



Sveučilište u Rijeci  
University of Rijeka  
<http://www.uniri.hr>

*Polytechnica: Journal of Technology Education, Volume 2, Number 1 (2018)*  
*Politehnika: Časopis za tehnički odgoj i obrazovanje, Volumen 2, Broj 1 (2018)*



Politehnika  
Polytechnica  
<http://www.politehnika.uniri.hr>  
[cte@uniri.hr](mailto:cte@uniri.hr)

*Stručni članak*  
*Professional article*  
UDK 004.89:373.3

# Tehničko crtanje, specijalna inteligencija i CAD u osnovnoj školi - opravdanost, potreba, mogućnost, izazov

**Darko Suman**

Osnovna škola Vladimira Nazora  
Šetalište Pazinske gimnazije 9, 52000 Pazin  
[darko.suman@skole.hr](mailto:darko.suman@skole.hr)

---

## Sažetak

*Tehničko crtanje i grafičko komuniciranje neizostavni je dio tehničkog stvaralaštva te dio općeg tehničkog odgoja i obrazovanja. U industrijskoj proizvodnji se za potrebe projektiranja proizvoda razvija i primjenjuje računalno potpomognuto oblikovanje (CAD) gotovo šezdeset godina. Proteklih tridesetak godina ono se postupno uključuje u visokoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje, a u nekim dijelovima svijeta i u opće tehničko obrazovanje. U tom smislu provedena su različita istraživanja koja problematiziraju primjenu CAD programa u nastavi. Ipak, naša dosadašnja praksa osnovnoškolskog obrazovanja nije uključivala primjenu ovih sadržaja u nastavi. Aktualne promjene obveznog obrazovanja u Hrvatskoj donose i obvezno stjecanje digitalnih kompetencija, što daje poticaj uvođenju računalno potpomognutoga oblikovanja u osnovnoškolsku nastavu. U ovom radu se analiziraju istraživanjima utvrđeni odnosi između tehničkoga crtanja, specijalne inteligencije i računalno potpomognutoga oblikovanja s ciljem razmatranja opravdanosti, mogućnosti i izazova uvođenja takvih sadržaja u nastavu Tehničke kulture. Na temelju analize dosadašnjih spoznaja, argumentira se značaj ovih sadržaja za razvoj učenika, iznose se mogućnosti primjene u nastavi te se donose smjernice za buduća istraživanja primjene CAD-a u nastavi Tehničke kulture.*

**Ključne riječi:** *tehničko crtanje; specijalna inteligencija; računalno potpomognuto oblikovanje; nastava tehnike; CAD.*

## 1. Uvod

Slikovni izričaj je u evoluciji čovjeka jedan od najstarijih oblika komuniciranja koji je, po nekim

tumačenima, stariji i od verbalnog (Goetsch, Nelson i Chalk, 1989, str. 2). Izreka "Slika govori više od tisuću riječi" se izrazito potvrđuje u tehničkom komuniciranju, gdje je riječima teško

ostvariti detaljan opis imalo složenije tehničke tvorevine. Stoga je tehničko crtanje i grafičko komuniciranje sastavni dio tehničkog stvaralaštva, a tehnički crtež je neizostavan dio dokumentacije tehničke tvorevine. Izrađen prema normama, tehnički crtež je djelo za čije čitanje i razumijevanje nije potreban prevoditelj, neovisno u kojem dijelu svijeta se "čita". Dakle, tehničko crtanje tj. grafičko komuniciranje, predstavlja univerzalni jezik kojim ne komuniciraju samo tehničari. Slijedom navedenog, tehničko crtanje i grafičko komuniciranje je integralni dio obrazovnih sadržaja općeg tehničkog odgoja i obrazovanja. U osnovnoškolskoj nastavi Tehničke kulture, koja se izvodi prema još uvijek važećem Nastavnom programu (MZOS, 2006), učenici trebaju usvojiti osnovne norme tehničkoga crtanja i vještine njihove primjene u crtanju, projektiranju i grafičkom komuniciranju. Čitanjem tehničkih crteža učenici mogu upoznavati tvorevine znanosti i tehnike, a izradom tehničkih crteža mogu svoje ideje izraziti i prenijeti drugima (Opalić, Kljajin i Sebastijanović, 2007).

Aktualne promjene u našem osnovnoškolskom obrazovanju uključuju uvođenje novih nacionalnih kurikuluma nastavnih predmeta od sljedeće, 2019./2020. školske godine. Prema novom Nacionalnom kurikulumu nastavnoga predmeta Tehnička kultura, (MZO, 2018) nastava je usmjerena ostvarivanju zadanih ishoda, a o njezinoj sadržajnoj i metodičkoj organizaciji odlučuje učitelj temeljem različitih uvjeta na razini škole. Očekuje se kreativna uključenost svakog učenika pri osmišljavanju, modificiranju i normiranom tehničkom crtanju tehničkih tvorevina. Pri tome je moguća, i predlaže se, primjena računalnih programa za crtanje i trodimenzijsko modeliranje. No, u našoj dosadašnjoj praksi obvezne osnovnoškolske nastave tehničkoga crtanja podrazumijevala se primjena tradicionalnoga pribora i nisu zabilježena iskustva primjene aplikacija za računalno potpomognuto oblikovanje, poznatijih kao CAD (*Computer Aided Design*) programa.

Istovremeno, promjene u osnovnoškolskom obrazovanju uključuju obvezno stjecanje digitalnih kompetencija, odnosno, razvoj digitalne pismenosti svakog učenika. Zbog toga je u 5. i 6.

razredu općeg i obveznog obrazovanja uveden obvezni nastavni predmet Informatika te se kroz sve nastavne predmete treba ostvarivati i međupredmetna tema Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije. Uslijed ovakvih promjena pristupilo se neophodnom opremanju škola računalima, što bi učenicima trebalo omogućiti usvajanje osnovnih vještina rada na računalu. Uz ostvarenje materijalnih uvjeta ovakav tijek razvoja predstavlja i stanoviti poticaj uvođenju računalno potpomognutoga oblikovanja u nastavu Tehničke kulture. No, prethodno je potrebno razmotriti određene izazove i probleme, te odgovoriti na pitanja moguće implementacije ovakvih sadržaja u nastavu. Među tim problemima zasigurno je vrlo kratko raspoloživo vrijeme od 35 sati godišnje za nastavni predmet, te pitanje svrhovitog i primjerenog, sadržajnog i metodičkog osmišljavanja nastave.

U skladu s prethodno navedenim okolnostima i polazištima, cilj ovog rada je razmotriti opravdanost, potrebu, mogućnosti i izazove uvođenja računalno potpomognutoga oblikovanja u osnovnoškolsku nastavu tehničke kulture. U radu će se stoga razmotriti dosadašnje spoznaje i iskustava u nastavi na različitim razinama obrazovanja, ali i znanstveno potvrđeni međuodnosi između tehničkoga crtanja (grafičkoga oblikovanja tehničke tvorevine), specijalne inteligencije i računalno potpomognutoga oblikovanja. Uvidom u približno stotinu radova, koji kroz različite pristupe i različito postavljene ciljeve i probleme istražuju navedene odnose, s rezultatima koje se može tek djelomično uspoređivati, će se ukazati na određene zaključke koji nedvojbeno proizlaze iz analize rezultata istraživanja. Stoga svrha ovog rada nije tek sveobuhvatni pregled usko usmjerenih radova i literature, već problematizacija dosadašnjih spoznaja uz ukazivanje na prepoznate mogućnosti primjene CAD alata u nastavi usmjerene ostvarivanju ishoda postavljenih pred nastavni predmet Tehnička kultura. Iz prepoznatih mogućnosti proizlaze i smjernice za buduća istraživanja vezana uz primjenu računalno potpomognutog oblikovanja u nastavi Tehničke kulture, koja se u konačnici iznose.

## 2. Specijalna inteligencija i tehničko crtanje

### 2.1. Važnost specijalne inteligencije

Uspješnost učenika u aktivnostima i usvajanju nastavnih sadržaja iz područja tehničkoga crtanja uvelike je uvjetovana razinom njegove specijalne inteligencije. Specijalna inteligencija je jedna od sedam (Thurstone, 1938, prema Petz, 1992), odnosno osam (Gardner, Kornhaber i Wake, 1999) sastavnica višestruke inteligencije čovjeka. Prema Gardnerovoj teoriji višestruke inteligencije (Gardner, 1993), vizualno-specijalna inteligencija odnosi se na snalaženje u prostoru, na sposobnost figurativne i apstraktne vizualizacije, razmišljanje putem slikovnih predodžbi, mogućnost razmišljanja u trećoj dimenziji.

Prostorna inteligencija ujedno ima evolucijsku i prilagodbenu važnost (Newcombe i Frick, 2010). Svaki pokretni organizam da bi preživio mora se snalaziti i kretati u prostornom okruženju. Takvo kretanje u velikom prostoru, koji nije potpuno vidljiv iz jedne točke gledišta, čovjeku omogućuje specijalna inteligencija i specijalne vještine velikih dimenzija (*large-scale*). Specijalne sposobnosti malih dimenzija (*small-scale*) se primjenjuju u prostorima čija je veličina manja od osobe tj. u zamišljanju i mentalnim transformacijama malih oblika i objekata. Istraživanja specijalnih sposobnosti većinom su usmjerena prema onima malih dimenzija, a uključuju zadatke mentalne rotacije tijela i oblika, traženje skrivenih figura i mentalno oblikovanje plašta odabranog tijela tj. presavijanje papira i drugo (Hegarty i sur., 2009). Psihometrijska testiranja su pokazala da specijalne vještine velikih dimenzija i specijalne vještine malih dimenzija nisu povezane kod djece uzrasta 9 i 10 godina (Jansen, 2009) ili da su djelomično, ali ne i potpuno razdvojene (Hegarty i sur., 2009), na što utjecaj ima dob (Wang, Cohen i Carr, 2014) te da je ove dvije kategorije specijalnih vještina najbolje tretirati odvojeno (Wang, 2017). Osim podjele prema veličini promatranog objekta i prostora, specijalne vještine uključuju više kategorija (Newcombe i Shipley, 2015; Martin-Gutierrez i Gonzales, 2017;

Nagy-Kondor, 2017), koje se, ovisno o autorima, minimalno razlikuju. U ove kategorije ubraja se specijalna vizualizacija, mentalna rotacija i specijalna percepcija. Sva prethodno navedena istraživanja su pokazala povezanost između kategorija specijalnih sposobnosti malih dimenzija.

Prilagodbeno važnost specijalne inteligencije odražava se u značajki ljudske vrste - sposobnosti izrade alata. U izradi alata je potrebno zamisliti oblik relevantan određenoj funkciji i formirati ga iz drugih oblika (Newcombe i Frick, 2010). "Slike" su glavni instrument tehnološkog izražavanja, a stvari koje možemo nacrtati su one o kojima možemo misliti (Newcomb, 2008). Stoga je vizualno-specijalna sposobnost osnovna značajka u područjima tehnike i tehnologije te je u temeljima kreativnosti (Newcomb, 2008).

Zbog čega je još važna specijalna inteligencija i njezin razvoj? Specijalna inteligencija je snažan sustavni izvor individualnih razlika (Lubinski, 2010), a programi uvježbavanja specijalnih vještina mogu igrati značajnu ulogu u obrazovanju (Uttal i sur., 2013.). Važnost specijalne inteligencije možda najizraženije ističu obrazovni psiholozi koji nužnost ranog poučavanja za njezin razvoj obrazlažu kao pitanje ravnopravnosti među učenicima (Halpern i sur., 2007, prema Reilly, Neumann i Andrews, 2017). Utvrđen je njezin značajan, čak i presudan, utjecaj na uspjeh u područjima prirodoslovlja (posebice kemije, fizike, geografije), tehnike i tehnologije (uključujući računalnu tehnologiju), inženjerstva i matematike (dakle u tzv. STEM području), zatim medicine i stomatologije (Ha i Fang, 2016; Uttal i Cohen, 2012; Lubinski, 2010; Wai, Lubinski i Benbow, 2009; Hegarty, 2007). Razina specijalne inteligencije značajna je za odabir zanimanja (Lubinski, 2010) pri čemu "obogaćena specijalna edukacija može značajno doprinijeti povećanju aktivnog sudjelovanja učenika u STEM disciplinama" (Meadow i sur., 2011; Uttal i sur., 2013). Istraživanjem iz 1964. (Smith, 1964, prema Sorby, 2009) utvrđena su 84 zanimanja u kojima specijalne vještine imaju značajnu ulogu, posebno u tehničkim i inženjerskim zanimanjima (Sorby, 2009; Onyancha, 2009; Nagy-Kondor, 2017), a danas se smatra da su specijalne vještine

temeljne za rad u 80% svih zanimanja (Katsioloudis i Stefaniak 2018). Spacijalna vizualizacija ima značajnu ulogu i u suvremenim tehnologijama kao što su geografski informacijski sustavi, biomedicinska informacijska tehnologija i robotika (Yue, 2006). Ukratko, razvoj i unaprjeđenje specijalnih vještina u interesu je svakog pojedinca u okruženju 21. stoljeća (Ingale, Srinivasan i Bairaktarova 2017).

## 2.2. Razvoj specijalne inteligencije

Čovjek se rađa s određenom razinom genetski urođene, visoko nasljedne inteligencije, a time i specijalne inteligencije (Reilly, Neumann i Andrews, 2017) koja se tijekom života razvija. Prema Piagetu (Bishop, 1978; Sorby, 1999, 2009), specijalne vještine se razvijaju u tri faze. U prvoj fazi razvijaju se topološke, prvenstveno dvodimenzijske vještine koje većina djece stječe u dobi od 3 do 5 godina. Ove vještine omogućuju prepoznavanje udaljenosti između objekata, poredak objekata u skupini i prema veličini te izdvojenost ili (ne)pripadnost objekta u odnosu na okruženje. Djeca koja mogu sastavljati slagalice obično imaju razvijenu ovu vještinu. U drugoj fazi stječe se sposobnost prostornog projiciranja, vizualizacija trodimenzijskih objekata, percipiranje izgleda iz različitih smjerova gledanja te izgled objekta pri rotaciji ili translaciji u prostoru. Većina djece obično usvoji ovu vještinu do adolescencije za objekte poznate iz svakodnevnog životnog iskustva. Za novi, prethodno nepoznat objekt ili uključivanje novih značajki poput gibanja, ova razina vizualizacije stvara teškoće mnogim učenicima srednjih škola pa čak i studentima. U trećoj fazi razvoja specijalnih vještina osobe mogu vizualizirati koncepte ploha, obujma, udaljenosti, translacije, rotacije i refleksije, te kombinirati koncepte mjerenja s vještinama projiciranja.

Među ljudima postoje razlike u specijalnim vještinama, na što, prema istraživanjima, utjecaj imaju različiti razlozi. Ipak, od brojnih utjecaja i mogućnosti vezanih uz razvoj specijalne inteligencije, kod osoba s dobro razvijenim specijalnim vještinama značajnim se pokazuje: igranje s konstrukcijskim igračkama u djetinjstvu, vještine crtanja i skiciranja, igranje 3D računalnih

igara, uključenost u sport, dobro razvijene matematičke vještine (Sorby, 1999, 2009). Kod djece u dobi od četvrte do sedme godine života posebno je značajno igranje kockicama, njihovo uspoređivanje po veličini i položaju te slaganje i kombiniranje manjih objekata u izgradnji većih (Jirout i Newcombe, 2015). Značajno je sudjelovanje djece u verbalnom izražavanju o prostornim odnosima među objektima jer je specijalna inteligencija "glavna dopuna verbalnom razmišljanju" (Newcombe i Frick 2010). Razvoj specijalnih vještina potiče se vježbom i ponavljanjem odgovarajućih aktivnosti, barem do određene razine, što je višestruko potvrđeno (Olkun, 2003; Mohler i Miller, 2009; Waller i Nadel, 2013; McGarvey i sur., 2018). Eksperimentalne studije pokazale su da se specijalna sposobnost učenika/studenata može poboljšati na svim razinama obrazovanja. Ovo se najuspješnije postiže u nižim i višim razredima osnovne škole, potom u srednjem školstvu i na fakultetima (Mann i sur., 2011; Uttal, Miller i Newcombe, 2013), te uz nešto manju uspješnost i kod odraslih osoba (McGee, 1979, prema Toker, 2018). Također, sve više je dokaza da osobe koje se smatra specijalno vještim često nisu ni približno vješte koliko bi mogle biti te da osobe sa specijalno nižim vještinama tijekom školovanja mogu postići znatno višu razinu (Newcombe i Frick, 2010).

Sadržaj tj. aktivnosti i pravovremenost su dva ključna elementa koje treba uzeti u obzir pri oblikovanju zadataka za poboljšanje specijalnih sposobnosti. (Olkun, 2003). Različite aktivnosti mogu pomoći u razvijanju specijalnih vještina te ih treba razvijati i odabrati ovisno o cilju, raspoloživom vremenu i dostupnim resursima. Aktivnosti i zadaci kojima se unaprjeđuje specijalna sposobnost često su slični onima koji se poučavaju upravo u tehničkom crtanju. Stoga razvoju specijalnih sposobnosti učenicima oba spola značajno doprinose aktivnosti tehničkoga crtanja i pritom razvijane vještine, kako za učenike osnovnoškolskog uzrasta (Smail, 1983; Olkun 2003; McGarvey i sur. 2018), tako i za studente (Adanez i Velasco, 2004; Mohler i Miller, 2009; Srinivasan, Smith i Bairaktarova, 2016; Mohler i Miller, 2009). U aktivnostima crtanja, poseban

značaj ima skiciranje, tj. prostoručno crtanje, kao vrlo korisna vještina i odlična vježba za razvoj specijalnih sposobnosti (Lieu i Sorby, 2009; Sorby, 2009; Srinivasan, Smith i Bairaktarova, 2016). Nadalje, u postupcima crtanja, razvoju specijalne inteligencije doprinosi koordinacija oka i ruke pa je važno da učenik prilikom crtanja, kada god je to moguće, ima mogućnosti manipuliranja tijelom koje crta (Sorby i Gorska, 1998; Sorby 1999, 2009; McGarvey i sur. 2018). Prema pojedinim autorima, optimalni uzrast za poučavanje i rješavanje zadataka specijalne vizualizacije smatra se dob od oko 12 godina (Beii-Chaim, Lappan, Houang, 1985, prema Olkun, 2003). U novijim radovima (McGarvey i sur. 2018), koji nisu u suprotnosti s fazama razvoja koje je iznio Piaget, predlaže se ovakav rad već s uzrastom od 6 – 8 godina. Ovakve aktivnosti uključuju fizičke i mentalne rotacije objekata (relativno jednostavnih) i njihovo prikazivanje crtežom te dinamičke transformacije kao što je presavijanje papira (u plašt tijela) i presjeci tijela ravninom. Ove aktivnosti su također bliske sadržajima i aktivnostima nastave Tehničke kulture. Ovdje valja istaknuti i neke dodatne spoznaje o razvoju specijalnih vještina. Čak i mala količina uvježbavanja može unaprijediti specijalno rezoniranje kod djece i odraslih (Uttal i sur., 2013.), odnosno, u relativno kratkom vremenu i odgovarajućim aktivnostima raspoređenim kroz nekoliko sati, može se znatno i uglavnom trajno unaprijediti određene specijalne vještine. Također, uvježbavanje jedne prostorne vještine, npr. mentalne rotacije, može dovesti do poboljšanja u drugoj, koja nije uvježbavana, npr. mentalnog presavijanja papira (McGarvey i sur., 2018).

### 2.3. Postojeće stanje

Specijalno razmišljanje se potvrđuje kao ključni oblik mišljenja, no potreba njegova razvoja u sustavu općeg obrazovanja se često previdi (Newcombe i Frick 2010). Štoviše, postojano je podcjenjivanje važnosti specijalnog razmišljanja uz naglasak na verbalnim (i analitičkim) vještinama (Sorby, 2009). Time obrazovni sustav snosi odgovornost i posljedice za izostanak

naglasak na specijalnim vještinama, za koje često i većina učitelja nije zainteresirana. Učitelji često ovakve aktivnosti smatraju djetinjastim, primitivnim i prelogijskim (Sommers, 1978, prema Sorby, 2009). Mnogi edukatori, koji u pravilu imaju visoko razvijene prostorne vještine, nemaju formalno obrazovanje potrebno za razumijevanje tih vještina, niti o tome kako ih se može djelotvorno razvijati.

Slijedom utvrđenih utjecaja, na razvoj specijalne inteligencije može se pogodno djelovati primjerenim aktivnostima učenika u nastavnim predmetima Tehnička kultura i Likovna kultura. Međutim, gledajući zastupljenost, tj. prema fondu sati ovih nastavnih predmeta, može se reći da važnost razvoja specijalne inteligencije nije dovoljno prepoznata u našem obrazovnom sustavu. Štoviše, Tehnička kultura, kao jedini nastavni predmet tehničkoga područja, zastupljena je samo u višim razredima osnovne škole s 35 sati nastave godišnje što ukupno iznosi 140 sati ili približno 2% cjelokupne osnovnoškolske nastave. U nadolazećim promjenama također nije predviđeno povećanje satnice za ove nastavne predmete. Prema još uvijek važećem nastavnom programu Tehničke kulture, razvoju specijalnih vještina učenika može se doprinositi aktivnostima crtanja pravokutnih i prostornih projekcija te plašteva tijela. Pri tomu je naglasak na usvajanju i primjeni normi u crtanju, a učenikova uspješna vizualizacija promatranog i crtanog predmeta se na određeni način podrazumijeva. No, kao što je već utvrđeno, na uspješnost u tumačenju i izradi tehničkih crteža značajno utječe razina specijalne inteligencije učenika, pri čemu postoji široki raspon razlika među učenicima. Štoviše, istraživanjima su tijekom proteklih stotinjak godina potvrdila i spolne razlike u specijalnim vještinama, najizraženije u mentalnoj rotaciji, u korist muškaraca (Sorby, 2009), a novija istraživanjima su pokazala samo tendenciju smanjivanja tih razlika (Zarevski, 2010). S obzirom na raspoloživo vrijeme u nastavi, malo se pozornosti može posvetiti razlikama i svakom učeniku omogućiti stvarno razumijevanje i vizualizaciju onoga što crta. Time se potvrđuje i gledište o zanemarivanju učeničkih individualnih razlika u specijalnim

sposobnostima u nastavi (Lubinski, 2010; Mann, 2004).

Utjecaj na uspješnost učenika imaju i različiti pristupi te redosljed usvajanja nastavnih sadržaja. Uvod u tehničko crtanje često se provodi analitičkim pristupom kojim učenici upoznaju pojedine norme crtanja, poput vrsta crta i kotiranja, nakon čega slijedi tumačenje i crtanje pravokutnih projekcija tijela. Crtanje pravokutnih projekcija uključuje probleme vizualizacije pri rotaciji tijela i primjenu normi ucrtavanjem zaklonjenih (nevidljivih) bridova u pojedinom pogledu. Potom se pristupa skiciranju i crtanju prostornih prikaza. Pri tome učitelju pozivanje na saznanja o pravokutnim projekcijama olakšava tumačenje izrade prostornog prikaza. Ovakav redosljed tema i očekivanih postignuća učenika propisuje još uvijek važeći Nastavni plan i program za osnovnu školu (MZOS, 2006), ali i novi Nacionalni kurikulum nastavnoga predmeta Tehnička kultura (MZO, 2018). Prema navedenim dokumentima uvođenje u pravokutno projiciranje provodi se u petom razredu, a prostorno prikazivanje u sedmom razredu. Isti redosljed u znatnoj mjeri prate sadržaji brojnih renomiranih domaćih i stranih naslova (udžbenici za više razine obrazovanja: Giesecke, Mitchell, i Spencer, 1961; Koludrović, 1985; Jensen, Helsel i Short, 1994; Frgić, 2005; Pandžić, 2008a i 2008b; Opalić, Kljajin i Sebastijanović, 2007; Olivo i Olivo, 2011; Madsen i Madsen, 2012). Takav redosljed pripada pristupu temeljenom na analitičkim metodama koje je lakše poučavati i vrednovati, ali nije dovoljno usmjeren taktilnoj i vizualnoj percepciji (Ferguson, 1994). Naime, crtanje pravokutnih projekcija je vrlo apstraktno za početak učenja i mnogi obrazovni psiholozi tumače da pojedinac uči upravo suprotnim redosljedom.

## **2.4. Tehnička kultura - prilika za razvoj specijalne inteligencije**

Iz prethodnih zapažanja jasno proizlazi da se upravo u nastavi Tehničke kulture pruža prilika, ali i nameće odgovornost, za učinkovito, značajno i trajno povećanje specijalnih sposobnosti svih učenika. Za ostvarivanje ishoda iz domene Dizajniranje i dokumentiranje te Tvorevine

tehnike i tehnologije (MZO, 2018) predlažu se zaokruženim aktivnostima učenika koje uz usvajanje znanja i razvoj vještina vode oblikovanju tehničkih tvorevina s visokom razinom sudjelovanja učenika u svim fazama rada. Od odabira teme uratka, kroz promišljanje izgleda tehničke tvorevine, njezinog fizičkog oblikovanja, preko izrade dokumentacije do predstavljanja gotovog uradaka. U tim aktivnostima izrada tehničkoga crteža nije sama sebi svrha već je dio šireg konteksta u čijem je središtu učenik i odabrana tehnička tvorevina.

Nasuprot postojećeg redosljeda učenja, za uvođenje učenika u tehničko crtanje postoje argumenitrani prijedlozi konkretnijeg i prirodnijeg slijeda učenja. Ovakvo učenje započinje crtanjem (skiciranjem) prostornoga prikaza tijela tj. modela s kojim učenik radi. Model je konkretan, a njegov prostorni prikaz je djelomično konkretan (Sorby, 1999a). Prostorni prikaz je lako razumljiv jer prikazuje objekt onakvim kakvim ga vidi promatrač. Time je i neiskusnim osobama omogućeno tumačenje crteža jednog tijela ili više komponenti složenog mehanizma (Olivo i Olivo, 2011). Štoviše, "izometrijski crteži mogu biti najjednostavniji od svih grafičkih prikaza ili realističnih prikaza 3D objekata" (Yue, 2006). Isti modeli crtani u prostornom prikazu se zatim koriste u crtanju pravokutnih projekcija. Tako učenici u prirodnom slijedu prelaze s konkretnog na apstraktno (Sorby, 1999a). Ovdje su osobito važne aktivnosti koordinacije oka i ruke pri manipuliranju tijelom koje učenik crta jer mu omogućuju cjelovito i konkretno sagledavanje promatranog objekta te doprinose razvoju specijalne inteligencije (Sorby i Gorska, 1998, Sorby 1999, 2009). Prijedlozi za prirodnijim slijedom sadržaja pri učenju se postupno uvažavaju u nekim udžbeničkim izdanjima u kojima prostorni prikazi prethode pravokutnim projekcijama (Lieu i Sorby, 2009; Giesecke i sur., 2016) ili se obrađuju gotovo usporedno (Delić, 2004; Žezlina i sur., 2009.). S obzirom na uzajamnu povezanost tehničkoga crtanja i specijalnih sposobnosti, skiciranje i tehničko crtanje primjenom tradicionalnoga pribora ne bi trebalo biti upitno u nastavi Tehničke kulture. Istovremeno, ostvarena poboljšanja u specijalnim

sposobnostima učenika mogu se smatrati svojevrsnim indikatorom uspješnosti nastavnoga procesa (Adanez i Velasco, 2004) pa je važno da i učitelji toga budu svjesni.

### 3. CAD i tehničko crtanje

#### 3.1. CAD - računalno potpomognuto oblikovanje

Kratica CAD u tehnici dolazi od izraza *Computer Aided Design* iz istoimenog projekta pokrenutog 1959. godine na Massachusetts Institute of Technology (MIT), sa značenjem računalno potpomognutog oblikovanja. Cilj projekta bio je definiranje postavki budućeg sustava "čovjek-stroj" namijenjenog projektiranju (Ross, 1960; Coons i Mann, 1960) koji kombinacijom kreativne snage čovjeka i analitičke snage računala (Coons, 1963) značajno smanjuje potrebe za različitim resursima u projektiranju i proizvodnji. Razvojem računalnog hardvera i softvera, razvijani su i programi namijenjeni računalno potpomognutom oblikovanju, tj. CAD programi. Njihova primjena u proizvodnji postupno je tijekom vremena pružala sve više mogućnosti koje su isprva bile vezane uz dvodimenzijско projektiranje, a zatim i trodimenzijско. Ostvarena je veća brzina projektiranja, veća preciznost, višestruka iskoristivost projekata, brža komunikacija i lakša suradnja sudionika, bolja vizualizacija računalno oblikovanih dijelova i njihovo virtualno sklapanje, različite vrste simulacija te ušteda materijala i energije. Ukratko, ostvarena je brža proizvodnja uz uštedu mnogih resursa. Stoga danas možemo reći da je ostvareno izvorno ambiciozno postavljeno značenje kratice CAD. No, u međuvremenu se izvedena kratica počela primjenjivati i u nešto drugačijim tumačenjima. Nerijetko se kratica CAD koristi kao pojam za računalno potpomognuto crtanje (*drawing*) ili skiciranje (*draughting*), pri čemu računalo prvenstveno zamjenjuje tradicionalan pribor za tehničko crtanje. Može se naići i na izraz *computer-assisted drawing*, ali istoga značenja (Chang, 2014). Proširenom oznakom CADD

naglašavaju se veće trodimenzijske mogućnosti crtanja i oblikovanja kroz interaktivnu uporabu *Computer Aided Designing and Drawing* ili *Computer Aided Draughting and Design* (Simmons i sur. 2012). Neki autori koriste oznaku CAD/CAE gdje se CAD se odnosi na područje crtanja i izrade tehničke dokumentacije, a CAE (*Computer-Aided Engineering*) na 3D modeliranje i simuliranje u računalnom okruženju virtualne stvarnosti (Kuna i sur., 2018). Primjena ovih kratica često se odnosi samo na računalni program koji omogućava računalno potpomognuto crtanje i oblikovanje, tj. CAD program. Za razliku od tumačenja prema kojima se CAD program vidi samo kao alat za crtanje, u ovome radu, kao i u izvornom značenju, CAD označava računalno potpomognuto oblikovanje uz sagledavanje šireg procesa projektiranja i primjenu brojnih mogućnosti koje suvremeni trodimenzijski CAD programi pružaju. To, između ostalog znači, da se prema zadanom problemu "istražuju različita kreativna rješenja i prevladavaju ograničenja konvencionalne mudrosti" (Hanna i Barber, 2001).

##### 3.1.1. Izravno modeliranje i modeliranje temeljeno na povijesti

Mogućnosti trodimenzijskoga modeliranja danas pružaju CAD programi u kojima se rad temelji na parametarskom modeliranju pomoću značajki (*parametric feature-based modelling*) i izravnom modeliranju (*direct modeling*).

U programu za parametarsko modeliranje pomoću značajki se uporedo s razvojem proizvoda ili projekta razvija i vremensko stablo (ili vremenska crta) u kojem se kronološki bilježe sve veličine, parametri i odnosi. Stoga se za takvo modeliranje kaže da je temeljeno na povijesti (*history-based*). Tako oblikovan model, kojem je geometrija određena specifičnim parametrima kao što je veličina, oblik i položaj može lako biti mijenjan (Madsen i Madsen, 2012), ali je potrebno prepoznati gdje se taj parametar nalazi u vremenskom stablu. Stoga u složenijim projektima ovakvo modeliranje zahtijeva od korisnika određena znanja, vještine i iskustvo (Chow, Kubota i Georgescu, 2015).

U programu za izravno modeliranje tijekom rada se ne razvija vremensko stablo (*history-free based*). Time se omogućuje jednostavnost modeliranja u početnim fazama konceptualnog oblikovanja kada se izmjenjuje više različitih "brzih i prljavih" koncepata te se olakšava rad u proširenim timovima. Izravnim modeliranjem olakšana je interoperabilnost modela i rješavanje nekih problema iz programa temeljenog na povijesti (koji može biti neprikladan u početnoj fazi industrijskoga projektiranja kada još nisu definirani svi potrebni parametri i ovisnosti među značajkama) (Chow, Kubota i Georgescu, 2015; Ault i Phillips, 2006a, 2016b). S druge strane, strategije primjene izravnog modeliranja u kasnijim fazama oblikovanja još nisu dovoljno razvijene.

Vodeći proizvođači CAD programa i suvremena industrijska proizvodnja usmjeravaju se prema hibridu izravnog modeliranja i parametarskog modeliranja temeljenog na povijesti koristeći pri tom prednosti svakoga od njih. No, čini se da ti hibridni sustavi još nisu dovoljno robusni pa je dobro upoznati mogućnosti obje tehnologije (Ault i Phillips, 2006a). Učitelji trebaju biti svjesni tih svojstava, mogućnosti i trendova, uključujući i pristupe korištenja hibridnih sustava. Pri odabiru i prije uključivanja CAD programa u nastavu, potrebno je promišljati primjerene razine, metode i koncepte njegove primjene i poučavanja u skladu s razinom i vrstom obrazovanja.

### 3.2. CAD u nastavi

Profesionalni CAD programi su od početka razvoja bili zahtjevni za učenje, zahtjevni za računalne resurse te vrlo skupi. Time su bili nedostupni i neprimjereni za rad u nastavi, čak i na visokoškolskoj razini (Pletenac, 1996). No, krajem dvadesetog stoljeća, zahtjevima stvarnog okruženja proizašlim iz tehnološkog razvoja i industrijskih potreba, tradicionalni pristup poučavanju tehničkog crtanja više nije odgovarao (Marunić i sur., 2009). Istovremeno se, postupno uz rast mogućnosti računala i računalnih programa, obrazovnim ustanovama povećavala dostupnost CAD programa, cjenovno i prema

hardverskim zahtjevima. Isprva onih specijaliziranih za (visokoškolsku) nastavu, a zatim i profesionalnih čija sve pristupačnija korisnička sučelja omogućuju jednostavniju uporabu. Stoga se posljednjih tridesetak godina računalno potpomognuto oblikovanje postupno uključuje u visokoškolsko, pa srednjoškolsko, a u nekim dijelovima svijeta i opće tehničko obrazovanje (Chester, 2007; Horvat, 2011).

Danas nastavni programi i udžbenici za tehničko crtanje i grafičko komuniciranje gotovo nezaobilazno uključuju primjenu CAD programa. U ponudi su CAD programi otvorenog koda te brojni komercijalni, profesionalni programi, koji su za edukacijske svrhe cjenovno dostupni, a neki i besplatni (Suman i Purković, 2018). Njihova jednostavnost za učenje, nasuprot dugim krivuljama učenja, uvjet je za rad u nastavi s učenicima u općeobrazovnim školama te za početno uvođenje oblikovanja računalom (Junk i Kuen 2016).

Uvođenje i primjenu računalno potpomognutog oblikovanja u sustavima obrazovanja prate različita istraživanja. Upravo je primjena 3D modeliranja u industriji utjecala na revitaliziranje interesa odgojno-obrazovnih istraživača prema specijalnim sposobnostima (Yue, 2006). Brojna istraživanja su usmjerena prema nastavi visokoškolskih grafičkih kolegija. Temeljem utvrđenih vrijednosti u razvoju specijalnih sposobnosti, tradicionalne metode i iskustva inženjerskog rada iz prošloga stoljeća se ne bi smjele zaboraviti (Dankwort i sur. 2004). Skiciranje i crtanje tradicionalnim priborom zadržano je u suvremenim pristupima gdje se provodi kombinirani programski model. Ovakav model sastavljen je od tradicionalnih sadržaja, poput pravokutnih projekcija, prostornog prikaza i presjeka s izraženim naglaskom na skiciranju te od sadržaja koji obuhvaćaju modeliranje i vizualizaciju (Marunić i Glažar, 2014; Connolly, 2009).

Znatno manji broj istraživanja, razmatra različite aspekte, pristupe i primjenu računalno potpomognutog oblikovanja u osnovnoškolskoj nastavi. Unatoč tome, rezultati analiziranih istraživanja ovdje će se uključiti u razmatranje opravdanosti mogućeg uključivanja računalno



potpomognutog oblikovanja u nastavu Tehničke kulture.

### **3.2.1. Opravdanost uvođenja računalno potpomognutog oblikovanja u nastavu Tehničke kulture**

Primjena računala u nastavi tehničkoga crtanja i oblikovanja može učenicima približiti suvremenu tehnologiju projektiranja u različitim područjima proizvodnje. Istovremeno, učitelji grafičke komunikacije, a time i učitelji tehničke kulture, imaju odgovornost upoznavanja i uključivanja novih spoznaja u nastavu determiniranu suvremenim tehnologijama (Marunić i Glažar, 2014). Time se učenicima pruža iskustvo dobrobiti zbog kojih se tehnologija primjenjuje i u profesionalnom radu: brzina izrade, višestruka iskoristivost, lakoća izmjene, vizualizacija, simulacija, suradnja. Mnogi CAD programi mogu unaprijed prikazati moguće pogreške koje mogu poboljšati prije postupka fizičke izrade (Novak i sur., 2016). Pritom uz nove tehnologije učenici imaju mogućnosti simuliranja koncepta istodobnog profesionalnog oblikovanja, razvijaju znanja i vještine u modeliranju, projektiranju i oblikovanju ideja u artefakte kroz inetraktivan proces. Također, prema nekim viđenjima, već samo iskustvo aktivnog manipuliranja slikom objekta na zaslonu računala dovoljno je za poboljšanje specijalnih sposobnosti (Chester, 2008). Otuda proizlaze prijedlozi primjene CAD programa kao pomoći (ili čak zamjene) u tradicionalnom tehničkom crtanju, kao pomoći u razvoju specijalnih vještina te kao alata za poticanje kreativnosti. Međutim, iz različitih istraživanja o utjecajima uporabe CAD programa na razvoj pojedinih kategorija specijalnih sposobnosti proizlaze i različiti zaključci. Prema jednim, samo računalno crtanje ne unapređuje sposobnosti vizualizacije (Yue, 2001), a primjenom softvera nalik CAD programu nije zabilježena značajna dobit za razvoj sposobnosti mentalne rotacije kod učenika viših razreda osnovne škole (Shavalić, 2004). Prema drugima, primjena računalnih grafika i alata za crtanje pomaže razvoju i poboljšanju sposobnosti vizualizacije (Contero i sur. 2005; Ardebili, 2006;

Turner, Alpiste i Brigos, 2015) te primjena CAD programa vodi razvoju specijalnih vještina, ali ne u onolikoj mjeri koliko se postiže skiciranjem i crtanjem uz pomoć tradicionalnog pribora (Sorby, 1999b, 2009). Istraživanja provedena na dvije ciljane obuke pokazala su značajno poboljšanje specijalnih sposobnosti sa svim geometrijskim oblicima i tipovima rotacije (Onyancha, 2009) te je ustanovljeno kako se tijekom tri sata takvog poučavanja može ostvariti značajno poboljšanje u sposobnostima mentalne rotacije (Kadam i sur. 2012). Iako su u ova dva istraživanja metode rada usmjerene na učeničku angažiranost na zadacima za poboljšanje specijalnih sposobnosti, a ne u istraživanju drugih mogućnosti i sučelja softvera, iste ili barem slične mogućnosti vizualizacije učenici ostvaruju različitim postupcima računalno potpomognutog oblikovanja. Također, utvrđeno je da primjena CAD programa pospješuje pozornost i motivaciju učenika za rad (Martin-Gutierrez i Gonzales, 2017) i pruža mogućnosti za razvoj kreativnosti (Win i Banks, 2012). Kod studenata i profesionalaca u industriji CAD utječe na poboljšanu vizualizaciju i komunikaciju, no postoji mogućnost negativnog utjecaja na kreativnost kroz preranu fiksaciju i ograničen razvoj ideja. Kao razlog negativnog utjecaja prepoznaje se kratko raspoloživo vrijeme te nedostatan poučavanje studenata prostoručnom crtanju, tj. skiciranju (Booth i sur., 2016; Robertson, Walther i Radcliffe, 2007; Walther, Robertson i Radcliffe, 2007).

Također, trodimenzijskim oblikovanjem se prevladavaju prepreke za prostorno izražavanje tijekom procesa kreativnog projektiranja, no potrebna su daljnja istraživanja odnosa primjene CAD programa i razvoja sposobnosti kreativnog razmišljanja pojedinca (Chang, 2014). Slijedom navedenog može se zaključiti da, unatoč izostanku jednoznačnih rezultata istraživanja, postoji opravdanost za uvođenje računalno potpomognutog oblikovanja u nastavu Tehničke kulture. Pri tome se moraju održavati određeni dokazani aspekti, osobito onoga za što je pokazano da poboljšava prostornu sposobnost učenika (Connolly, 2009).

### 3.2.2. Mogućnosti računalno potpomognutog oblikovanja u nastavi Tehničke kulture

Poučavanje računalno potpomognutog oblikovanja, kako u profesionalnom tako i u općem tehničkom obrazovanju, često je bilo usmjereno upoznavanju različitih mogućnosti odabranog CAD programa i njegovoj funkcionalnosti (Ozturk i sur. 2013; Win i Banks, 2012; Chester, 2008). Takav pristup se nije pokazao sasvim uspješnim jer ni u radu profesionalaca često ne rezultira odabirom najracionalnijih postupaka te nije primjeren u obveznom i općem odgoju i obrazovanju svih učenika. Za obrazovanje profesionalnih kadrova potrebno je upoznavanje CAD programa na tri razine: znanje o mogućim naredbama, vještinu primjene odabrane naredbe i strategiju odabira naredbi (Chester, 2008). Istovremeno, uz brzo i jednostavno ostvarenje projekta, treba promišljati mogućnosti lakog unošenja naknadnih izmjena. Stoga je naglasak na strateškom znanju i razvoju prilagodljivih i prenosivih vještina primjenjivih u različitim CAD programima, a ne na deklarativnom znanju o specifičnim koracima u pojedinom CAD programu. Isti naglasak treba biti i u promišljanju računalno potpomognutog oblikovanja u nastavi Tehničke kulture te primjeni kojom se potiču učeničke razvojne vještina (Chester, 2008; Ozturk i sur. 2013).

Primjena dvodimenzijskih CAD programa kojima učenici crtaju izvlačenjem linija po ekranu, umjesto po stvarnom papiru, nije se pokazala učinkovitom u odnosu na mogućnosti trodimenzijskoga modeliranja. Teorijska polazišta trodimenzijskih programa i njihove mogućnosti modeliranja impliciraju usklađenost s potrebama projektiranja i dizajniranja već u početnim fazama (Hanna i Barber, 2001). Upravo te mogućnosti značajne su za trodimenzijsko oblikovanje i početnu nastavu tehničkoga crtanja te pozitivan utjecaj na razvoj specijalnih sposobnosti učenika osnovne škole (Lieu i Sorby, 2009). Primjena trodimenzijskoga modeliranja tako da se prvo oblikuje tijelo i potom prikazuje izometrijski prikaz, može pomoći u izbjegavanju pogrešaka pri crtanju izometrijskih prikaza (Yue, 2006). Kratko upoznavanje dvodimenzijskih konstrukcijskih

tehnika može biti uključeno (Asperl, 2005), a projektiranje i 3D modeliranje može biti usmjereno prema, danas sve dostupnijem, 3D ispisu (Trumble, 2017; Huang i Lin, 2017). No, za osvarivanje ishoda postavljenih Nacionalnim predmetnim kurikulumom (MZO, 2018) u domenama Dizajniranje i dokumentiranje, te Tvorevine tehnike i tehnologije, mogućnosti programa bi trebale biti znatno šire od isključivog modeliranja za 3D ispis. Potrebne su mogućnosti izrade i kotiranja pravokutnih projekcija i prostornog (izometrijskog) prikaza modeliranoga tijela kojima će učenici upoznavati i primjenjivati norme kotiranja i crtanja u mjerilu. Primjena alata za obradu lima (*sheet metal* alati) omogućuje dobivanje plaštevica oblikovanog tijela i mogućnosti oblikovanja lima (ili papira) savijanjem u vanjski oblik tijela. Alatima za sklapanje više dijelova u dinamički sklop omogućuje se prikaz tehničke tvorevine sastavljene od više dijelova te simulacija rada pokretnog sklopa. Primjenom realističkih značajki trodimenzijskih pogleda poput boje, svjetla, sjena, površinske strukture, perspektive i animacije može se značajno poboljšati vizualne efekte za učenike.

Temeljem utvrđenih saznanja, u 5. i 6. razredu osnovne škole bi rad učenika svakako trebalo usmjeriti na usvajanje i razvoj temeljnih vještina skiciranja, primjenu tradicionalnog pribora za tehničko crtanje te fizički kontakt sa crtanim predmetom i njegovo promatranje iz različitih smjerova. U tom uzrastu primjenu računalno potpomognutog oblikovanja učenici mogu upoznavati kroz demonstraciju učiteljeva rada CAD programom i računalom (kao nastavnim pomagalom) pri modeliranju tijela (u nastavnog sredstvo, virtualno). Učitelj može brzo i djelotvorno, pred učenicima i uz projekciju na platnu, oblikovati tijelo, dodijeliti mu vrijednosti duljina, različito bojati plohe, prikazivati izgled iz različitih smjerova promatranja i pritom poučavati učenike, npr. pravokutnim projekcijama te prostornom prikazu. Može otvarati oblikovano tijelo u plašt i generirati tehničke crteže oblikovanog tijela. Nepotpune, didaktički oblikovane, tehničke crteže može ispisivati na papir i time kreirati nastavne materijale u formi

radnih listova koje učenici potom rješavaju: mjerenjem duljina i kotiranjem, docrtavanjem pravokutne projekcije koja nedostaje, ucrtavanjem zaklonjenih bridova u projekciji i drugih primjerenih aktivnosti.

U 7. i 8. razredu (ponekad i u 6. razredu, ako se vremenski može uklopiti) učenici mogu provoditi trodimenzijsko modeliranje. Aktivnosti i sadržaji pritom mogu uključivati (prema: Asperl, 2005):

- izgradnju objekata slaganjem geometrijskih tijela (kvadar, kugla, valjak, stožac, piramida i torus) i njihovim povezivanjem ih u cjelinu;
- primjenu Booleovih (algebarskih) operacija (unija, presjek i razlika) pri kombiniranju osnovnih geometrijskih tijela;
- primjenu prostornih transformacija (translacija, rotacija, zrcaljenje, skaliranje);
- oblikovanje bridova rezanjem;
- oblikovanje tijela primjenom značajke izvlačnja (*extrude*) dvodimenzijskoga oblika, iako postoje različita viđenja o primjeni ove značajke na početnoj razini učenja. Prema nekima se predlaže njezino izbjegavanje i rad isključivo s tijelima (Asperl, 2005).

Učenike je dobro poticati na isprobavanje više različitih mogućnosti što uključuje i prihvaćanje pogrešaka. Poticanjem na preuzimanja rizika, osim vrednovanja isključivo konačnog rezultata, ostvaruju se više razine postignuća i razvija kreativnost učenika (Win i Banks, 2012). Za prihvaćanje i provođenje takve nastave potrebno je i visoko pouzdanje učitelja koje se također povećava strategijama za suočavanje s pogreškama i za rješavanje problema.

U nastavi temeljenoj na projektima, kao i u stvarnom projektiranju, važnu ulogu ima suradnički rad i rješavanje problema kroz diskusiju (Win i Banks, 2012; Ostrogonac-Šešerko i sur., 2001). Današnji CAD programi omogućuju suradnju i zajednički rad više sudionika u istom projektu. Pritom učenici razvijaju suradničke vještine i istodobno se upoznaju s inženjerstvom. U takvom radu značajna je mogućnost uporabe CAD alata temeljenog na oblaku gdje se može ostvariti suradnja učenika u radu na istom

projektu kojemu učenici i učitelj mogu pristupiti s više računala. Osim toga, učitelj može i naknadno pratiti aktivnost svakog učenika uključenog u projekt jer se isto bilježi u povijesti razvoja projekta. Ukoliko je CAD program u potpunosti dostupan u oblaku kao servis (SAAS), čime se isključuje potreba njegove instalacije na računalo, učiteljima i obrazovnoj ustanovi se značajno olakšava hardverska i softverska priprema nastava te održavanje računala. Isto vrijedi i za učenike koji, kao i učitelj, mogu koristiti neko drugo računalo izvan škole (ili neki drugi prijenosni uređaj poput tableta) ukoliko to omogućuje odabrani CAD program.

### **3.2.3. Izazovi uvođenja računalno potpomognutog oblikovanja u nastavu Tehničke kulture**

Uvođenje računalno potpomognutog oblikovanja u nastavu Tehničke kulture nosi određene izazove koje je potrebno razmotriti.

Možda najveći izazov ovdje učiteljima predstavlja organizacija raspoloživog, vrlo kratkog vremena unutar nastavnog predmeta tijekom jedne nastavne godine. Istovremeno, ključno je pitanje količine vremena potrebnog za izradu crteža, modela i sklopova (Junk i Kuen 2016; Khiati, 2011; Kostić i sur., 2012). Odgovor na ovaj izazov leži upravo u brzini izrade i drugim mogućnostima koje nudi odabrani program za računalno potpomognuto oblikovanje. Naime, tijekom godina (od 5. – 8. razreda), unutar raspoloživog vremena treba odabrati aktivnosti i razine modeliranja koje su ostvarive i usmjerene ostvarenju postavljenih ishoda. Demonstracijom rada učitelja na jednostavnom primjeru uz nekoliko "klikova mišem" u odabranom, primjerenom CAD alatu, učenici će vrlo brzo prepoznati i usvojiti osnovne mogućnosti te uz malo kreativnosti (i igranja, što nije nužno loše u nastavi) oblikovati tijela tj. modele. Tim modelima se u nastavi može i treba postaviti određena ograničenja i uvjete, obzirom na zadani cilj ili u skladu s pokrenutim nastavnim projektom. Upravo mogućnost brzog oblikovanja (virtualne) tehničke tvorevine i brze izrade tehničke dokumentacije može doprinjeti kreativnijim i

kvalitetnijim rješenjima učenika u izradi fizičke tehničke tvorevine, te u ostvarivanjima postavljenih ishoda. Time, zapravo, računalno potpomognuto oblikovanje na neki način postaje potreba u nastavi Tehničke kulture.

Izazov može predstavljati odabir dostupnog i primjerenog CAD programa, a u određenim školama opremljenost računalima. Uvođenjem Informatike kao obveznog nastavnog predmeta za 5. i 6. razrede osnovne škole te opremanjem informatičkih učionica uvjet opremljenosti je vjerojatno djelomično zadovoljen, što ovisi o veličini škole i raspoloživoj opremi. Postupak odabira CAD programa ne uključuje razmatranje potrebnih financijskih sredstava jer, kao što je prethodno navedeno, nekoliko komercijalnih CAD programa dostupno je besplatno za potrebe obrazovanja. U postupku odabira treba razmotriti hardverske zahtjeve programa prema svojstvima dostupnih računala. To se uglavnom odnosi na usklađenost programa s radnim taktom procesora i operacijskog sustava računala (32-bitna ili 64-bitna računala), radnom memorijom i grafičkom karticom. Utjecaj na odabir može imati i mogućnost rada u CAD programu uporabom prijenosnih uređaja poput tableta (i pametnih telefona) te mogućnost računalnog oblikovanja putem internetskog preglednika. Ukoliko je CAD program postavljen kao internetski servis, nužna je kvalitetna internetska veza, no to isključuje potrebu instalacije programa na svako računalo, registraciju i ažuriranja. Za učitelje koji održavaju računala, ova mogućnost znači veliko rasterećenje. U odabiru i procjeni primjerenosti CAD programa važnost imaju jasan i lako razumljiv izgled grafičkog korisničkog sučelja, jednostavna i intuitivna operativnost što uključuje lakoću korištenja i strmu krivulju učenja, mogućnosti sustava kroz opseg funkcija i raspoložive geometrijske značajke, lakoća prikazivanja objekta te manipuliranje različitim pogledima. Ključno je pitanje vremena potrebnog za izradu crteža, modela i sklopova, a važna je i količina te kvaliteta dostupnih edukativnih materijala (Junk i Kuen, 2016; Khiati, 2011; Kostić i sur., 2012). Koji bi od CAD alata bio najprimjereniji za rad učenika trebaju odlučiti učitelji i školski administratori na

temelju mogućnosti (snage) softvera i zahtjevnosti za učenje (Khiati, 2011).

Izazov ujedno predstavlja odabir i primjena primjerenog nazivlja u nastavi. Područje računalno potpomognutoga oblikovanja uključuje mnoge nazive i izraze koji izvorno dolaze iz engleskog jezika. Neki od njih su prevedeni, a neki nisu. Potrebno je pažnju posvetiti uvažavanju postojećeg hrvatskoga nazivlja u primjerenom prijevodu i pažljivom uvođenju novih naziva (više u: Jurković, Hršak i Badrov, 2013).

Izazov može predstavljati i potrebno usavršavanje učitelja. Kadrovsku strukturu učitelja Tehničke kulture, uz relativno visoku razinu heterogenosti po područjima srednjoškolskog i visokoškolskog obrazovanja, sačinjava gotovo polovina učitelja s više od dvadeset godina radnog staža (Purković, 2015). Stoga je primjena računalno potpomognutog oblikovanja poznata tek manjem dijelu učitelja koji su u nastavu došli u skorije vrijeme i to iz određenih fakulteta. Iako im ta znanja i vještine donose određenu prednost, poznavanje funkcionalnosti određenog CAD programa ne može biti dovoljno za primjereno metodičko uvođenje računalno potpomognutog oblikovanja u osnovnoškolsku nastavu.

Nastavno na prethodni izazov, potrebno je razraditi i usvojiti svrhovito sadržajno i metodičko uvođenje računalno potpomognutog oblikovanja u osnovnoškolsku nastavu Tehničke kulture. Isto se ne bi smjelo svoditi na "tutorsko" predstavljanje mogućnosti određenoga računalnog programa. Neki od sadržaja i pristupa predloženi su u prethodnom dijelu.

## 4. Zaključak

Tehničko crtanje je sadržaj, sredstvo i jedna od ključnih aktivnosti u tehničkom stvaralaštvu. Razvojem tehnologije mijenjaju se i načini rada i učenja. Danas su programi za računalno potpomognuto oblikovanje dostupni za nastavu Tehničke kulture jer uz programe otvorenog koda postoje i profesionalni CAD programi koji su besplatni za potrebe obrazovanja. Nekadašnju zahtjevnost korištenja te duge krivulje učenja CAD programa zamjenjuju intuitivna korisnička sučelja

i relativno laki postupci osnovnog oblikovanja i modeliranja. Istovremeno, učitelji imaju odgovornost upoznavanja i uključivanja novih spoznaja u nastavu determiniranu suvremenim tehnologijama. Primjena računalno potpomognutog oblikovanja može kod učenika poticati razvoj specijalnih vještina, kreativnosti i kooperativnosti. Temeljem utvrđenih mogućnosti, predlaže se primjerena primjena CAD programa u nastavi Tehničke kulture uz uvažavanje dokazanih obilježja nastavnog sadržaja, osobito onoga koji poboljšava prostornu sposobnost učenika, a ne kao tečaja mogućnosti odabranog CAD programa. Za 5. i 6. razred predlaže se primjena CAD programa uglavnom u ulozi nastavnog sredstva u demonstraciji i zornom prikazivanju. U 7. i 8. razredu primjena CAD alata mogla bi biti značajno zastupljena u učeničkom oblikovanju i dokumentiranju tehničkih tvorevina. Pri tome CAD program nije zamjena za tradicionalno korištenje pribora, već pomoć u oblikovanju objekata i u postupcima izrade tehničkih crteža. Uz primjenu računalno potpomognutog oblikovanja, temeljem utvrđenih vrijednosti za razvoj specijalnih sposobnosti, skiciranje i crtanje tradicionalnim priborom u osnovnoj školi treba svakako ostati uključeno. Isto je zadržano i u suvremenim pristupima kojima se provodi kombinirani programski model na srednjoškolskoj i visokoškolskoj razini. Jedno od pitanja koja se otvaraju za buduća istraživanja primjene računalno potpomognutoga oblikovanja u osnovnoškolskoj nastavi Tehničke kulture može biti utvrđivanje optimalne vremenske zastupljenosti tradicionalnog crtanja i računalnog modeliranja u okviru raspoloživog vremena od 5. do 8. razreda.

## Literatura

- Adanez, G. P., Velasco, A.D. (2004). Training visualization ability by technical drawing. *Journal for Geometry and Graphics*, 8 (1), 107-115.
- Amirharj, H. A. (2017). The Efficiency of 1st year Mechanical Engineering Students in being exposed to both 2D and 3D CAD software versus only being exposed to 2D CAD Software: A Comparative Study. *Journal of Engineering Technology*, 4(2), 31-34, doi: 10.5176/2251-3701\_4.2.189.
- Ardebili, M. (2006). Using solid modeling and multimedia software to improve spatial visualization skills. *Proceedings of the 2006 ASEE Annual Conference & Exposition*, June 18-21, Chicago, Illinois.
- Asperl, A. (2005). How to teach CAD. *Computer-Aided Design and Applications*, 2(1-4), 459-468, doi: 10.1080/16864360.2005.10738395.
- Ault, H. K., Phillips A. D. (2016). Direct Modeling: Easy Changes in CAD? *ASEE/EDGD 70th Midyear Conference*, Daytona Beach.
- Ault, H. K., Phillips, A. D. (2016). New Directions in Solid Modeling - What Direct Modeling Means for CAD Educators. *ASEE's 123rd Annual Conference & Exposition*, New Orleans.
- Beii-Chaim, D., Lappan, G., Houang, R. T. (1985). Visualizing rectangular solids made of small cubes: Analyzing and effecting students' performance. *Educational Studies in Mathematics*, 16, 389-409.
- Bishop, J., (1978). Developing Students' Spatial Ability. *Science Teacher*, 45(8), 20-23.
- Booth, J., Taborda, E. A., Ramani, K., Reid, T. N. (2016). Interventions for teaching sketching skills and reducing inhibition for novice engineering designers. *Design Studies*, 43, 1-23.
- Chang, Y., (2014). 3D-CAD effects on creative design performance of different spatial abilities students. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30, 397-407. doi: 10.1111/jcal.12051.
- Cheng, Y.-L. (2017). The Improvement of Spatial Ability and its Relation to Spatial Training. In: Khine, M. S. (ed.) *Visual-spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice*. Abu Dhabi: Emirates College for Advanced Education.

- Chester, I. (2007). 3D-CAD: Modern Technology - Outdated Pedagogy? *Design and Technology Education: an international Journal*, 12(1), 8-10.
- Chester, I. (2008). 3D-CAD: Modern Technology - Outdated Pedagogy? In Middleton, H., Pavlova, M. (Eds.), *5th Biennial International Conference on Technology Education Research. Exploring Technology Education: Solutions to issues in a globalised world*. Brisbane: Griffith Institute for Educational Research.
- Chow, P., Kubota, T., Georgescu, S. (2015). Automatic Detection of Geometric Features in CAD models by Characteristics. *Computer-Aided Design and Applications*, 12(6), 784-793.
- Connolly, P. (2009). Spatial Ability Improvement and Curriculum Content. *Proceedings of the 63rd Annual ASEE/EDGD Mid-Year Conference*, Berkeley, California.
- Contero, M., Naya, F., Company, P., Saorin, J. L., Conesa, J. (2005). Improving Visualization Skills in Engineering Education. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(5), 24-31. doi:10.1109/mcg.2005.107.
- Coons, S. A., Mann, R. W. (1960). Computer-Aided Design Related to the Engineering Design Process: Technical Memorandum 8436-TM-5. Cambridge: M.I.T. Electronic Systems Laboratory.
- Coons, S. A. (1963). An Outline of the Requirements for a Computer-aided Design System. *AFIPS Conference Proceedings*. Vol 23. 1963 Spring Joint Computer Conference, Detroit, May 1963, 299-304.
- Dankwort, C. W., Weidlich, R., Guenther, B., Blaurock, J. E. (2004). Engineers' CAx education-it's not only CAD. *Computer-Aided Design*, 36, 1439-1450. doi:10.1016/j.cad.2004.02.011.
- Delić, V. (2004). *Osnove grafičkog komuniciranja*. Zagreb: Školska knjiga.
- Ferguson, E. S. (1994). *Engineering and the Mind's Eye*. Cambridge: The MIT Press.
- Frgić, V. (2005). *Uvod u tehničko crtanje namještaja udžbenik za 1. razred drvodjeljskih škola*. Zagreb: Element.
- Gardner, H. (1993). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. NY: BasicBooks.
- Gardner, H., Kornhaber, M. L., Wake, W. K. (1999). *Inteligencija: različita gledišta*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- Giesecke, F. E., Mitchell, A., Spencer, H. C. (1961). *Technical Drawing*. London: The Macmillan Company.
- Giesecke, F. E., Lockhart, S., Goodman, M., Johnson, C. M. (2016). *Technical Drawing with Engineering Graphics: 15th Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Goetsch, D. L., Nelson, J. A., Chalk, W. S. (1989). *Technical drawing: Fundamentals, C.A.D., Design*. New York: Delmar Publishers.
- Ha, O., Fang, N. (2016). Spatial Ability in Learning Engineering Mechanics: Critical Review. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(2).
- Hanna, R., Barber, T. (2001). An inquiry into computers in design: attitudes before-attitudes after. *Design Studies*, 22(3), 255-281.
- Hegarty, M., Montello, D. R., Richardson, A. E., Ishikawa, T., Lovelace, K. (2009). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence*, 34(2), 151-176.
- Hegarty, M., Keehner, M., Cohen, C. A., Montello, D. R., Lippa, Y. (2007). The role of spatial cognition in medicine: Applications for selecting and training professionals. In Allen, G. L. (ed.), *Applied spatial cognition: From research to cognitive technology*, New Jersey Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 285-315.
- Horvat, M. (2011). Analiza implementacije CAD sustava u obrazovnom procesu. *Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu*, 2(2).

- Huang, T-C., Lin, C-Y. (2017). From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model. *Telematics and Informatics*, 34(2), 604-613.
- Ingale, S., Srinivasan, A., Bairaktarova, D. (2017). CAD platform independent software for automatic grading of technical drawings. *Proceedings of the ASME 2017 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*.
- Jansen, P. (2009). The dissociation of small- and large-scale spatial abilities in school-age children. *Perceptual and Motor Skills*, 109(2), 357-361. doi: 10.2466/PMS.109.2.357-361.
- Jensen, C. H., Helsel, J. D., Short, D. R. (1994). *Engineering Drawing & Design: Seventh Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Jirout, J. J., Newcombe, N. S. (2015). Building Blocks for Developing Spatial Skills: Evidence From a Large, Representative U.S. Sample. *Psychological Science* 2015, 26(3), 302-310.
- Junk, S., Kuen, C. (2016). Review of Open Source and Freeware CAD systems for Use with 3D-Printing. *26th CIRP Design Conference. Procedia CIRP*, 50, 430-435. doi: 10.1016/j.procir.2016.04.174.
- Jurković, I., Hršak, B., Dadrov, T., (2013). Nazivlje sinkrone tehnologije računalno potpomognutoga oblikovanja. *Tehnički glasnik*, 7(2), 116-121.
- Kadam, K., Sahasrabudhe, S., Iyer, S. (2012). Improvement of Mental Rotation Ability using Blender 3-D. *2012 IEEE Fourth International Conference on Technology for Education*, doi:10.1109/T4E.2012.28.
- Katsioloudis, P. J., Stefaniak, J. E. (2018). Effectiveness of Drafting Models for Engineering Technology Students and Impacts on Spatial Visualization Ability: An Analysis and Consideration of Critical Variables. *Journal of Technology Education*, 29(2), 91-106.
- Khiati, S. (2011). CAD and 3D visualization software in design education: is one package enough? *Journal of Engennering & Applied Sciences*, 3(2), 91-100.
- Khine, M. S. (2017). Spatial Cognition: Key to STEM Success. In Khine, M. S. (ed.), *Visual-spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice*. Abu Dhabi: Emirates College for Advanced Education.
- Koludrović, Č. (1985). *Tehničko crtanje u slici s osnovnim vježbama*. Beograd: Naučna knjiga.
- Kostić, Z., Radaković, D., Cvetković, D., Trajković, S., Jevremović, A. (2012). Comparative Study of CAD Software, Web3D Technologies and Existing Solutions to Support Distance-Learning Students of Engineering Profile. *International Journal of Computer Science Issues*, 9(4), 181-187.
- Kuna, P., Hašková, A., Palaj, M., Skačan, M., Záhorec, J. (2018). How to Teach CAD/CAE Systems. *International Journal of Engineering Pedagogy (ijEP)*, 8(1), 148-162. doi: 10.3991/ijep.v8i1.8185
- Lubinski, D. (2010). Spatial ability and STEM: A sleeping giant for talent identification and development. *Personality and Individual Differences*, 49(4), 344-351. doi:10.1016/j.paid.2010.03.022.
- Lieu, D., Sorby, S. (2009). *Visualization, Modeling, and Graphics for Engineering Design*. New York: Delmar Cengage Learning.
- Madsen, D. A., Madsen, D. P. (2012). *Engineering Drawing and Design, Fifth Edition*. New York: Delmar Cengage Learning.
- Mann, R. L. (2004). Gifted students with spatial strengths and sequential weaknesses: An overlooked and underidentified population. *Roepers Review*, 27(2), 91-96, doi: 10.1080/02783190509554296.
- Mann, E. L., Mann, R. L., Strutz, M. L., Duncan, D., Yoon, S. Y. (2011). Integrating Engineering Into K-6 Curriculum: Developing Talent in the STEM Disciplines. *Journal of Advanced Academics*, 22(4), 639-658.

- Martin-Gutierrez, J., Gonzalez, M. M. A. (2017). Ranking and Predicting Results for Different Training Activities to Develop Spatial Abilities. In Khine, M. S. (ed.), *Visual-spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice*. Abu Dhabi: Emirates College for Advanced Education. doi: 10.1007/978-3-319-44385-0\_11.
- Marunić, G., Glažar, V., Gregov, G. (2009). 3D Solid Modelling Inclusion in Engineering Graphics Course. *Strojarstvo*, 51(6), 667-675.
- Marunić, G., Glažar, V. (2014). Improvement and assessment of spatial ability in engineering education. *Engineering Review*, 34(2), 139-150.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918.
- Meadow, N., Uttal, D., Tipton, E., Newcombe, N. (2011). Training Spatial Skills: What works, for Whom, and for How Long? *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 33, 2260.
- Miller, D. I., Halpern, D. F. (2013). Can spatial training improve long-term outcomes for gifted STEM undergraduates? *Learning and Individual Differences*, 26, 141-152.
- Mohler, J. L., Miller, C. L. (2009). Improving spatial ability with mentored sketching. *Engineering Design Graphics Journal*, 72(1), 19-27.
- MZOS (2006). *Nastavni plan i program za osnovnu školu*. Zagreb: Ministarstvo znanosti obrazovanja i športa.
- MZO (2018). *Nacionalni kurikulum nastavnoga predmeta Tehnička kultura*. Preuzeto 28. 4. 2018. sa [https://mzo.hr/sites/default/files/dokumenti/2018/OBRAZOVANJE/Nacionalni-kurikulumi/tehnicka\\_kultura\\_nakon\\_recenzije\\_ozujak\\_2018.pdf](https://mzo.hr/sites/default/files/dokumenti/2018/OBRAZOVANJE/Nacionalni-kurikulumi/tehnicka_kultura_nakon_recenzije_ozujak_2018.pdf).
- McGarvey, L., Luo, L., Hawes, Z., Spatial Reasoning Study Group (2018). Spatial Skills Framework for Young Engineers. In English, L. D., Moore, T. (eds.), *Early Engineering Learning*, Early Mathematics Learning and Development, Singapore: Springer, 53-82.
- Nagy-Kondor, R. (2017). Spatial Ability: Measurement and Development. In: Khine, M. S. (ed.), *Visual-spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice*. Abu Dhabi: Emirates College for Advanced Education
- Newcomb, J. (2008). Young pupils and visual-spatial ability/intelligence. *Design and Technology Education: an International Journal*, 12(1), 10-22.
- Newcombe, N. S., Frick, A. (2010). Early education for spatial intelligence: Why, what, and how. *Mind, Brain, and Education*, 4(3), 102-111. doi:10.1111/j.1751-228X.2010.01089.x
- Newcombe, N. S., Shipley, T. F. (2015). Thinking About Spatial Thinking: New Typology, New Assessments. In Gero, J. S. (ed.), *Studying visual and spatial reasoning for design creativity*, Dordrecht: Springer, 179-192.
- Novak, M., Joksimović, D., Pešić, M. Petrović, V. (2016). Design of the tracksuit and computer simulation of prototype. *Textile Science and Economy VIII, 8th International Scientific-Professional Conference*, Zrenjanin, Serbia, 231-238.
- Onyancha, R. M., Derov, M., Kinsey, B. L. (2009). Improvements in Spatial Ability as a Result of Targeted Training and Computer-Aided Design Software Use: Analyses of Object Geometries and Rotation Types. *Journal of Engineering Education*, 98(2), 157-167.
- Opalić, M., Kljajin, M., Sebastijanović, S. (2007). *Tehničko crtanje: Sveučilišni udžbenik*. Čakovec: Zrinski.
- Olivo, T. P., Olivo, C. T. (2011). *Basic Blueprint Reading and Sketching, Ninth Edition*. New York: Delmar Cengage Learning.



- Olkun, S. (2003). Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 3(1), 1-10.
- Ostrogonac-Šešerko, R., Toralba, M. S., Inelmen, E., Pletenac, L., Lee, S-E. (2001). Visual Communication Curricula for the Global Engineers. *KoG Scientific and Professional Journal of the Croatian Society for Geometry and Graphics*, 5(5), 65-71.
- Ozturk, E., Yalvac, B., Peng, X., Valverde, L. M., McGary, P. D., Johnson, M. (2013). Analysis of Contextual Computer-aided Design (CAD) Exercises. *120th ASEE Annual Conference & Exposition, Conference Proceedings*.
- Pandžić, J. (2008). *Tehničko crtanje 1, udžbenik s multimedijskim sadržajem za tehničko crtanje i nacrtanu geometriju za 1. razred tehničkih škola u području strojarstva i brodogradnje*. Zagreb: Neodidacta.
- Pandžić, J. (2008). *Tehničko crtanje i dokumentiranje, udžbenik s multimedijskim sadržajem za 1. razred elektrotehničkih škola*. Zagreb: Neodidacta.
- Pletenac, L. (1996). Novi aspekti nastave u nacrtnoj i primijenjenoj geometriji. *KoG - Scientific and Professional Journal of the Croatian Society for Geometry and Graphics*, 1(1), 31-34.
- Petz, B. i dr. (1992). *Psihologijski rječnik*. Zagreb: Prosvjeta.
- Reilly, D., Neumann, D. L., Andrews, G. (2017). Gender Differences in Spatial Ability: Implications for STEM Education and Approaches to Reducing the Gender Gap for Parents and Educators. In Khine, M. S. (ed.), *Visual-spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice*. Abu Dhabi: Emirates College for Advanced Education.
- Robertson, B. F., Walther, J., Radcliffe, D. F. (2007). Creativity and the Use of CAD Tools: Lessons for Engineering Design Education From Industry. *Journal of Mechanical Design*. 129(7), 753-760. doi:10.1115/1.2722329.
- Ross, D. T. (1960). Computer-Aided Design: A Statement of Objectives: Technical Memorandum 8436-TM-4. Cambridge: M.I.T. Electronic Systems Laboratory.
- Ross, D. T., Rodriguez J. E. (1963). Theoretical Foundations for the Computer-Aided Design System. AFIPS Conference Proceedings, Vol 23. 1963 Spring Joint Computer Conference, Detroit, 305-322.
- Rutland, M. (2009). Art and Design and Design and Technology: Is there creativity in the designing? *Design and Technology Education: an International Journal*, 14(1), 56-67.
- Seitamaa-Hakkarainen, P., Kangas, K., Raunio, A-M., Hakkarainen, K. (2012). Collaborative Design Practices in Technology Mediated Learning. *The journal of design and technology education*, 17 (1), 54-65.
- Shavaliar, 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
- Smail, B. (1983). Spatial visualization skills and technical crafts education. *Educational Research*, 25(3), 230-231. doi: 10.1080/0013188830250310
- Smith, I. M. (1964). *Spatial ability - Its educational and social significance*. London: University of London.
- Sorby, S. A. (1999). Developing 3D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63(2), 21-32.
- Sorby, S. A. (1999). Spatial Abilities and Their Relationship to Computer Aided Design Instruction. 1999 ASEE, dostupno na <https://peer.asee.org/spatial-abilities-and-their-relationship-to-computer-aided-design-instruction.pdf>.
- Sorby, S. A. (2009). Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students. *International Journal of Science*

- Education*, 31(3), 459-480. doi: 10.1080/09500690802595839
- Sorby, S. A., Gorska, R. A. (1998). The Effect of Various Courses and Teaching Methods on the Improvement of Spatial Ability. *Proceedings of the 8th International Conference on Engineering Design Graphics and Descriptive Geometry / 8th ICECGDG* (ur.) Austin, 252-256.
- Srinivasan, A., Smith, J. D., Bairaktarova, D. (2016). Identifying Freehand Sectional View Technical Drawing Activities in Engineering Design Graphics Course to Enhance Spatial Skills of Engineering Students. *Proceedings of the ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*.
- Suman, D., Purković, D. (2018). Application of CAD tools in general technology education. *Proceedings of the 21th International Science Symposium. Portorož*, 15-15.
- Torner, J., Alpiste, F., Brigos, M., (2015). Spatial Ability in Computer-Aided Design Courses. *Computer-Aided Design & Applications*, 12(1), 36-44.
- Trifunović A., Čičević S., Lazarević D., Dragović M., Čučaković A. (2019). Challenges and Promises of Mobile Devices Usage for Spatial Visualization Skills Assessment in Technical Drawing for Engineering Course. In Cocchiarella L. (ed.), *ICGG 2018 - Proceedings of the 18th International Conference on Geometry and Graphics. ICGG 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 809. Springer, Cham.
- Trumble, J. (2017). 3D digital design and elementary students' spatial visualization skills. In Resta P., Smith S. (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*. Austin, TX, United States: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 114-117.
- Tuker, C. (2018). Training Spatial Skills with Virtual Reality and Augmented Reality. In Lee N. (ed.) *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*. Springer, Cham.
- Uttal, D. H., Cohen, C. A. (2012). Spatial thinking and STEM education: When, why and how? In Ross, B. H. (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, 57, San Diego: Academic Press, 147-181.
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352-402. doi:10.1037/a0028446.
- Uttal, D. H., Miller, D. I., Newcombe, N. S. (2013). Exploring and Enhancing Spatial Thinking: Links to Achievement in Science, Technology, Engineering, and Mathematics? *Current Directions in Psychological Science*, 22(5), 367-373.
- Wai, J., Lubinski, D., Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835.
- Waller, D., Nadel, L. (2013). *Handbook of Spatial Cognition*. Washington: American Psychological Association.
- Walther, J., Robertson, B. F., Radcliffe, D. F. (2007). Creativity and the Use of CAD Tools: Lessons for Engineering Design Education From Industry. *Journal of Mechanical Design*, 129(7), 753-760. doi:10.1115/1.2722329.
- Wang, L., Cohen, A. S., Carr, M. (2014). Spatial ability at two scales of representation: A meta-analysis. *Learning and Individual Differences*, 36, 140-144.
- Wang, L. (2017). Various Spatial Skills, Gender Differences and Transferability of Spatial Skills. In Khine, M. S. (ed.), *Visual-spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice*. Abu Dhabi: Emirates College for Advanced Education.
- Winn, D., Banks, F. (2012). CAD and Creativity - A New Pedagogy. *Pupils' Attitudes Towards*

*Technology PATT26 Conference, Technology Education in the 21st Century*. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. In Ginner, T., Hallström, J., Hultén, M. (Eds.), pp. 330-340. Linköping, Sweden: Linköping University Electronic Press, Linköpings universitet.

Yue, J., Chen, D. (2001). Does CAD Improve Spatial Visualization Ability? *Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. ASEE Annual Conference Proceedings, 3943-3950.

Yue, J. (2006). Spatial Visualization by Isometric Drawing. *Engineering Design Graphics Journal*, 71(2), 5-19.

Zarevski, P., Matešić, K. (2010). Kognitivne spolne razlike: jučer, danas, sutra. *Društvena istraživanja*, 19(4-5)(108-109), 797-819.

Žezlina, B., Srdić, I., Pavić, D., Mikulaj, K. (2009). *Priručnik za tehničko crtanje u osnovnoj školi*. Zagreb: Alfa.

*envisage the compulsory acquisition of digital competences of students, which also encourages the introduction of CAD in general education. This paper analyzes the relationships between technical designing (drawing), spatial intelligence and computer aided design with the aim of considering the justification, possibilities and challenges of introducing such content into the teaching of Technical Culture. Based on the analysis of the results of the research, the meaning of these contents for the development of pupils is discussed, and the possibilities for applying CAD in the course of Technical Culture are presented. In the end, guidance is provided for future research of the using CAD in Technical Culture teaching.*

**Keywords:** *technical drawing; spatial intelligence; computer aided design; technology teaching; CAD.*

## **Technical Drawing, Spatial Intelligence and CAD in General Education - Justifiability, Needing, Opportunity, Challenge**

### **Abstract**

*Technical drawing and graphic communications are an inescapable part of the development of technical creativity as well a part of general technology education. Computer-aided design (CAD) has been developing and used in the industry for almost six decades. For the past thirty years, CAD is gradually included in secondary and higher education, but also in general technology (technical) education in some parts of the world. Various studies have been conducted in this regard, which problematize the use of CAD programs in teaching. However, the former practice of the Croatian system of general and compulsory education did not include the application of these contents in teaching. Current changes in compulsory education in Croatia*