenici sedmog razreda iskazali veće neslaganje s tom tvrdnjom nego učenici petog razreda.

Jednom česticom upitnika tražilo se da učenici prema osobnim preferencijama u nastavi rangiraju teorijsku nastavu, tehničko crtanje i praktične radove (1 = najpoželjniji, 3 = najmanje poželjan). Razlike u rangiranju praktičnog rada, tehničkoga crtanja i teorijskih sadržaja analizirane su Friedmanovim testom jer je svaki učenik rangirao sva tri nastavna sadržaja. Friedmanov test pokazao je statistički značajne razlike u rangiranju, $\chi^2(2) = 73,666$, $p < 0,001$. Najpoželjnijim je ocijenjen praktični rad (Mean Rank = 1,38), zatim tehničko crtanje (Mean Rank = 2,02), dok je teorijska nastava bila najmanje preferirana (Mean Rank = 2,60). Naknadne usporedbe Wilcoxonovim testom pokazale su da su sve parne razlike bile statistički značajne ($p < 0,001$), pri čemu je praktični rad bio značajno preferiraniji od tehničkoga crtanja i teorijske nastave, a tehničko crtanje značajno preferiranije od teorijske nastave. Zbog triju parnih usporedbi primijenjena je Bonferronijeva korekcija ($\alpha = 0,017$). Sve usporedbe ostale su statistički značajne ($p < 0,001$).

RASPRAVA

Rezultati istraživanja pokazuju da učenici imaju pozitivno viđenje tehničkoga crtanja te pozitivno procjenjuju primjenu računalnog oblikovanja u nastavi. To je u skladu s nalazima koje su iznijeli Purković i suradnici [8], [9] te McLaren [10] za tehničko crtanje, a Huang i Wang [22] te Kimbell i suradnici [18] za računalno oblikovanje. Obje skale su ostvarile prosječne vrijednosti statistički značajno više od neutralne vrijednosti, uz zadovoljavajuću unutarnju konzistentnost i srednje do velike veličine učinka. Takvi rezultati upućuju na to da učenici računalno oblikovanje doživljavaju kao prihvatljiv i koristan način učenja tehničkoga crtanja. Podatak prema kojem gotovo nitko od učenika nije imao prethodno iskustvo s primjenom CAD-a upućuje na to da je pozitivna percepcija ponajprije proizašla iz iskustva stečenoga tijekom provedbe nastavne intervencije.

Posebno je značajno da računalno oblikovanje učenici nisu procijenili kao prezahtjevno niti su ga smatrali preprekom učenju. Naprotiv, više od polovice učenika procijenilo je da računalno oblikovanje pridonosi razumijevanju tehničkih crteža te da bi trebalo biti redoviti dio nastave tehničke kulture. Takvi su rezultati u skladu s prethodnim istraživanjima koja ističu da CAD može povećati motivaciju učenika, olakšati razumijevanje prostornih odnosa i povezivanje trodimenzionalnog modela s dvodimenzionalnim tehničkim crtežom [18], [20], [22]. Međutim, izostanak statistički značajne povezanosti između stavova prema tehničkom crtanju i primjeni računalnog oblikovanja upućuje na to da računalno oblikovanje učenici procjenjuju neovisno o svojem odnosu prema tehničkom crtanju. Drugim riječima, učenici koji pozitivnije procjenjuju računalno oblikovanje ne procjenjuju nužno pozitivnije i tehničko crtanje. Štoviše, učenici nisu iskazali sklonost uvođenju računalnog oblikovanja prije upoznavanja s tradicionalnim tehničkim crtanjem. Iz toga proizlazi da, iako učenici CAD procjenjuju korisnim i zanimljivim, ne doživljavaju ga kao zamjenu za tradicionalne postupke rada, već kao njihovu nadopunu u procesu usvajanja sadržaja tehničkoga crtanja. Time i sami učenici daju prednost redoslijedu na koji upućuju prethodna istraživanja, prema kojima tradicionalni postupci tehničkoga crtanja predstavljaju temelj za razvoj prostornih i drugih relevantnih sposobnosti te trebaju prethoditi primjeni digitalnih alata [10], [13], [14], [25]. Prema odgovorima učenika, rad u paru na jednom računalu uglavnom je pozitivno doživljen, osobito u pogledu međusobnoga nadopunjavanja i napredovanja u radu. Takav je nalaz u skladu s prethodnim istraživanjima koja ističu prednosti suradničkoga učenja u početnim fazama računalnoga oblikovanja [32], [34], [37]. Iako je većina učenika odbacila tvrdnju da tijekom rada u paru ostaje u ulozi promatrača, mogućnost pasivne uloge jednoga člana ne treba zanemariti te je pri organizaciji rada važno osigurati aktivno sudjelovanje obaju učenika.

Učenici nisu iskazali jasnu prednost pisanim uputama u odnosu na praćenje uputa učitelja, što upućuje na to da oba pristupa imaju svoju vrijednost tijekom početnoga usvajanja rada u CAD okruženju. Njihovim kombiniranjem može se učenicima omogućiti samostalnije napredovanje vlastitim tempom uz ponavljanje pojedinih koraka prema potrebi, što je u skladu s preporukama prethodnih istraživanja [32], [34].

Izrazito pozitivno učenici su procijenili mogućnost promatranja fizičkoga modela tijekom izrade tehničkoga crteža. Time se podupiru preporuke o uključivanju fizičkih modela i drugih praktičnih nastavnih sredstava u poučavanje tehničkoga crtanja te primjeni CAD-a u kombinaciji s konkretnim nastavnim sredstvima, a ne kao potpuno samostalnog oblika rada [34], [35]. Važnost praktičnoga pristupa dodatno potvrđuju rezultati rangiranja nastavnih aktivnosti, prema kojima učenici prednost daju praktičnom radu u odnosu na teorijske sadržaje. Takva je sklonost u skladu i s prethodno utvrđenim izrazito pozitivnim stavovima učenika prema praktičnom radu u nastavi Tehničke kulture [9]. Pozitivna procjena rada uz fizički model i izražena sklonost praktičnim aktivnostima zajedno upućuju na važnost nastavnih pristupa koji objedinjuju praktično iskustvo, vizualizaciju prostornih odnosa i aktivno sudjelovanje učenika u procesu učenja.

Stručno nazivlje, koje se oslanja na engleski jezik u označavanju naredbi i funkcija u programu, uglavnom se nije pokazalo kao značajnija teškoća učenicima. Takav nalaz može biti

ohrabrujući nastavnicima koji oklijevaju s uvođenjem CAD-a zbog pretpostavljene zahtjevnosti stručnoga nazivlja i engleskoga jezika. Nalaz pritom nije u skladu sa zapažanjima Winn [38] o bogatom nazivlju kao jednoj od prvih potencijalnih prepreka učenju uz CAD. Međutim, ovo odstupanje valja promatrati u kontekstu načina provedbe intervencije. Tijekom rada primjenjivan je samo minimalan broj potrebnih naredbi, i to na primjerima prethodno upoznatih normi tehničkoga crtanja. Stoga rezultati prije upućuju na to da stručno nazivlje ne mora predstavljati značajniju prepreku ako se CAD uvodi postupno i sadržajno primjereno učenicima. Time se dodatno naglašava važnost poštivanja načela postupnosti i primjerenosti te izbjegavanja predstavljanja velikog broja mogućnosti programa u početnim fazama rada.

Usporedbe prema uzrastu i spolu nisu pokazale statistički značajne razlike u ukupnom viđenju tehničkoga crtanja ni računalnoga oblikovanja, što upućuje na relativno ujednačenu percepciju ovakvog pristupa među različitim skupinama učenika. Ipak, analiza pojedinačnih čestica pokazala je nekoliko statistički značajnih razlika. Tako su učenici petoga razreda iskazali veće neslaganje s tvrdnjom da nikako ne vole tehničko crtanje, što je u skladu s ranijim istraživanjima koja upućuju na veći interes za tehničko crtanje mlađih nego starijih učenika [8], [9]. U viđenjima primjene računalnog oblikovanja su učenici petoga razreda u većoj mjeri od učenika sedmoga razreda procjenjivali da englesko nazivlje predstavlja poteškoću, što je razumljivo s obzirom na njihovu dob i kraće iskustvo u učenju engleskoga jezika, te dodatno potvrđuje važnost postupnoga uvođenja CAD-a u nastavu. Također, učenici petoga razreda nešto su češće procjenjivali da jedan član para može ostati pasivan promatrač, što može upućivati na veću samostalnost starijih učenika u zajedničkom radu, no takvo bi tumačenje trebalo dodatno istražiti. Ovaj nalaz ipak dodatno upućuje na potrebu pažljivoga planiranja rada u paru, osobito s mlađim učenicima.

Dok usporedbe prema uzrastu i spolu nisu pokazale statistički značajne razlike u ukupnim procjenama skala, usporedba prema učitelju pokazala je statistički značajnu razliku u procjeni računalnoga oblikovanja. Budući da istraživanje nije bilo usmjereno na analizu čimbenika koji bi mogli objasniti takvu razliku, nije moguće zaključiti koji su njezini uzroci. Ona bi mogla biti povezana s razlikama u metodičkoj provedbi nastavne intervencije, komunikaciji s učenicima kao i obilježjima pojedinih razrednih odjela ili drugim okolnostima nastavnog procesa, što predstavlja moguće polazište za buduća istraživanja.

Rezultate istraživanja potrebno je promatrati i u svjetlu njegovih ograničenja. Istraživanje je provedeno na ograničenom uzorku učenika uključenih u nastavu dvaju učitelja, a procjene se temelje na samoprocjeni učenika nakon provedene nastavne intervencije. Buduća istraživanja mogla bi uključiti veći broj škola i učitelja te detaljnije ispitati čimbenike koji utječu na prihvaćanje računalnog oblikovanja u nastavi tehničkoga crtanja, kao i povezanost učeničkih stavova s objektivnim pokazateljima uspješnosti učenja i razvoja prostornih sposobnosti.

ZAKLJUČAK

Poticaj za ovo istraživanje proizašao je iz nedostatka spoznaja o primjeni CAD-a s učenicima osnovne škole, osobito o njegovoj ulozi kao didaktičkoga sredstva u poučavanju tehničkoga crtanja. Stoga je cilj bio ispitati učeničku percepciju takvoga pristupa te organizacijske i metodičke aspekte njegove primjene. Dosadašnja saznanja i dobiveni nalazi upućuju na zaključak da CAD ima svoje mjesto u osnovnoškolskom poučavanju tehničkoga crtanja, ali ne kao zamjena za tradicionalne postupke niti kao zaseban sadržaj usmjeren ovladavanju softverom. Naprotiv, primjena CAD-a i mogućnosti digitalne vizualizacije trebaju se nadovezati na upoznavanje s tradicionalnim postupcima tehničkoga crtanja te pridonijeti utvrđivanju i proširivanju stečenih znanja. Pritom didaktička vrijednost CAD-a nije u samoj uporabi digitalne tehnologije, nego u načinu na koji se ona uključuje u nastavni proces. Njegova primjena treba biti metodički osmišljena i usmjerena na odabir onih funkcija i naredbi koje pridonose razumijevanju i primjeni sadržaja tehničkoga crtanja, uz postupno uvođenje te povezivanje s fizičkim modelima i praktičnim aktivnostima. Vođenje učenika treba kombinirati s mogućnostima samostalnoga napredovanja i suradničkoga rada te pritom osigurati aktivno sudjelovanje svakog učenika.

Ove zaključke potrebno je razmatrati u okviru ograničenoga uzorka, nastave dvaju učitelja i oslanjanja na učeničke samoprocjene nakon nastavne intervencije. Daljnjim bi istraživanjima trebalo obuhvatiti veći broj škola i učitelja te učeničke procjene povezati s objektivnim pokazateljima uspješnosti učenja i razvoja prostornih sposobnosti. Time bi se, uz neizostavno osiguravanje odgovarajućih tehničkih i organizacijskih uvjeta te metodičke pripremljenosti učitelja, stvorila pouzdanija osnova za širu i svrhovitu primjenu CAD-a u osnovnoj školi.

DECLARATIONS OF INTEREST STATEMENT

The authors affirm that there are no conflicts of interest to declare in relation to the research presented in this paper.

LITERATURE

1. Ushno, I. M. (2025). Technical drawing as a form of visual-graphic communication of engineering: philosophical-anthropological aspect. *Studies in History and Philosophy of Science and Technology*, *34*(1), 3–14. https://doi.org/10.15421/272501
2. Lieu, D. K., & Sorby, S. A. (2016). *Visualization, modeling, and graphics for engineering design* (2nd ed.). Cengage Learning.
3. Bethune, J. D. (2017). *Engineering graphics with AutoCAD 2017*. Pearson.
4. Madsen, D. A., & Madsen, D. P. (2017). *Engineering drawing & design* (6th edition). Cengage Learning.
5. Timings, R. L. (1988). *Basic engineering technology*. Butterworth-Heinemann.
6. Ministarstvo znanosti i obrazovanja. (2019). *Kurikulum nastavnoga predmeta Tehnička kultura za osnovne škole*.
7. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. (2008). *Tehnički leksikon*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža.
8. Purković, D., Delač, D., & Kovačević, S. (2022). Interests of Croatian primary school pupils about elective Technology Teaching and school activities. *Metodički Ogledi*, *29*(1), 167–189. https://doi.org/10.21464/mo.29.1.6
9. Purković, D., Suman, D., & Jelaska, I. (2021). Age and gender differences between pupils' preferences in teaching general and compulsory technology education in Croatia. *International Journal of Technology and Design Education*, *31*(5), 919–937. https://doi.org/10.1007/s10798-020-09586-x
10. McLaren, S. V. (2008). Exploring perceptions and attitudes towards teaching and learning manual technical drawing in a digital age. *International Journal of Technology and Design Education*, *18*(2), 167–188. https://doi.org/10.1007/s10798-006-9020-2
11. Ripoll Chacón, O. (2025). Influencia del dibujo técnico en el desarrollo de la visión espacial: una revisión sistemática de la literatura. *UTE Teaching & Techonology Universitas Tarraconsensis*, *2*, e3930. https://doi.org/10.17345/ute.2025.3930
12. Kadam, K., Mishra, S., Deep, A., & Iyer, S. (2021). Enhancing engineering drawing skills via fostering mental rotation processes. *European Journal of Engineering Education*, *46*(5), 796–812. https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1920891
13. Rawi, I. I. M., Karuppannan, G., & Ghani, K. A. (2020). 2D CAD engineering drawing for industrial design: Furniture and products designed by students. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, *10*(2), Pages 847-859. https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v10-i2/7015
14. Anamova, R. R., & Nartova, L. G. (2019). Geometric spatial ability as an element of cognitive learning process. *Periódico Tchê Química*, *16*(32), 542–550. https://doi.org/10.52571/PTQ.v16.n32.2019.560_Periodico32_pgs_542_550.pdf
15. Katona, J., & Nagy, K. G. (2019). The CAD 3D course improves students' spatial skills in the technology and design education. *YBL Journal of Built Environment*, *7*(1), 26–37. https://doi.org/10.2478/jbe-2019-0002

16. Ginestié, J. (2018). Using computer technologies in design and technology education: Teaching-learning process. In M. J. De Vries (Ed.), *Handbook of Technology Education* (pp. 403–418). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5_31
17. Chester, I. (2004). Teaching CAD: A snap or are we missing the point? *Learning for Innovation in Technology Education Research: Proceedings of the 3rd Biennial International Conference on Technology Education*, *1*, 113–121.
18. Kimbell, R., Lawler, T., Stables, K., & Balchin, T. (2002). Pro/DESKTOP in schools: A pilot research study. *The Journal of Design and Technology Education*, *7*(1), 29–33.
19. Asperl, A. (2005). How to teach CAD. *Computer-Aided Design and Applications*, *2*(1–4), 459–468. https://doi.org/10.1080/16864360.2005.10738395
20. Shavalier, M. (2004). The effects of CAD-like software on the spatial ability of middle school students. *Journal of Educational Computing Research*, *31*(1), 37–49. https://doi.org/10.2190/X8BU-WJGY-DVRU-WE2L
21. McGarr, O., & Seery, N. (2011). Parametric pedagogy: Integrating parametric CAD in Irish post-primary schools. *Design and Technology Education: An International Journal*, *16*(2), 57–66. https://doi.org/10.24377/DTEIJ.ARTICLE1729
22. Huang, C.-Y., & Wang, J. C. (2022). Effectiveness of a three-dimensional-printing curriculum: Developing and evaluating an elementary school design-oriented model course. *Computers & Education*, *187*, 104553. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104553
23. Brink, H., Kilbrink, N., & Gericke, N. (2023). Teach to use CAD or through using CAD: An interview study with technology teachers. *International Journal of Technology and Design Education*, *33*(3), 957–979. https://doi.org/10.1007/s10798-022-09770-1
24. Suman, D. (2018). Tehničko crtanje, spacijalna inteligencija i CAD u osnovnoj školi - opravdanost, potreba, mogućnost, izazov. *Politehnika: Journal of Technology Education*, *2*(1), 51–69.
25. Sorby, S. A. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, *31*(3), 459–480. https://doi.org/10.1080/09500690802595839
26. Gaha, R., Nicolet, P.-M., Bricogne, M., & Eynard, B. (2021). Teaching experiments for engineering education based on cloud CAD software. *Proceedings of the Design Society*, *1*, 2951–2960. https://doi.org/10.1017/pds.2021.556
27. Barrie, J. (2016). Applications for cloud-based CAD in design education and collaboration. *Proceedings of the 18th International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE16), Design Education: Collaboration and Cross-Disciplinarity*, 178–183.
28. Junk, S. (2019). *Case study on the application of a cloud-based CAD system in design teaching*. 230004. https://doi.org/10.1063/1.5114230
29. Junk, S., & Spannbauer, D. (2018). Use of cloud-based computer aided design software in design education. *2018 17th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ITHET.2018.8424769
30. Yip-Hoi, D. (2020). Cloud-based computer-aided engineering education: Finding the silver lining. *2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access Proceedings*, 34292. https://doi.org/10.18260/1-2--34292
31. Wong, C., & Shih, Y. (2021). Enhance STEM education by integrating product design with computer-aided design approaches. *Computer-Aided Design and Applications*, *19*(4), 694–711. https://doi.org/10.14733/cadaps.2022.694-711
32. Winn, D. (2017). CAD and creativity at Key Stage 3. In P. J. Williams & D. Barlex (Eds.), *Contemporary Research in Technology Education* (pp. 51–65). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2819-9_5
33. Gaha, R., Nicolet, P.-M., Bricogne, M., & Eyanrd, B. (2023). Evaluation of cloud-based CAD software in teaching experiments for engineering education: 3D experience. In L. Walha, A. Jarraya, F. Djemal, M. Chouchane, N. Aifaoui, F. Chaari, M. Abdennadher, A. Benamara, &

M. Haddar (Eds.), *Design and Modeling of Mechanical Systems - V* (pp. 313–322). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14615-2_36
34. Basham, K. L., & Kotrlik, J. W. (2008). The effects of 3-dimensional CADD modeling on the development of the spatial ability of technology education students. *Journal of Technology Education*, *20*(1). https://doi.org/10.21061/jte.v20i1.a.3
35. Valera, A. R., Namoco, S. O., & San Diego, A. L. (2021). Effectiveness of 3D solid model on improving spatial visualization ability for technical drafting students. *Science International*, *33*(3), 159–164.
36. Katsioloudis, P. J., Jones, M., Moustafa, M. R., & Jovanovic, V. (2016). Application of color on 3D dynamic visualizations for engineering technology students and effects on spatial visualization ability: A quasi-experimental study. *ASEE EDGD 70th Midyear Conference*.
37. Winn, D., & Banks, F. (2012). CAD and creativity – A new pedagogy. *PATT 26 Conference: Technology Education in the 21st Century*, 488–495.
38. Winn, D. (2020). Pedagogies for enabling the use of digital technology. In P. J. Williams & D. Barlex (Eds.), *Pedagogy for Technology Education in Secondary Schools* (pp. 121–134). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41548-8_7
39. Hodgson, T. (2008). Digital design - the potential of computer aided designing in design learning environments. *Design and Technology Education: An International Journal*, *11*(1). https://doi.org/10.24377/DTEIJ.ARTICLE1124

PRIMARY SCHOOL STUDENTS' PERCEPTIONS OF USING CAD IN TECHNICAL DRAWING INSTRUCTION

Darko Suman[1], Stjepan Kovačević[1], Damir Purković[2]

[1]University of Split, Faculty of Science, Ruđera Boškovića 33, 21 000 Split, Croatia,
darko.suman@skole.hr, stjepan@pmfst.hr,
[2]University of Rijeka, Faculty of Engineering, Vukovarska 58, 51 000 Rijeka, Croatia,
damir@uniri.hr

ABSTRACT

Technical drawing is an integral part of general technology education and, consequently, of the Technical Culture curriculum in primary schools, with recommendations for the use of computer programs for drawing and three-dimensional modelling. This creates opportunities for the implementation of computer-aided design (CAD) in teaching. However, little is known about the extent to which CAD is used in primary schools and for what purposes. Therefore, this paper empirically examines the use of three-dimensional CAD software as a means through which students model and visualise technical creations, develop an understanding of spatial relationships, and connect a three-dimensional model with a technical drawing in regular classroom instruction. The research was conducted on a sample of 105 fifth- and seventh-grade primary school students who participated in the intervention. The aim was to examine students' perceptions of using CAD in teaching technical drawing with regard to content comprehensibility, self-perceived achievement, instructional interest, and the perceived advantages and difficulties of such an approach. The findings indicate that computer-aided design can contribute to the development and conceptualisation of a motivating and methodologically appropriate approach to learning technical drawing, thereby supporting the pedagogical justification and possibilities of applying CAD in the Technical Culture subject in primary schools.

Keywords: computer-aided design (CAD), technical drawing, technology education, primary school, student perceptions.