

Usklađivanje predložaka za tehničko crtanje u CAD alatima

Marciuš, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:892043>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-03**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Marin Marciuš

Zagreb, 2025.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Tomislav Martinec, mag. ing. mech.

Student:

Marin Marcioš

Zagreb, 2025.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Tomislavu Martinecu na pruženoj pomoći prilikom izrade završnog rada.

Zahvaljujem se svojim roditeljima Sanji i Siniši na strpljenju i podršci tijekom studiranja.

Također, želim se zahvaliti prijateljima i rodbini na moralnoj podršci tijekom studiranja.

Marin Marciuš



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite



Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 25 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 25 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Marin Marciuš**

JMBAG: 0035233753

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Usklađivanje predložaka za tehničko crtanje u CAD alatima**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Harmonization of technical drawing templates in CAD tools**

Opis zadatka:

Predložci za tehničko crtanje na računalu koji se koriste u nastavi Fakulteta strojarstva i brodogradnje većim su dijelom zastarjeli i nisu u potpunosti usklađeni s pravilima tehničkog crtanja propisanim važećim normama. Osim toga, podrška u obliku predložaka dostupna je samo za ograničeni broj programa za konstruiranje potpomognuto računalom (tzv. CAD alata) te obuhvaća samo osnovne elemente poput okvira i zaglavlja crteža. Korisnik predložaka je najčešće sam zadužen za prilagodbu postavki poput vrste i širine crta, načine projiciranja te korištenog znakovlja i oznaka, što otežava ujednačavanje izgleda crteža i dosljedno praćenje propisanih pravila. Stoga je cilj ovog završnog rada uskladiti zahtjeve koji proizlaze iz normi tehničkog crtanja i potreba studenata i nastavnika te izraditi niz različitih predložaka za tehničke crteže koji će se moći koristiti u nastavi i biti kompatibilni s različitim CAD alatima.

U radu je potrebno:

- Provesti detaljan pregled važećih normi vezanih uz tehničko crtanje s posebnim naglaskom na oblikovanje različitih elemenata tehničkih crteža.
- Provesti analizu dosadašnjih tehničkih crteža izrađenih u okviru završnih i diplomskih radova na Fakultetu s ciljem identificiranja postojećih praksi i najčešćih pogrešaka koje se javljaju pri oblikovanju tehničkih crteža.
- Proučiti pripremu predložaka tehničkih crteža i pripadajućih postavki u različitim CAD alatima.
- Pripremiti niz predložaka za tehničke crteže različitih vrsta (radionički, sklopni itd.) i standardnih formata (A4, A3 itd.), uključujući propisane okvire, zaglavlja i sastavnice.
- Implementirati postavke tehničkih crteža, uključujući vrste i širine crta, načine projiciranja, znakovlje, oznake i druge elemente propisane normama.
- Testirati funkcionalnost i praktičnu primjenu izrađenih predložaka.

Opseg provedenih analiza i razrade predložaka bit će dogovoren s mentorom tijekom izrade rada.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

30. 11. 2024.

1. rok: 20. i 21. 2. 2025.
2. rok: 10. i 11. 7. 2025.
3. rok: 18. i 19. 9. 2025.

1. rok: 24. 2. – 28. 2. 2025.
2. rok: 15. 7. – 18. 7. 2025.
3. rok: 22. 9. – 26. 9. 2025.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Doc. dr. sc. Tomislav Martinec

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	VI
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY	IX
1. UVOD.....	1
1.1. Opis problema	2
1.2. Doprinos rada	3
2. PREGLED RELEVATNIH NORMI TEHNIČKOG CRTANJA	4
2.1. Pregled norme HRN EN ISO 5457:2008	4
2.1.1. Format crteža	4
2.1.2. Okvir crteža.....	5
2.1.3. Sustav referentne mreže	5
2.1.4. Oznake za centriranje.....	7
2.1.5. Oznake za obrezivanje	7
2.1.6. Naslovni blok prema normi HRN EN ISO 5457:2008	7
2.2. Pregled normi vezanih uz naslovni blok	8
2.2.1. Identifikacijska polja u naslovnom bloku	8
2.2.2. Opisna polja u naslovnom bloku.....	9
2.2.3. Administrativna polja u naslovnom bloku	9
2.3. Pregled norme vezane uz sastavnicu.....	10
2.3.1. Popunjavanje sastavnice	11
2.4. Pregled normi relevantnih za postavke tehničkog crtanja	12
2.4.1. Tehničko pismo.....	12
2.4.2. Mjerila.....	12
2.5. Načini projiciranja.....	13
2.5.1. Tip i širina crta	13
2.6. Načini označavanja presjeka i detalja	15
2.6.1. Šrafure.....	15
2.6.2. Kotiranje	16
2.6.3. Tolerancije, odstupanja i dosjedi	16
2.6.4. Tablica tolerancija.....	17

2.6.5. Označivanje pozicija	19
3. ANALIZA PRAKSI TEHNIČKOG CRTANJA NA FSB-U	20
3.1. Usklađenost postojećih predložaka za tehničko crtanje s normama	20
3.2. Pregled studentskih radova i načina korištenja predložaka	22
3.3. Prikupljanje uvida u potrebe za predloške tehničkog crtanja od nastavnika na FSB-u 23	
3.4. Specifikacija za izradu novih predložaka.....	25
4. IZRADA NOVIH PREDLOŽAKA ZA TEHNIČKO CRTANJE	30
4.1. <i>SolidWorks</i>	30
4.1.1. Izrada okvira za crtanje i sustava referentne mreže	30
4.1.2. Izrada naslovnog bloka i sastavnice.....	32
4.1.3. Izrada postavki za tehničko crtanje.....	34
4.1.4. Opis načina spremanja predložaka.....	40
4.1.5. Opis načina kako se moraju koristiti novi predlošci	41
4.2. <i>AutoCAD</i>	43
4.2.1. Kreiranje slojeva i podešavanje postavki crtanja.....	43
4.2.2. Izrada predložaka za tehničko crtanje.....	45
4.2.3. Opis načina spremanja predložaka.....	48
4.2.4. Opis načina kako se moraju koristiti novi predlošci	50
4.3. <i>Onshape</i>	51
4.3.1. Izrada predložaka za crtanje.....	51
4.3.2. Izrada postavki za tehničko crtanje.....	52
4.3.3. Opis načina spremanja predložaka za crtanje	54
4.3.4. Opis načina kako se moraju koristiti novi predlošci	55
5. ZAKLJUČAK.....	56
LITERATURA.....	57
PRILOZI.....	59

POPIS SLIKA

Slika 1.	Prikaz skice (lijevo) [1] i tehničkog crteža (desno) [2]	1
Slika 2.	Dimenzije, usmjerenje papira i okvira za crtanje	4
Slika 3.	Okvir crteža	5
Slika 4.	Crtež formata A3 s okvirom, sustavom referentne mreže i oznakama za centriranje	6
Slika 5.	Crtež formata A4 s okvirom, sustavom referentne mreže i oznakama za centriranje	6
Slika 6.	Oznake za obrezivanje.....	7
Slika 7.	Pozicioniranje naslovnog bloka.....	7
Slika 8.	Europski (lijevo) i američki (desno) način projiciranja.....	13
Slika 9.	Različiti tipovi i širine crta	13
Slika 10.	Označavanje presjeka	15
Slika 11.	Označavanje detalja.....	15
Slika 12.	Različiti načini šrafitiranja.....	16
Slika 13.	Dijelovi kote	16
Slika 14.	Oblici završetka strelica kote	16
Slika 15.	Granične izmjere	17
Slika 16.	Prikaz dosjeda.....	17
Slika 17.	Označavanje dijelova sklopa pozicijom	19
Slika 18.	FSB-ov predložak za crtanje	20
Slika 19.	Naslovni blok sa FSB-ovog predloška za crtanje.....	21
Slika 20.	Popunjavanje podatkovnih polja u naslovnom bloku.....	22
Slika 21.	Okvir crteža za formate papira od A4 do A0	26
Slika 22.	Novi naslovni blok verzija 1	27
Slika 23.	Novi naslovni blok verzija 2	28
Slika 24.	Važeći vizualni identitet FSB-a.....	28
Slika 25.	Nova sastavnica	29
Slika 26.	Unošenje dimenzija papira	30
Slika 27.	Odabir naredbe Edit sheet format.....	30
Slika 28.	Parametri okvira	31
Slika 29.	Parametri sustava referentne mreže.....	31
Slika 30.	Podošavanje veličine teksta	31
Slika 31.	Okvir crteža, sustav referentne mreže i linije za centriranje na formatu papira A3.	32
Slika 32.	Mogućnost popunjavanja naslovnog bloka verzije 1	32

Slika 33.	Mogućnost popunjavanja naslovnog bloka verzije 2	33
Slika 34.	Okvir za uređivanje bilješke.....	33
Slika 35.	Povezivanje bilješke s vlasništvom	34
Slika 36.	Mogućnost ppunjavanja sastavnice	34
Slika 37.	Postavke slojeva crteža.....	34
Slika 38.	Izrada slojeva.....	35
Slika 39.	Alatna traka	35
Slika 40.	Postavke dokumenta.....	35
Slika 41.	Promjena fonta i veličine teksta	36
Slika 42.	Promjena mjernih jedinica.....	36
Slika 43.	Promjena širine crte za vidljive bridove.....	37
Slika 44.	Postavke vezane uz kotiranje	37
Slika 45.	Parametri pomoćnog pogleda.....	38
Slika 46.	Parametri detalja.....	38
Slika 47.	Parametri presjeka	39
Slika 48.	Parametri presjeka - nastavak.....	39
Slika 49.	Parametri ortografskog pogleda	39
Slika 50.	Parametri ostalih pogleda	40
Slika 51.	Konstruktivsko stablo	40
Slika 52.	Povezivanje lista s okvirom i zaglavljom.....	41
Slika 53.	Otvaranje <i>SolidWorksa</i>	42
Slika 54.	Odabir predložka za crtanje.....	42
Slika 55.	Kreiranje slojeva u AutoCAD-u.....	43
Slika 56.	Postavljanje zadanog fonta i veličine slova u AutoCAD-u.....	43
Slika 57.	Okvir za uređivanje kota u AutoCAD-u.....	44
Slika 58.	Promjena veličine strelica u AutoCAD-u.....	44
Slika 59.	Promjena veličine teksta na kotama u AutoCAD-u	45
Slika 60.	Okvir crteža, sustav referentne mreže za format A3 papira u AutoCAD-u	45
Slika 61.	Naslovni blok u AutoCAD-u.....	46
Slika 62.	Sastavnica u u AutoCAD-u	46
Slika 63.	Atributi u AutoCAD-u.....	46
Slika 64.	Stvaranje bloka u AutoCAD-u	47
Slika 65.	Mijenjanje atributa u AutoCAD-u.....	47
Slika 66.	Poboljšani uređivač atributa	48

Slika 67.	Upravitelj postavljanja stranice	48
Slika 68.	Postavljanje nove stranice u AutoCAD-u	49
Slika 69.	Postavke postavljanja nove stranice u AutoCAD-u	49
Slika 70.	Alatna traka, naredba Ubaci i naslovni blok u AutoCAD-u.....	50
Slika 71.	Predložak za crtanje formata papira A3 u AutoCAD-u	50
Slika 72.	Prilagodba parametara za predložak u Onshapeu.....	51
Slika 73.	Predložak u Onshapeu	52
Slika 74.	Postavke kotiranja u Onshapeu	52
Slika 75.	Postavke teksta u Onshapeu	53
Slika 76.	Postavke širina crta u Onshapeu.....	53
Slika 77.	Postavke crteža u Onshapeu	53
Slika 78.	Postavke tablica u Onshapeu	54
Slika 79.	Potvrda parametara spremanja u Onshapeu	54
Slika 80.	Odabir predloška u Onshapeu	55

POPIS TABLICA

Tablica 1. Dimenzije papira i prostora za crtanje.....	5
Tablica 2. Broj polja sustava referentne mreže za određeni format papira	7
Tablica 3. Identifikacijska polja u naslovnom bloku	8
Tablica 4. Opisna polja u naslovnom bloku	9
Tablica 5. Administrativna polja u naslovnom bloku	10
Tablica 6. Podaci u sastavnici	11
Tablica 7. Preporučena mjerila.....	12
Tablica 8. Tip crte i njihova uporaba	14
Tablica 9. Geometrijske tolerancije.....	17
Tablica 10. Područje nazivnih izmjera za linearne dimenzije osim za polumjere zaobljena i skošene rubove	18
Tablica 11. Područje nazivnih mjera za polumjere zaobljena i skošene rubove	18
Tablica 12. Područje nazivnih mjera za kutne dimenzije.....	18

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BB 000 00 PREDLOŽAK A4

CC 000 00 PREDLOŽAK A4

DD 000 00 PREDLOŽAK A3

EE 000 00 PREDLOŽAK A3

SAŽETAK

Završni rad uključuje pregled važećih normi tehničkog crtanja i njihovu usporedbu s trenutnim predlošcima i praksama tehničkog crtanja na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, na temelju čega su predloženi novi predlošci za različite CAD sustave. U uvodnom poglavlju objašnjena je važnost tehničkog crtanja te je opisana potreba da se računalna izrada tehničkih crteža na fakultetu uz norme prilagodi i nastavnim potrebama. U drugom je poglavlju pružen detaljan pregled normi vezanih uz format papira, dimenzije okvira za crtanje, sustava referentne mreže, naslovnog bloka i sastavnice. Drugo poglavlje također sadržava i opis normi vezanih uz tehničko pismo, mjerila, načine projiciranja, tip i širinu crta, šrafure, kotiranje, tolerancije, odstupanja, tablicu tolerancija i označavanje pozicija koje su poslužile u izradi postavki tehničkog crteža kojima se osigurava usklađena tehnička dokumentacija. U trećem poglavlju dana je usporedba trenutnih predložaka za tehničko crtanje na fakultetu s normama iz drugog poglavlja. Uz to je provedeno i istraživanje praksi popunjavanja naslovnih blokova i sastavnica crteža koje studenti fakulteta izrađuju u okviru završnih i diplomskih radova. U okviru istraživanja su također obavljene razgovori s četiri različita nastavnika s fakulteta, koji dugi niz godina poučavaju na kolegijima vezanima uz izradu tehničkih crteža. Njihove povratne informacije bile su ključne za uočavanje nedostataka i definiranje poboljšanja predložaka za tehničko crtanje. Na kraju trećeg poglavlja formulirana je specifikacija za izradu novih predložaka za tehničko crtanje. Na temelju zapažanja iz prethodnih poglavlja, u četvrtom su poglavlju implementirana poboljšanja u predloške za crtanje u CAD alatima koji se u najvećoj mjeri koriste na nastavi: SolidWorks, AutoCAD i Onshape. Na kraju su prezentirani zaključci proizašli iz cjelokupnog rada.

Ključne riječi: tehničko crtanje, predložak, norma, naslovni blok, sastavnica

SUMMARY

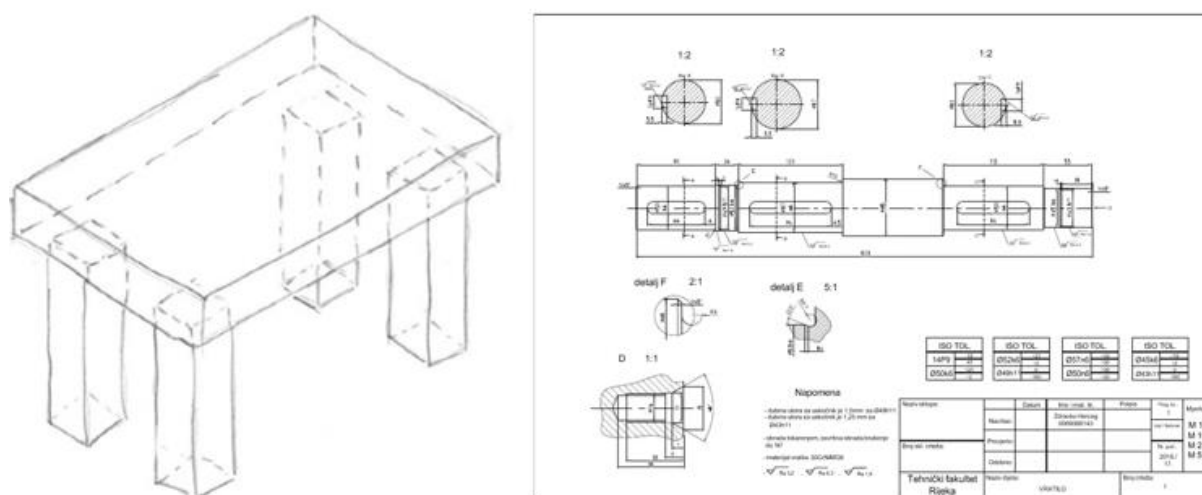
The final thesis includes a review of the current technical drawing standards and their comparison with the current templates and practices of technical drawing at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, based on which new templates for various CAD systems have been proposed. The introduction explains the importance of technical drawing and describes the need to adapt computer-aided technical drawing at the faculty to both standards and teaching requirements. The second chapter provides a detailed overview of standards related to paper format, drawing frame dimensions, reference grid system, title block, and parts list. It also includes descriptions of standards related to technical lettering, scales, projection methods, line types and widths, hatching, dimensioning, tolerances, deviations, tolerance tables, and position marking, which were used to define technical drawing settings that ensure standardized technical documentation. The third chapter presents a comparison between the current technical drawing templates at the faculty and the standards outlined in the second chapter. Additionally, a study was conducted on the practices of filling out title blocks and parts lists in drawings created by students for their final and master's theses. As part of the research, interviews were conducted with four different faculty teachers who have been teaching courses related to the creation of technical drawings for many years. Their feedback was crucial in identifying deficiencies and defining improvements for technical drawing templates. At the end of the third chapter, a specification for the development of new technical drawing templates is formulated. Based on the findings from previous chapters, the fourth chapter implements improvements in drawing templates for CAD tools that are most commonly used in teaching: SolidWorks, AutoCAD, and Onshape. Finally, the conclusions derived from the entire thesis are presented.

Key words: technical drawing, template, standard, title block, parts list

1. UVOD

Crtaње je vještina predstavljanja ideje, predmeta ili objekta rukom na nekoj podlozi poput papira. Najstariji je način vizualnog izražavanja kojim se i danas ljudi služe za izradu različitih vrsta prikaza, od skica, ilustracija, stripova, umjetničkih slika pa sve do tehničkih crteža [Slika 1]. Crtež dakle predstavlja glavni i najlakši način komunikacije među ljudima.

Tehničko crtaње kao dio crtanja predstavlja osnovnu vještinu u svim tehničkim područjima kojom se osigurava jedinstvena razmjena podataka putem grafičkog prikaza. Kao jedna od osnovnih disciplina, sadrži norme i standarde koji osiguravaju jasnoću i točnost tehničkih crteža čime se eliminiraju pogreške u proizvodnom ciklusu proizvoda.



Slika 1. Prikaz skice (lijevo) [1] i tehničkog crteža (desno) [2]

Tehnički crteži obuhvaćaju širok spektar primjene u svim tehničkim područjima što uključuje graditeljstvo, elektrotehniku i strojarstvo. Različitim normama propisana su pravila vezana uz raspored pojedinih dijelova i podataka crteža, prikaz objekta, kotiranje i upotrebu crta radi postizanja precizne geometrije i tolerancija pri izradi proizvoda. Norme služe u svrhu interpretacije podataka na univerzalan način od strane svih korisnika. Dakle, standardizacijom tehničkih crteža omogućuje se konzistentnost i čitljivost između različitih odjela i sudionika unutar industrije. Kao takvi, tehnički crteži su ključni dio tehničke dokumentacija koja služi kao komunikacijski alat koji inženjeri i ostali sudionici u tehničkim projektima koriste kako bi prenijeli jasne i precizne informacije na koji način je neki predmet, proizvod ili sustav oblikovan, kako ga je potrebno proizvesti te koje su njegove funkcije.

Na području visokog obrazovanja, izražavanje putem tehničkog crtanja zauzima bitnu ulogu kod studenata jer im pomaže u sposobnosti prikazivanja i realizaciji proizvoda odnosno

objekata na tehničkim crtežima. Studente se kroz različite kolegije upoznaje sa normama koje propisuju načine prikaza, dimenzioniranja i upotrebu CAD alata te ih se potiče na razvijanje vještine crtanja potrebne u daljnjem inženjerskom radu.

1.1. Opis problema

Kako tehnički crteži imaju ključnu ulogu u tehničkoj dokumentaciji za inženjere, predlošci za crtanje koji se koriste u izradi tehničkih crteža često stvaraju probleme poput nedostatka konzistentnosti, osiguravanja kvalitete i standardizacije crteža. Na primjer, predlošci za crtanje koje najčešće koriste studenti Fakulteta strojarstva i brodogradnje (FSB) izrađeni su prije tridesetak godina te su prilagođeni tadašnjim vremenima, potrebama i standardima uz primjenu iskustva stečenog u industriji. No nastavne potrebe i standardi su se s vremenom mijenjali, a neke posljedica korištenja zastarjelih predložaka su neusklađenost s propisanim normama, nejasnoća sastavnica te neprilagođenost suvremenim vremenima.

Iako funkcionalni predlošci za crtanje izrađeni od strane FSB-a nastoje slijediti standardizaciju, određeni segmenti nisu u potpunosti usklađeni s normama. Za primjer se može uzeti okvir prostora za crtanje i sustav referentne mreže koji nisu izrađeni kako je propisano normom HRN EN ISO 5457:2008. Širina naslovnog bloka i sastavnice ne podudaraju se s normom HRN EN ISO 7200:2008 dok neka njihova podatkovna polja nedostaju ili nisu pravilno definirana. U slučaju da određene dimenzije nemaju oznake tolerancija, odnosno tolerancije nisu označene u sklopu dimenzija potrebno je dopisati tablicu općih geometrijskih tolerancija prema normi HRN EN ISO 2768:2008.

Još jedan od problema koji se javlja u primjeni predložaka za tehničko crtanje jest neujednačenost postavki tehničkog crtanja na računalu propisanih normom HRN EN ISO 128, a koje obuhvaćaju vrste i širine crta, načine projiciranja (npr. američki ili europski), označavanje presjeka, pogleda i detalja. Normom HRN EN ISO 3098 dana je preporuka za font teksta (*ISOCPERU* ili *Isonorm*) koji nije ukomponiran u predloške za crtanje. Pravilan način označavanja geometrijskih tolerancija trebao bi slijediti normu HRN EN ISO 1101:2017 jer u nekim slučajevima tolerancije nisu preferirane veličine ili nisu odvojene pravilno od ostalih dijelova crteža pa je njihova vidljivost smanjena. Također pravilno označavanje pozicija na sklopnom crtežu je definirano normom HRN EN ISO 6433. Novi simboli hrapavosti prema normi HRN EN ISO 21920 nisu implementirani u određene CAD sustave pa simbole koji se trenutno koriste bi trebalo modernizirati. Prikaz dimenzija i tolerancija koji uključuje kotiranje, crte kota, kotne brojeve trebalo bi također prilagoditi normi HRN EN ISO 129.

Tehnički crteži izrađeni prema normama zahtijevaju određene specifikacije koje moraju biti zadovoljene poput točno definiranih veličina, odnosno formata papira, veličine okvira crteža i sustava referentne mreže, naslovnog bloka, sastavnice, propisanog fonta, širina crta, pravilnog pozicioniranja tablica tolerancija i liste dijelova te oznaka obrade površina.

1.2. Doprinos rada

Cilj ovog rada je usporediti trenutne predloške za tehničko crtanje koje koriste studenti FSB-a s važećim normama i predložiti promjene, odnosno unaprjeđenja koja bi pomogla u standardizaciji, modernizaciji i lakšem korištenju istih. Rad stoga obuhvaća prilagođavanje izgleda i veličine okvira prostora za crtanje te sustava referentne mreže, veličine naslovnog bloka i sastavnice te obaveznih i opcionalnih polja u njima, propisanom fontu, veličini slova i širini crta. Osim toga, u radu su predložene jasne smjernice koje studentima olakšavaju prilagodbu i upotrebu predložaka za tehničke crteže. Sveukupan doprinos svodi se na praktična rješenja koja osiguravaju standardizaciju, a također i razumijevanje te olakšano korištenje predložaka za tehničke crteže, kako u visokom obrazovanju, tako i u profesionalnom kontekstu.

2. PREGLED RELEVATNIH NORMI TEHNIČKOG CRTANJA

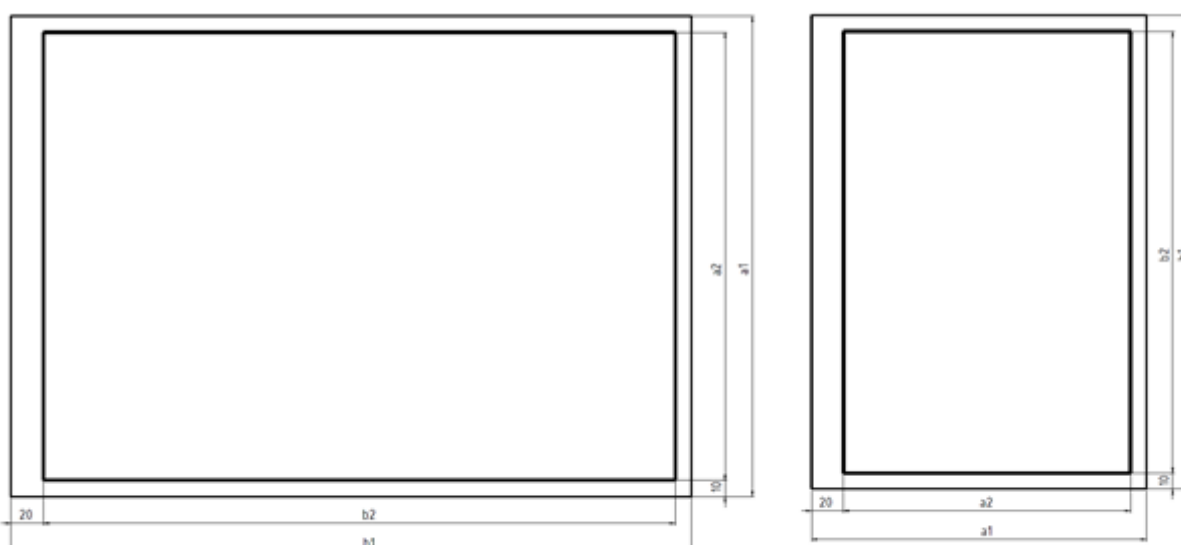
Norme su definirane kao pravila koja osiguravaju razumljivost bez obzira na područje ili sustav primjene. Normizacijom tehničkog crtanja osigurana je konzistentnost, točnost i usklađenost predložaka za crtanje kao dijela tehničke dokumentacije sa ostatkom industrije. Sam pregled uključuje uočavanje pogrešaka odnosno nepravilnost trenutnih predložaka za crtanje u usporedbi s važećim normama. Razmotrene su norme vezane uz sam crtež, odnosno njegove dimenzije i izgled te dijelove koje sadrži poput naslovnog bloka, sastavnice, tablice tolerancija. Norme koje definiraju postavke crtanja poput širine crta, projiciranje, presjeke, detalje, poglede, označavanje pozicija, kotiranje, tolerancije i oznake hrapavosti također su uključene u pregled.

2.1. Pregled norme HRN EN ISO 5457:2008

Normom se propisuje veličina i izgled predložaka za crtanje te veličina i pozicioniranje dijelova koje moraju sadržavati kao što su okvir crteža, sustav referentne mreže, naslovni blok i sastavnica sa definiranim podatkovnim poljima, oznake za centriranje i obrezivanje. Dosljednost i točnost predložaka za crtanje propisanih normom iznimno je bitno kako se nebi izazivala zbunjenost tokom dijeljenja sa drugim sudionicima industrije.

2.1.1. Format crteža

U normi propisane su orijentacija crteža, veličina, odnosno format papira i veličina okvira za crtanje. Lijevi dio slike 2 prikazuje formate papira od A0 do A3, a desni dio Slike 2 prikazuje format papira A4.



Slika 2. Dimenzije, usmjerenje papira i okvira za crtanje

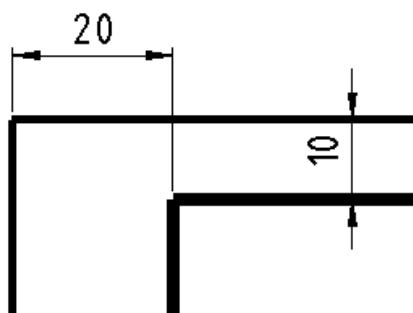
Različite dimenzije papira i prostora za crtanje omeđenog okvirom u ovisnosti o formatu papira sa slike 2 dane su u tablici 1.

Tablica 1. Dimenzije papira i prostora za crtanje

Format	Dimenzije papira		Prostor za crtanje	
	a_1	b_1	a_2	b_2
A0	841	1189	821	1159
A1	594	841	574	811
A2	420	594	400	564
A3	297	420	277	390
A4	210	297	180	277

2.1.2. Okvir crteža

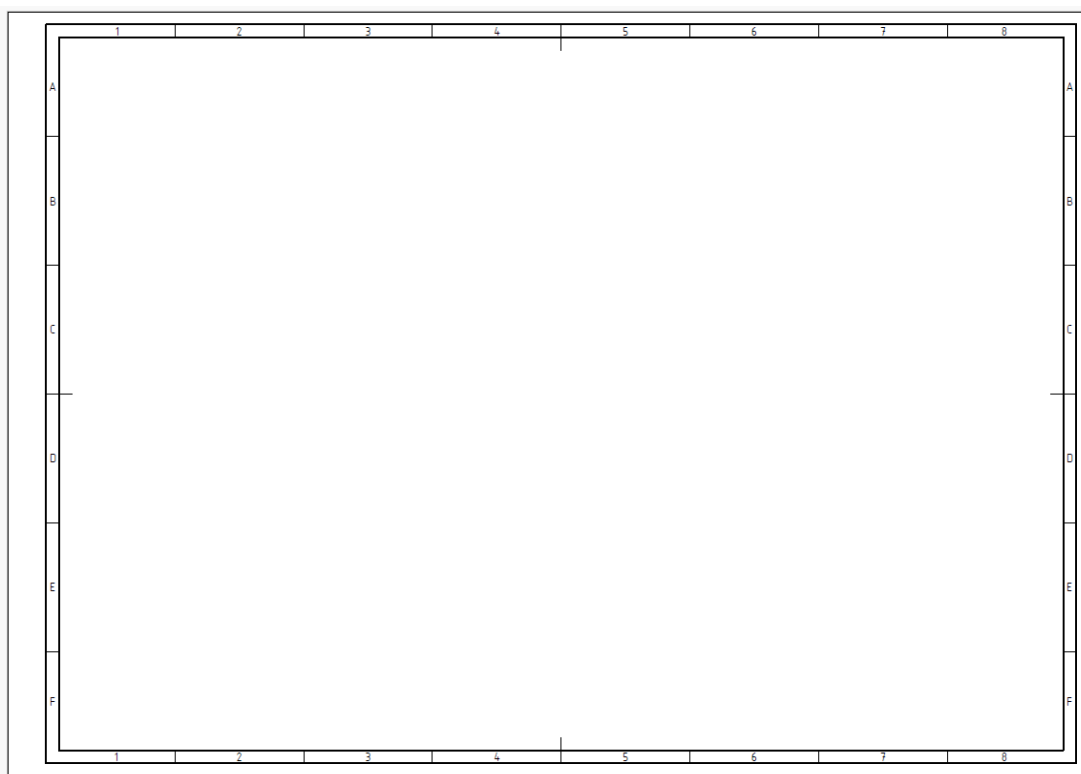
Udaljenost okvira crteža od lijevog ruba papira mora biti 20 mm, a udaljenost od svih ostalih bridova 10 mm uključujući i okvir crteža. Okvir crteža izveden je linijama širine 0,7 mm. Slikom 3 prikazano je pozicioniranje okvira crteža.



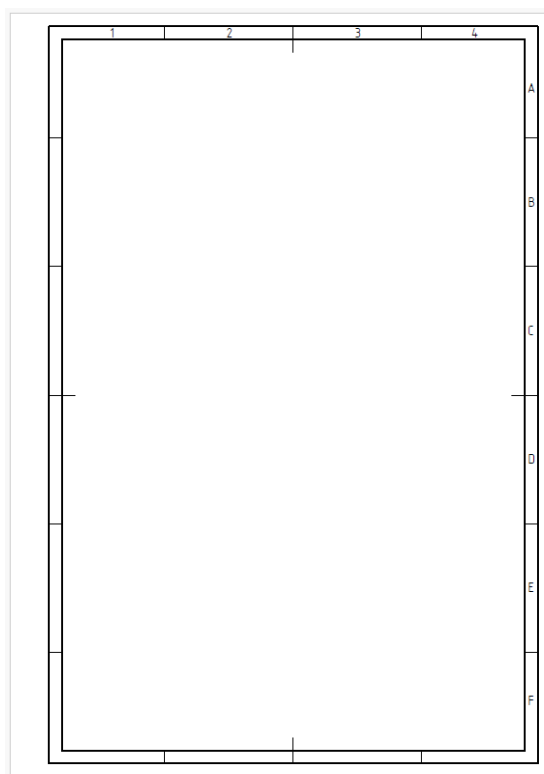
Slika 3. Okvir crteža

2.1.3. Sustav referentne mreže

Sustav referentne mreže odjeljuje tehnički crtež na polja koja služe kako bi se lakše pronašli detalji, dodaci i revizije na crtežu. Zamaknut je 5 mm od okvira crteža u smjeru rubova papira. Duljina jednog polja iznosi 50 mm i kreću se postavljati od oznaka za centriranje jedno do drugog. Polja u sustavu referentne mreže moraju biti označena od gore prema dolje slovima uz izuzetak slova I i O te s lijeva na desno brojevima. Broj polja ovisi o veličini odnosno formatu papira. Debljina crta koje odjeljuje polja iznosi 0,35 mm. Slika 4 prikazuje crtež s okvirom, sustavom referentne mreže i oznakama za centriranje.



Slika 4. Crtež formata A3 s okvirom, sustavom referentne mreže i oznakama za centriranje
Kod A4 formata papira polja se popunjavaju samo s gornje i desne strane [Slika 5].



Slika 5. Crtež formata A4 s okvirom, sustavom referentne mreže i oznakama za centriranje
Tablica 2 prikazuje broj polja sustava referentne mreže za određeni format papira.

Tablica 2. Broj polja sustava referentne mreže za određeni format papira

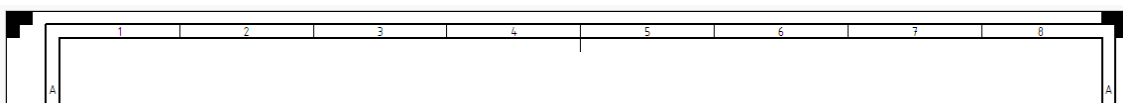
Format	A0	A1	A2	A3	A4
Dulja stranica	24	16	12	8	6
Kraća stranica	16	12	8	6	4

2.1.4. Oznake za centriranje

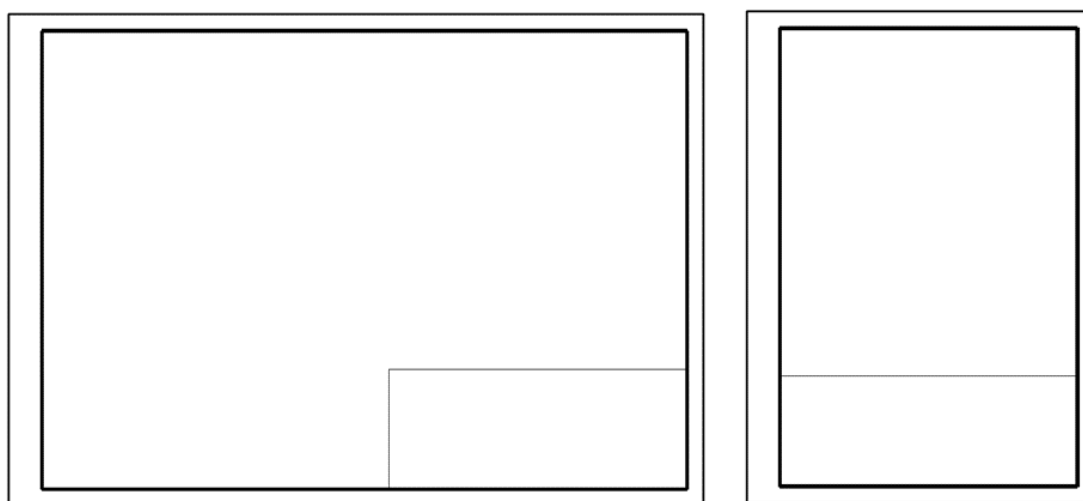
Oznake za centriranje služe za lakše pozicioniranje prilikom umnožavanja crteža. Potrebno je postaviti sveukupno četiri oznake za centriranje koje se nalaze na sredini okvira za crtež odnosno prostora za crtanje. Nema striktnih ograničenja no preporuka je da se koristi linija debljine 0,7 mm koja, počevši od sustava referentne mreže, ima duljinu 10 mm tako da prelazi okvir za 5 mm. Oznake za centriranje su prikazane na slici 5.

2.1.5. Oznake za obrezivanje

Oznake za obrezivanje nalaze se u svim kutovima papira, a sastoje se od dva preklapajuća pravokutnika dimenzija 10 mm x 5 mm [Slika 6].

**Slika 6. Oznake za obrezivanje****2.1.6. Naslovni blok prema normi HRN EN ISO 5457:2008**

Naslovni blok za formate papira od A0 do A3 se nalazi u donjem desnom kutu crteža, a za format A4 u donjem dijelu crteža budući da je on jedini propisan da bude orijentiran okomito [Slika 7].

**Slika 7. Pozicioniranje naslovnog bloka**

2.2. Pregled normi vezanih uz naslovni blok

Naslovni blok je zapravo posebno označeno područje na tehničkom crtežu koje je sastavljeno od informacija za identifikaciju, razumijevanje i upravljanje crtežom. Prvenstvena namjera norme HRN EN ISO 7200:2008 je olakšati razmjenu dokumenata te postići kompatibilnost definiranjem naziva polja, njihovog sadržaja i broja znakova u naslovnom bloku.

Normom HRN EN ISO 5457:2008 naslovni blok propisan je da bude u donjem desnom kutu za formate papira od A0 do A3 zbog vodoravnog usmjerenja, a za format A4 da bude usmjeren u donjem dijelu jer je jedini usmjeren okomito. Polja u naslovnom bloku su ograničena na minimum, a ostala polja se prikazuju izvan naslovnog bloka kada se koriste kao što su npr. mjerilo, simbol projekcije, opća tolerancija i zahtjevi za obradu površine. Ukupna širina naslovnog bloka treba biti 180 mm kako bi stao na A4 format papira.

2.2.1. Identifikacijska polja u naslovnom bloku

U tablici 3 prikazana su identifikacijska polja koja mora sadržavati naslovni blok. Polje **vlasnik** podrazumijeva ime legalnog vlasnika dokumenta što može biti firma, tvrtka, poduzeće. Može biti službeno ime vlasnika, skraćeno ime ili logotip. **Identifikacijski broj** služi kao referenca na dokument i mora biti jedinstven barem unutar organizacije vlasnika.

Tablica 3. Identifikacijska polja u naslovnom bloku

Naziv polja	Obaveza
Vlasnik	Obavezno
Identifikacijski broj	Obavezno
Indeks revizije	Opcionalno
Datum izdavanja	Opcionalno
Broj list	Obavezno
Broj listova	Obavezno
Jezični kod	Opcionalno

Indeks revizije govori o kojoj reviziji dokumenta je riječ. Indeks revizije može biti zapisan pomoću jednog slova (od A do Z uz izbjegavanje slova I i O jer se lako mogu zamijeniti znamenkama 1 i 0) ili kombinacijom više slova kao „AA“ , „AB“ i slično ili upotrebom

znamenaka. Druga opcija je korištenje samo polja koje sadrži datum. **Datum izdavanja** je datum na koji je dokument službeno objavljen po prvi puta i također datum svake nove objavljene verzije. Datum je izrazito važan zbog pravnih razloga poput patentnih prava. **Broj lista** definira koji redni broj list ima od ukupnog broja listova od kojih se crtež sastoji, a koji je opisan poljem **Broj listova**. **Jezični kod** se koristi za označavanja jezika dijelova dokumenata ovisnih o jeziku. O njemu ovisi administracija verzija na različitim jezicima. Ako je moguće najbolje bi bilo crteže prikazivati pomoću jednog jezika.

2.2.2. Opisna polja u naslovnom bloku

U tablici 4 prikazane su opisna polja koja mora sadržavati naslovni blok. **Naslov** dokumenta mora biti povezan s njegovim sadržajem. Treba izbjegavati naslove koji se povezuju sa specifičnom namjenom, treba koristiti službene riječi iz područja primjene i izbjegavati kratice radi lakšeg pretraživanja određenog dokumenta.

Tablica 4. Opisna polja u naslovnom bloku

Naziv polja	Obaveza
Naslov	Obavezno
Opis	Opcionalno

Opis predstavlja dopunski naslov koji daje detaljnije informacije poput smjera postavljanja ili položaja kada je to potrebno. Dopunski naslov neće u svim slučajevima biti prikazan i također treba izbjegavati kratice.

2.2.3. Administrativna polja u naslovnom bloku

U tablici 5 prikazana su administrativna polja koja mora sadržavati naslovni blok. **Odgovorni odjel** predstavlja ime ili kod za jedinicu organizacije odgovornu za sadržaj i održavanje dokumenta na datum službene objave. **Tehnička referenca** odnosi se na kontakt osobu, odnosno osobu koja će odgovarati, koordinirati i postupati po upitima. Osoba mora biti unutar organizacije vlasnika. Promjena osobe za tehničku referencu može se mijenjati bez obzira na reviziju. Polje **Odobrio** odnosi se na osobu koja je odobrila dokument. U slučaju provjere od strane više stručnjaka oni se moraju navesti u naslovnom bloku ili izvan njega. Analogno, polje **Kreirao/izradio** se odnosi na osobu koja je dokument izradila ili promijenila. Polje **Tip dokumenta** označava ulogu dokumenta s obzirom na njegov sadržaj. Jedan je od najlakših načina pretraživanja dokumenata.

Tablica 5. Administrativna polja u naslovnom bloku

Naziv polja	Obaveza
Odgovorni odjel	Opcionalno
Tehnička referenca	Opcionalno
Odobrio	Obavezno
Kreirao/izradio	Obavezno
Tip dokumenta	Obavezno
Ključne riječi	Opcionalno
Status dokumenta	Opcionalno
Broj stranice	Opcionalno
Broj stranica	Opcionalno
Format papira	Opcionalno

Ključne riječi trebaju uključivati riječi, tekst ili kod koji služe za pretraživanje dokumenta. **Status dokumenta** prenosi informaciju o stanju u kojem je dokument. Primjeri stanja su „u pripremi“, „odobreno“, „objavljeno“ i „povučeno“. **Broj stranice** služi za prezentaciju dokumenta, dok **Broj stranica** ovisi o fontu teksta, veličini papira i veličini slova odnosno o samom formatu prikazivanja. Na kraju, **format papira** podrazumijeva veličina papira službenog dokumenta.

2.3. Pregled norme vezane uz sastavnicu

Norma kojom se propisuje sastavnica je norma HRN EN ISO 7573:2014. Svi dijelovi jednog sklopa definirani su referentnim brojem, količinom, brojem dijela, tehničkim podacima koji se nalaze u sastavnici. Veza dijela u sastavnici i na tehničkom crtežu je referentni broj koji može biti dan i samim brojem dijela.

Pozicioniranje sastavnice moguće je na samom crtežu ili na odvojenom listu papira. U slučaju da sastavnica bude smještena na samom crtežu preporuka norme je da ona bude pozicionirana iznad naslovnog bloka.

2.3.1. Popunjavanje sastavnice

Sastavnica mora biti podijeljena u stupce neprekinutom linijom kako bi se omogućio unos podataka navedenih u tablici 6. Polja podataka koja će se navesti u sastavnici i njihov raspored su opcionalni, ali je barem jedan identifikacijski element potreban.

Tablica 6. Podaci u sastavnici

Naziv polja
Referenca dijela
Količina
Jedinica
Referentna oznaka
Broj dijela
Ime dijela
Tehnički podaci, oznaka
Zapažanja/primjedbe

Svrha polja **Referenca dijela** je da poveže dio u sastavnici s dijelom na tehničkom crtežu. Identični dijelovi moraju imati jednaku referencu dijela. U slučaju da se na crtežu ne koriste reference dijela ovaj stupac se može izostaviti. U polju **Količina** se upisuje broj potrebnih dijelova ili materijala za jedan sklop. Vrijednost u stupcu označava broj komada, volumen, duljinu i slično. U slučaju da u stupcu nije vrijednost broj komada potrebno je upisati mjernu veličinu u stupac jedinica ili kombinirani stupac količine i jedinice. **Jedinica** je usvojena kao mjerni standard, a u slučaju da je jedinica „komad“ ovaj stupac može se izostaviti. **Referentna oznaka** na jedinstveni način označava svaki dio pa tako više istih dijelova treba imati različite referentne oznake. **Broj crteža dijela** je jedinstvena oznaka dijela za određenu organizaciju, u slučaju da je broj međunarodni ili nacionalni preporuka je da se uključi u stupac „tehnički podaci, oznaka“. Dio se u sastavnici označava „brojem dijela“ ili „tehničkim podacima, oznakom“ ili kombinacijom ovih dva polja. **Ime dijela** je zapravo oznaka dijela u obliku teksta. Polje **Tehnički podaci, oznaka** koristi se za upis znakova ili riječi za označavanje. Ovdje je moguće upisati dimenzije, materijal, proizvođača ili oznaku prema propisanom standardu. U polje **Zapažanja/primjedbe** zapisuju se sve dodatne informacije koje bi mogle biti potrebne u fazama konstruiranja, proizvodnje ili održavanja. Podaci zapisani u ovom stupcu mogu se zapisati i u napomeni.

2.4. Pregled normi relevantnih za postavke tehničkog crtanja

Norme bitne kod definiranja postavki crtanja poput tehničkog pisma, tj. fonta slova, mjerila širine crta, kotiranja, projiciranja, presjeka, detalja, pogleda, označavanja pozicija, kotiranja i tolerancija iznimno su važne kod CAD sustava zbog jednostavnog prijenosa informacija.

2.4.1. Tehničko pismo

Tehničko pismo odnosno ujednačenost, mjere i oblici slova, znamenki i znakova normirano je normama HRN EN ISO 3098-0:2004 i HRN EN ISO 3098-2:2020. Budući da se tehnički crteži u sadašnje vrijeme izrađuju u većini slučajeva na računalo, preporuke su da se koriste fontovi koji sličje normiranom tehničkom pismu poput *ISOCPEUR* i *Isonorm*.

2.4.2. Mjerila

Mjerilo predstavlja omjer veličina na crtežu i stvarnih veličina. Normirano je normom HRN EN ISO 5455:2005 u kojoj je propisano da se mjerilo može označavati riječju „MJERILO“, kraticom „M“ ili čisto s brojkama, npr. „1:1“. Glavno mjerilo unosi se u podatkovno polje smješteno u naslovnom bloku, dok se ostala mjerila upisuju pokraj dijelova za koja su vezana kao što su pogledi, presjeci, detalji i sl.

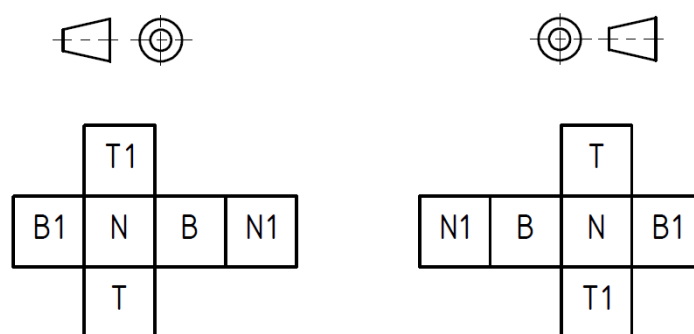
U tablici 7 prikazana su mjerila po preporuci norme.

Tablica 7. Preporučena mjerila

Prirodna veličina	1:1		
Povećanje	2:1	5:1	10:1
	20:1	50:1	
Smanjenje	1:2	1:5	1:10
	1:10	1:20	1:50
	1:100	1:200	1:500
	1:1000	1:2000	1:5000
	1:10000		

2.5. Načini projiciranja

Ortogonalna projekcija je prikaz trodimenzionalnog predmeta ili objekta pomoću projekcija u ravnini, odnosno na papiru [3]. Ortogonalno projiciranje najčešće je u tehničkom crtanju. Prema normi HRN EN ISO 5456-2 postoje dva načina projiciranja, prvi se naziva metoda projiciranja prvog kuta također poznata pod imenom europski način projiciranja, a drugi se naziva metoda projiciranja trećeg kuta ili američki način projiciranja. Prvi načinom tlocrt se smješta ispod nacрта, a bokocrt s desne strane nacрта dok za drugi način vrijedi obrnuto [Slika 8]. U većini svijeta pa tako i u Hrvatskoj koristi se prvi način projiciranja, odnosno metoda projiciranja prvog kuta.



Slika 8. Europski (lijevo) i američki (desno) način projiciranja

2.5.1. Tip i širina crta


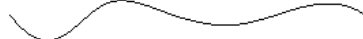








Linija odnosno crta je osnovni, a vjerojatno i najvažniji pojedinačni segment u tehničkom crtanju pa iz toga razloga mora biti vidljiva i istaknuta kraj druge crte uz jasno raspoznavanje razlika između njih. Osnovne razlike između crta na tehničkim crtežima čine njihov tip i širina. Crte po tipu možemo razlikovati kao pune tj. neprekinute i isprekidane crte kao što su crta – točka – crta, točkaste i crtkane te prema njihovoj širini kao uske i široke crte.



Slika 9. Različiti tipovi i širine crta

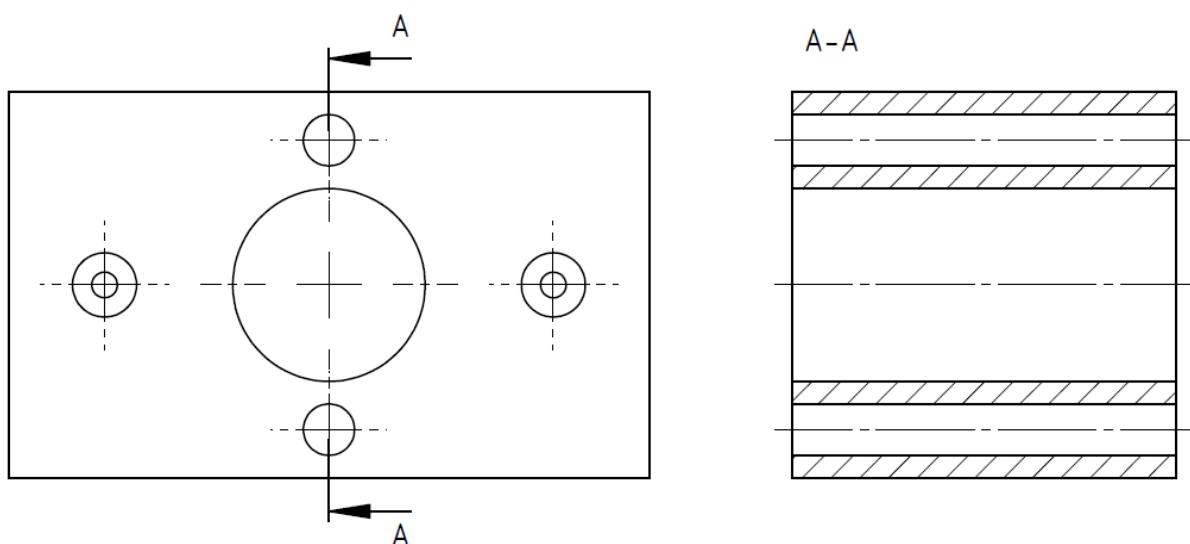
Normom HRN EN ISO 128-24:2014 utvrđuju se vrste crta koje se koriste u strojarским tehničkim crtežima, njihove oznake i konfiguracije, kao i opća pravila crtanja crta. Propisane su standardne širine: 0,13 mm; 0,18 mm; 0,25 mm; 0,35 mm, 0,5 mm; 0,7 mm; 1,00 mm; 1,4 mm; 2,0 mm. U tehničkim crtežima se koriste samo dvije širine crta tako da deblja crta bude duplo šira od uske odnosno da njihov omjer bude 1:2. Uobičajeno je koristiti kombinaciju širine crta 0,13 mm i 0,25 mm, 0,18 mm i 0,35 mm te 0,25 i 0,5 mm za formate papira A3 i A4. Tip crte i njihova upotreba u tehničkim crtežima dana je u tablici 8.

Tablica 8. Tip crte i njihova uporaba [4]

Opis i prikaz crte	Primjeri upotrebe
Neprekinuta uska crta 	<ul style="list-style-type: none"> - Crte kota, početaka i završetaka kota, pomoćnih mjernih crti i referentnih crti - Šrafure - Dijagonale za označavanje ravnih ploha - Kratke simetrale - Zaokruživanje detalja - Korijeni navoja vijka
Neprekinuta uska prostoručna crta 	<ul style="list-style-type: none"> - Ručno crtani završeci djelomičnih ili prekinutih pogleda, rezova i presjeka
Neprekinuta uska crta oblika cik-cak 	<ul style="list-style-type: none"> - Računalno crtani završeci djelomičnih ili prekinutih pogleda, rezova i presjeka
Neprekinuta široka crta 	<ul style="list-style-type: none"> - Vidljivi bridovi i konture - Vrhovi navoja (vanjske konture navoja) i završeci navoja - Crte strelica presjeka i pogleda te promjena smjera tragova presjeka
Crkana uska crta 	<ul style="list-style-type: none"> - Nevidljivi (skriveni) bridovi i konture
Crkana široka crta 	<ul style="list-style-type: none"> - Naznake dopuštenih područja površinske obrade
Uska crta tipa crta – točka 	<ul style="list-style-type: none"> - Središnjice i simetrale - Osi i ravnine simetrije - Presječne linije (tragovi) - Diobene kružnice provrta ili rupa
Široka crta tipa crta – točka 	<ul style="list-style-type: none"> - Naznake zahtijevanih područja površinske obrade i područja na koja se odnose tolerancije - Položaj presječnih ravnina
Uska crta tipa crta – točka – točka 	<ul style="list-style-type: none"> - Krajnji položaji pokretnih dijelova - Polazne konture (prije oblikovanja) - Konture alternativnih izvedbi
Široka točkasta crta 	<ul style="list-style-type: none"> - Naznake područja na kojima nije dopuštena površinska obrada

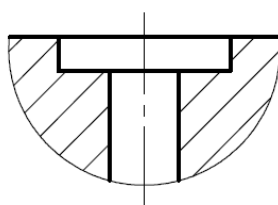
2.6. Načini označavanja presjeka i detalja

Prema normi HRN EN ISO 128-3:2020 i normi HRN EN ISO-40:2003 poglede poput presjeka i detalja je potrebno označavati velikim tiskanim slovima. Slova pogleda i presjeka moraju biti veća za korijen iz 2 u odnosu na veličinu slova crteža, na primjer ako je zadani font 2,5 mm tada slova kojima se označavaju presjeci i detalji moraju biti 3,5 mm. Presjeci i pogledi se označavaju slovima počevši od početka abecede, dok je za označavanje detalja potrebno krenuti od kraja abecede. Za označavanje se koriste isključivo slova (bez dodatka „Presjek/Section“, „Detalj/Detail“ i sl.) te se po potrebi u zagradi dodaje mjerilo pogleda (ako se razlikuje od mjerila tehničkog crteža). Širina završetka strelice mora biti ista kao i veličina slova. Na slici 10 i 11 prikazini su primjeri označavanja presjeka i detalja.



Slika 10. Označavanje presjeka

Z (2:1)

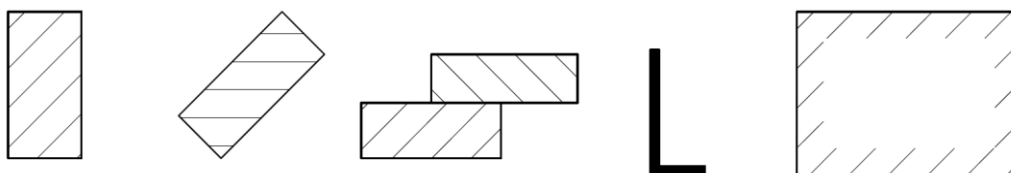


Slika 11. Označavanje detalja

2.6.1. Šrafure

Šrafure su korištene za ispunjavanje punih dijelova objekata koji se sijeku. Šrafiranje je propisano u normi HRN EN ISO 128-50:2003. Uobičajeno je korištenje paralelnih tankih neprekinutih crta prema normi HRN EN ISO 128:24:2014 pod kutom od 45° s obzirom na referentne linije ili simetrale presjeke. Različiti dijelovi sklopova koriste šrafure u različitim

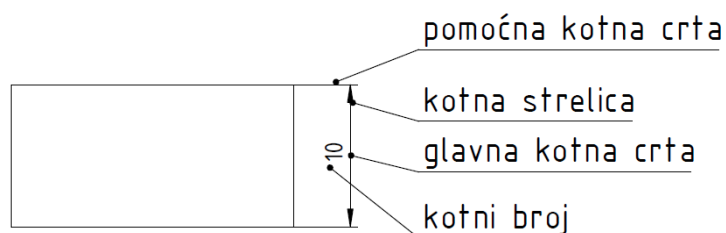
smjerovima, odnosno pod različitim kutovima ili su linije smještene pod različitim razmacima. Uski presjeci mogu biti cijeli ispunjeni točkicama, obojani u crno ili prikazani ekstra debelim crtama, dok kod velikih presjeka šrafure mogu slijedi samo konture dijela.



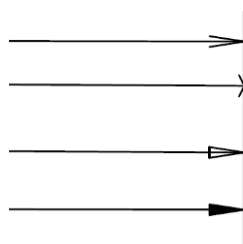
Slika 12. Različiti načini šrafiranja

2.6.2. Kotiranje

Kotiranjem se dijelovima na tehničkom crtežu dodjeljuju njegove stvarne dimenzije bez obzira na mjerilo u definiranim mjernim jedinicama, za strojarstvo su to milimetri i stupnjevi. Dimenzijama se mogu pridružiti i standardni simboli poput promjera, polumjera, dubine i sl. Kotiranje je normirano normom HRN EN ISO 129-1:2019 kojom su propisani dijelovi kote i oblici završetka strelica kote.



Slika 13. Dijelovi kote

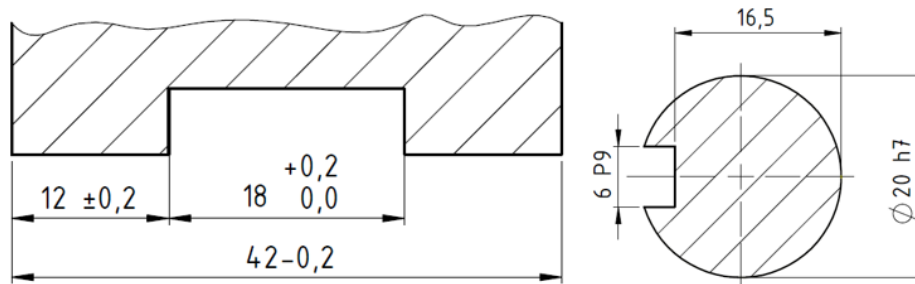


Slika 14. Oblici završetka strelica kote

2.6.3. Tolerancije, odstupanja i dosjedi

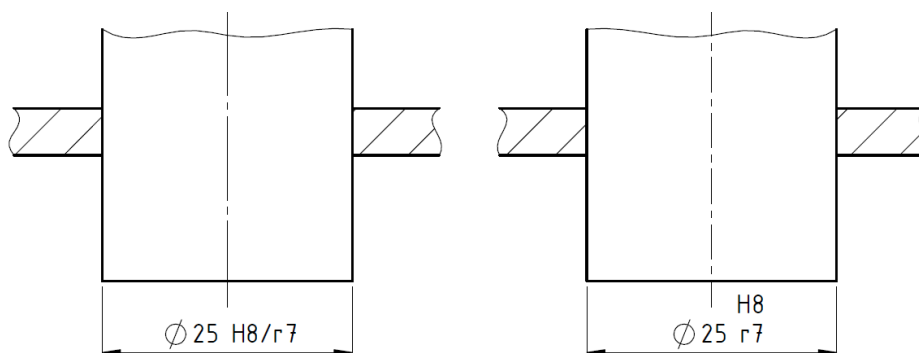
Najpoznatija norma za standardizaciju tolerancija, odstupanja i dosjeda je HRN EN ISO 286-1:2010/Ispr.1:2014 no uz nju potrebne su i norma ISO 406-1987 za definiranje duljinskih i kutnih dimenzija te norma HRN EN ISO 1101:2017 u pogledu geometrijskih tolerancija, odnosno tolerancija oblika, orijentacija, smještaja i vrtnje.

Grafične izmjere dobivaju se pridavanjem gornjeg i donjeg odstupanja ili tolerancijskog polja glavnoj dimenziji [Slika 15].



Slika 15. Granične izmjere

Dosjed sadrži par tolerancija rukavca i provrta koji se odjeljuje kosom crtom ili piše jedna iznad druge[Slika 16].



Slika 16. Prikaz dosjeda

Geometrijske tolerancije dodjeljujemo dijelovima, za koje nisu dovoljne samo duljinske izmjere, pomoću određenih simbola i oznaka. Značenja simbola možemo vidjeti u tablici 9.

Tablica 9. Geometrijske tolerancije [4]

Vrsta tolerancije	Simboli i karakteristike	
Oblik	— Pravoctnost	○ Cilindričnost
	▱ Ravnost	⊘ Kružnost
Orijentacija	// Paralelnost	⌒ Profil linije
	⊥ Okomitost	⌒ Profil površine
Lokacija	≡ Simetričnost	⊕ Pozicija
	◎ Koncentričnost ili koaksijalnost	
Ispupčenost	↗ Radijalna ispučenost	↗↗ Aksijalna ispučenost

2.6.4. Tablica tolerancija

Kotirani dijelovi sadrže dimenzije koje u slučaju da nemaju dodijeljenu toleranciju mogu u proizvodnom odjelu ili odjelu za kontrolu pogrešno shvatiti. Iz tog razloga potrebno je koristiti opće tolerancije.

Namjera norme HRN EN ISO 2768-1:2008 je pojednostaviti pretpostavke i definirati opće tolerancije za linijske i kutne kote bez pojedinačnih oznaka tolerancije [Tablica 10, 11 i 12].

Tablica 10. Područje nazivnih izmjera za linearne dimenzije osim za polumjere zaobljena i skošene rubove [5]

Područje nazivnih izmjera, mm	Stupanj točnosti			
	f – fino	m – srednje	c – grubo	v – vrlo grubo
0,5 do 3	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	-
iznad 3 do 6	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
iznad 6 do 30	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1
iznad 30 do 120	$\pm 0,15$	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 1,5$
iznad 120 do 400	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	$\pm 2,5$
iznad 400 do 1000	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	± 2	± 4
iznad 1000 do 2000	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	± 3	± 6
iznad 2000 do 4000	-	± 2	± 4	± 8

Tablica 11. Područje nazivnih mjera za polumjere zaobljena i skošene rubove [5]

Stupanj točnosti	Područje nazivnih izmjera, mm		
	0,5 do 3	iznad 3 do 6	iznad 6
f – fini	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1
m – srednji			
c – grubi	$\pm 0,4$	± 1	± 2
v – vrlo grubi			

Tablica 12. Područje nazivnih mjera za kutne dimenzije [5]

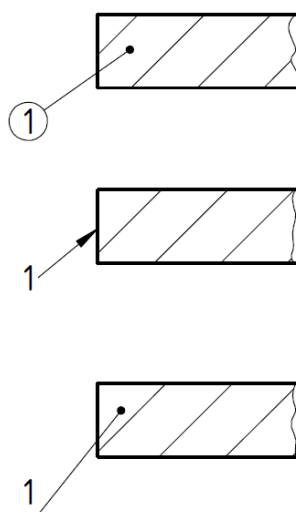
Stupanj točnosti	Područje nazivnih izmjera (duljina kraćeg kraka), mm				
	do 10	iznad 10 do 50	iznad 50 do 120	iznad 120 do 400	iznad 400
f – fini	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$	$\pm 0^\circ 10'$	$\pm 0^\circ 5'$
m – srednji					
c – grubi	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 15'$	$\pm 0^\circ 10'$
v – vrlo grubi	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$

2.6.5. Označivanje pozicija

Svaki dio sklopa u sastavnici ima svoj naziv i poziciju kojom se može identificirati na crtežu. Pravila označivanja pozicija na crtežu dana su normom HRN EN ISO 6463:2008, a najvažnija od njih su:

- pozicije dijelova definirane su uzastopnim brojevima počevši od broja 1, u iznimkama mogu se koristiti velika slova
- isti dijelovi sklopa imaju identični broj pozicije
- svaki podsklop koji se nalazi u nekom sklopu identificiran je pozicijom jednog dijela
- sve pozicije dijelova moraju biti obuhvaćene sastavnicom
- pozicija smije sadržavati najviše 3 znaka
- pozicije na crtežu postavljene su izvan linija sklopa
- pozicija s dijelom mora biti povezana putem pokazne crte
- pokazne crte ne smiju se sjeći
- pokazne crte trebale bi biti što kraće i smještene pod kutom
- pozicije radi vidljivosti i čitljivosti moraju sve biti smještene vodoravne retke ili okomite stupce
- povezani dijelovi poput matice, podloške i vijka mogu biti identificirani jednom crtom
- redoslijed numeriranja pozicija zbog jasnoće mora biti prema redoslijedu sastavljanja ili prema važnosti dijelova

Na slici 17 su prikazani načini označavanja dijelova.



Slika 17. Označavanje dijelova sklopa pozicijom

3. ANALIZA PRAKSI TEHNIČKOG CRTANJA NA FSB-U

Poglavljem je obuhvaćena usporedba trenutnih predložaka za tehničko crtanje na fakultetu sa važećim normama, pregled studentskih tehničkih crteža na temelju njihovih završnih i diplomskih radova te razgovor sa nastavnicima sa fakulteta. Izrazito bitno poglavlje iz kojeg proizlaze značajke koje su implementirane u nove predloške za crtanje.

3.1. Usklađenost postojećih predložaka za tehničko crtanje s normama

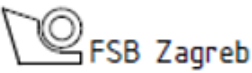
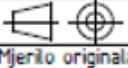
Predlošci za različite alate za konstruiranje pomoću računala (eng. *computer-aided design – CAD*) koji su dostupni studentima na fakultetu služe kao osnova za izradu tehničkih crteža u okviru različitih projektnih zadataka, seminara te završnih i diplomskih zadataka. Oni osiguravaju ujednačenost i jednostavnu čitljivost tehničke dokumentacije.

Proučavanjem normi i trenutno raspoloživih predložaka za tehničko crtanje utvrđeno je da predlošci odstupaju od normi navedenih u drugom poglavlju te se takvim odstupanjima onemogućuje kvalitetna razmjena informacija među studentima. Uz to su također uočene značajne neusklađenosti u praksama popunjavanja naslovnih blokova i sastavnica tehničkih crteža te korištenje različitih postavki prikaza objekata i pripadajućih oznaka.

Primjer predloška za tehničko crtanje koji gotovo svi studenti koriste prikazan je na slici 18, a sadržaj naslovnog bloka istog predloška prikazan je na slici 19.

Poz.	Naziv dijela	Kum.	Crtič broj Norma	Materijal	Šifra dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Podpis	FSB Zagreb		
Prilježak						
Prilježak						
Prilježak						
Prilježak						
ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:				
	Norma:	R. N. broj:				
	Materijal:	Masa:				
	Prilježak	Naziv:	Pozicija:	Format:		
	Prilježak	Prilježak	Prilježak	Prilježak	Prilježak	Prilježak
		Crtič broj:				

Slika 18. FSB-ov predložak za crtanje

Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis		
Projektirao							
Razradio							
Crtao							
Pregledao							
Mentor							
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:		
					R. N. broj:		
		Napomena:				Kopija	
		Materijal:		Masa:			
		 Naziv:			Pozicija:	Format:	
		Mjerilo originala			Listova:		
		Crtež broj:				List:	

Slika 19. Naslovni blok sa FSB-ovog predložka za crtanje

Odstupanje predložka od trenutno važećih normi postoji u samim dimenzijama okvira za crtanje koji je normom HRN EN ISO 5457:2008 propisan da se s lijeve strane uvuče za 20 mm dok je na postojećim predlošcima on uvučen za 25 mm čime je smanjen prostor za crtanje. Istom normom propisan je i sam sustav referente mreže koji bi morao biti sa svih strana okvira za crtanje, no u slučaju postojećih predložaka on je nacrtan samo s dvije strane, što snalaženje na crtežu čini težim. Normom HRN EN ISO 7200:2008 propisana je širina naslovnog bloka koja mora iznositi 180 mm što znači da u predlošcima za crtanje nedostaje 5 mm širine te to rezultira težim usklađivanjem i pozicioniranjem podatkovnih polja unutar samog naslovnog bloka. Ova norma također definira i obavezna te opcionalna podatkovna polja u naslovnom bloku.

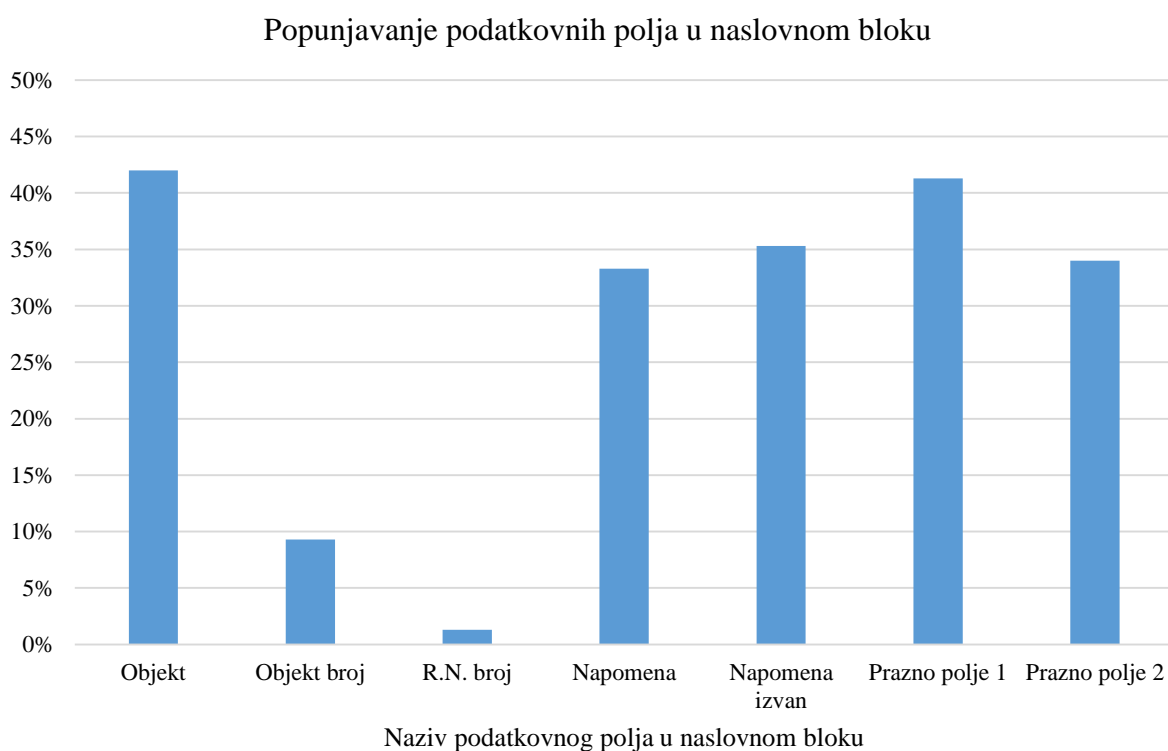
Trenutnim predlošcima određena podatkovna polja u naslovnom bloku definirana su nazivima koji mogu izazvati zbunjenost i dovesti to pogrešnog popunjavanja. Također, podatkovna polja u sastavnici po preporuci norme HRN EN ISO 7573:2014 također nisu usklađena s trenutnim nazivima u predlošcima za crtanje. Nadalje, prema normi HRN EN ISO 3098-1:2015, preporučeni fontovi koji bi se trebali koristiti su *ISOCPEUR* i *Isonorm* jer primjenom drugih fontova dolazi do smanjene čitljivosti tehničke dokumentacije tokom umnažanja.

Postavke crtanja, kao na primjer tip i debljina crte, pogledi, presjeci i detalji definirani su normom HRN EN ISO 128. Oni, kao jedni od najvažnijih dijelova koji obuhvaćaju većinski dio tehničke dokumentacije, nisu u potpunosti prilagođeni digitalnoj primjeni, odnosno nisu implementirani u predloške za crtanje što je glavni nedostatak jer njihovom neusklađenošću prilikom dijeljenja tehničke dokumentacije s vanjskim suradnicima može doći do pogrešne

interpretacije podataka koji vode ka kritičnim greškama prilikom izrade određenih dijelova strojeva ili konstrukcije. Prilagodba predložaka za crtanje od strane svakog korisnika zasebno rezultirala bi ogromnim brojem različitih predložaka koji bi otežavali pregled dokumentacije od strane nastavnika.

3.2. Pregled studentskih radova i načina korištenja predložaka

Cilj pregleda studentskih radova (završnih i diplomskih radova) bio je provjeriti koja podatkovna polja (u naslovnom bloku i u sastavnici) i na koji način popunjavaju studenti prilikom upotrebe predložaka za crtanje. Sam pregled obuhvatio je 150 studentskih radova, a na slici 20 može se vidjeti koja su polja naslovnog bloka sa slike 19 te u kojoj mjeri popunjavali studenti.



Slika 20. Popunjavanje podatkovnih polja u naslovnom bloku

Iz slike 20 može se vidjeti da je manje od polovice studenata unijela podatak u polje „Objekt“, razlog tome je da dio koji se nalazi na crtežu možda nema određeni objekt za koji se izrađuje, dok su polja „Objekt broj“ koji predstavlja broj crteža od objekta i „R. N. Broj“ studenti popunili u iznimno maloj mjeri čemu je razlog nedovoljna informiranost ili nejasnoća naziva podatkovnih polja. Podatkovno polje „Napomena“ u naslovnom bloku i napomena izvan naslovnog bloka popunjavane su u otprilike jednakoj mjeri, oko 35%. Najznačajniji razlog manjeg popunjavanja napomene unutar naslovnog bloka je nedostatak mjesta za cjelokupnu

napomenu. Budući da prazna polja nisu definirana određenom normom, već su ovdje stavljena radi viška prostora studenti su ih ostavljali praznima ili su ih popunjavali nazivom fakulteta, smjera i usmjerenja, što je uvelike ovisilo o mentoru rada.

3.3. Prikupljanje uvida u potrebe za predloške tehničkog crtanja od nastavnika na FSB-u

Kako bi se postojeći predlošci za crtanje uskladili s propisanim normama i standardima te prilagodili profesorima i studentima, kroz rad su bila provedena četiri intervjua s četiri različita nastavnika na fakultetu. Svi intervjuirani nastavnici imaju ili su imali nastavničko iskustvo u okviru kolegija koji zahtijevaju izradu tehničkih crteža, poput Računalne i inženjerske grafike, Elemenata konstrukcija, Oblikovanja pomoću računala i dr.

U razgovoru s nastavnicima najviše je bilo riječi o razlozima zbog kojih su trenutni predlošci za crtanje sastavljeni na ovakav način. Također, bilo je riječi o tome ima li potrebe za promjenama te, ako ih ima, koje bi to promjene bile s obzirom na modernizaciju i unapređivanje normi i industrije. Predlošci kakvi su trenutno dostupni studentima sastavljeni su kombinacijom prijedloga iz normi te potrebama iz nastave i industrije. Oni jednostavnim dodavanjem ili brisanjem podatkovnih polja mogu prijeći iz predložaka za sklopni crtež u predložak za prošireni radionički crtež te iz njega u predložak za radionički crtež i u najjednostavniji predložak za inovativnu ideju.

Primjeri pitanja koja su pripremljena za intervjue s nastavnicima su u nastavku:

- Koje su ključne informacije koje nisu navedene u normama, a koje su prema iskustvu nastavnika izuzetno bitne u praksi?
- Trebaju li naslovni blokovi odražavati isključivo potrebe nastavnog okruženja ili bi trebale uključivati i polja relevantna za industrijsku upotrebu
- Koji elementi postojećih FSB predložaka su prioritetni za uvrštavanje u novu verziju predložaka? Koje su prednosti uključivanja pojedinih elemenata s postojećih u nove predloške?
- Koje su karakteristike pregledne i funkcionalne sastavnice i naslovnog bloka?
- Koliko prostora smatrate potrebnim za pojedine stavke unutar sastavnice i naslovnog bloka?
- Zašto određena podatkovna polja, prisutna na FSB-ovom naslovnom bloku, nisu uključene među obavezna ili opcionalna podatkovna polja prema HRN EN ISO 7200:2008?
- Jesu li podatkovna polja „Objekt“, „Objekt broj“ i „R. N. broj“ važna za naslovni blok?

- Treba li polja „projektirao, razradio, crtao, pregledao, mentor“ prilagoditi fakultetskim potrebama?
- Treba li prazna polja u sastavnici popunjavati generičkim pojmovima poput „strojarski odjel“, „konstrukcija“ i slično?
- Trebaju li naslovni blokovi sadržavati i polja koja se samo ponekad koriste (npr. polja relevantna za industriji), ali koja u većini slučajeva u nastavnoj primjeni ostaju prazna?
- Je li preporučljivo ostaviti određena polja praznima za buduće potrebe, ili ih je bolje unaprijed definirati?
- Je li napomene bolje zapisivati unutar naslovnog bloka ili izvan njega? Koliko prostora treba ostaviti za napomene ako bi one ostale dio naslovnog bloka?
- Treba li na okviru crteža ostaviti oznake za centriranje?
- Trebaju li na okviru crteža ostaviti oznake za presavijanje papira (trokutiće)?
- Jesu li oznake za obrezivanje zastarjele iako ih propisuje i najnovija norma?
- Treba li na crtežu postojati grafičko mjerilo?
- Jesu li sva opcionalna i obavezna podatkovna polja propisana normom nužna u naslovnom bloku?
- Trebaju li font i veličina slova u naslovnom bloku, sastavnici i crtežu biti identični?
- Koje elemente bi bilo dobro uključiti u sastavnicu – isključivo stavke prema ISO standardima, elementi s FSB-ove sastavnice, ili njihova kombinacija?
- Treba li ISO-TOL tablicu ostaviti kao dio naslovnog bloka?
- Postoje li smjernice za digitalne verzije sastavnica unutar CAD alata u usporedbi s ispisanim verzijama?
- Koji su najčešći izazovi s primjenom ISO standarda u alatima poput *SolidWorksa* i *OnShapea* te kako ih izbjeći?
- Postoje li preporuke za učinkovito upravljanje informacijama koje se često mijenjaju, poput datuma i revizija, kako bi se smanjile pogreške?
- Koje alate ili metode preporučujete za provjeru usklađenosti predložaka s ISO standardima prije ispisa ili dijeljenja dokumentacije?
- Trebaju li polja za QR kodove biti uključena u predloške i, ako da, gdje ih je najbolje pozicionirati?
- Koje su najčešće pogreške koje studenti čine pri izradi tehničkih crteža te kako ih mogu izbjeći?

Kroz razgovor se moglo razaznati da podatkovna polja u naslovnom bloku zbog neusklađenosti naziva, a i neprimjerenosti za edukativni kontekst, studenti ne ispunjavaju pravilno ili u velikoj

mjeri ostavljaju praznima. Nepravilno posložene postavke izazivaju zbunjenost studenata prilikom izrade različitih programa jer su drugačije interpretirane u knjigama, odnosno normama, nego što su posložene u CAD alatima.

No važno je naglasiti da čak i među nastavnicima postoje različita mišljenja po pitanju oblikovanja tehničkih crteža te sadržaja naslovnih blokova. Neka od pitanja kod kojih ne postoji suglasje navedena su u nastavku:

- Trebaju li naslovni blokovi odražavati isključivo potrebe nastavnog okruženja ili bi trebale uključivati i polja relevantna za industrijsku upotrebu?
- Trebaju li naslovni blokovi sadržavati i polja koja se samo ponekad koriste (npr. polja relevantna za industriji), ali koja u većini slučajeva u nastavnoj primjeni ostaju prazna?
- U kojoj mjeri je potrebno pratiti norme pri oblikovanju okvira, naslovnog bloka i sastavnice?
- Treba li polja „Projektirao, Razradio, Crtao, Pregledao, Mentor“ prilagoditi fakultetskim potrebama?
- Je li potrebno polja „Objekt, Objekt broj, R. N. broj“ izbaciti jer su primijenjena za industriju (i to ponajprije za projektiranje), a ne za nastavne/konstruktivske potrebe?
- Je li napomene bolje zapisivati unutar naslovnog bloka ili izvan njega?
- Treba li ISO-TOL tablicu ostaviti kao dio naslovnog bloka?

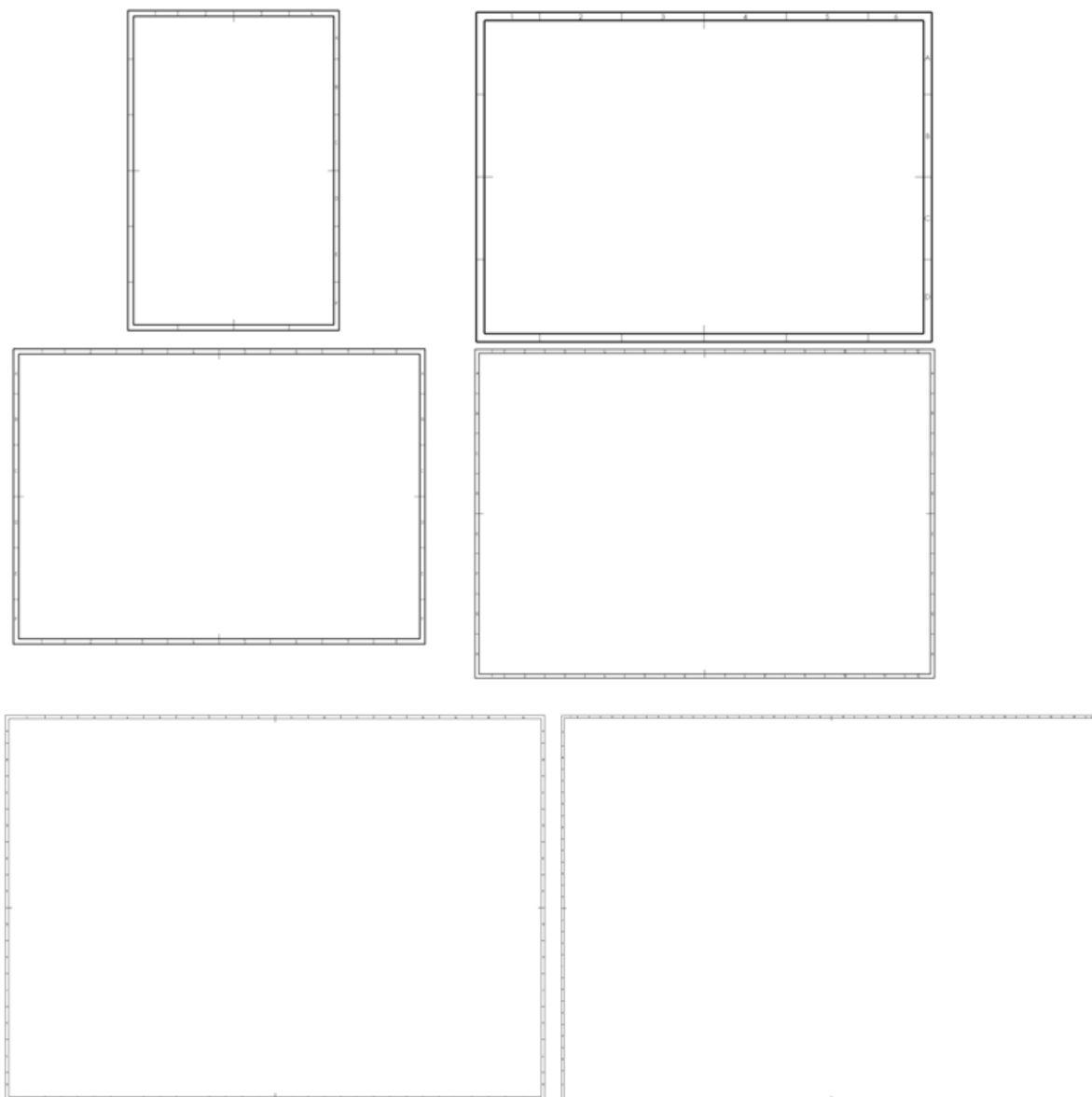
Uzimajući u obzir navedena pitanja, postaje jasno da nije moguće izraditi jedan skup predložaka koji će zadovoljiti različite potrebe izrade tehničkih crteža na fakultetu. Stoga su pri pripremi novih predložaka napravljeni različiti kompromisi, kako bi se u što većoj mjeri ispunile potrebe nastavnika.

3.4. Specifikacija za izradu novih predložaka

Pregled važećih normi za tehničko crtanje, proučavanje trenutnih predložaka za tehničko crtanje koje studenti dominantno koriste te njihove primjene u okviru studentskih radova, te razgovor s nastavnicima na fakultetu potvrdili su da postoji potreba za promjenama kako bi se uskladilo i pojednostavilo korištenje predložaka. Na primjer, usklađivanjem sustava referentne mreže predloška ne bi došlo do značajne promjene, no omogućilo bi se lakše snalaženje na crtežu. Proširivanjem, drugačijim pozicioniranjem i promjenom naziva podatkovnih polja u naslovnom bloku postigla bi se ujednačenost s normom čime bi se eliminirala zbunjenost i neinformiranost studenata te bi se olakšalo upisivanje i čitanje podataka. Pripremom odgovarajućih postavki za crtanje ujednačile bi se prakse oblikovanja sadržaja tehničke



dokumentacije. Na temelju svih nađenih saznanja specificirani su sljedeći zahtjevi za izradu predložaka:

- Predlošci trebaju biti izrađeni za standardne formate papira A4, A3, A2, A1 i A0. Za format A4 potrebno je izraditi okomitu i vodoravnu verziju predloška, dok je za ostale formate dovoljna vodoravna verzija.
- Okvir crteža treba biti oblikovan prema važećoj normi HRN EN ISO 5457:2008, uz jednu iznimku, a to je ne uključivanje oznaka za obrezivanje koje nisu relevantne uzimajući u obzir suvremene metode ispisa te digitalnu upotrebu crteža.




Slika 21. Okvir crteža za formate papira od A4 do A0

- Za svaki format potrebno je napraviti predloške za sklopni i za radionički crtež. Razlika je da predložak za sklopni crtež uključuje i sastavnicu s popisom pozicija u sklopu. Također, predložak za sklopni crtež može podrazumijevati izmjene naslovnog bloka.
- Naslovne blokove treba ponuditi u dvije različite verzije:
 - o Prva verzija uključuje male preinake postojećeg predloška koji se dominantno koristi, kako bi on bio bolje prilagođen normama i koristio nazivlja koja su razumljivija studentima. Podatkovna polja „Projektirao, Razradio“ promijenjena su u „Konstruirao“ jer u sklopu studentskih zadataka jedna osoba obavlja obje funkcije, a i zbog sličnosti s normom koja propisuje podatkovno polje „Izradio“. Budući da odobrenje daje mentor samog projekta ili programa ta dva podatkovna polja spojena su u jedno pod nazivom „Odobrio“. Prostor napomene proširen je kako bi se bitne informacije zadržale unutar naslovnog bloka i kako se ne bi oduzimao prostor projekcijama. Logo fakulteta zamijenjen je najnovijom dostupnom verzijom i prilagođen u CAD sustavu. Zbunjenost studenata najviše su izazivala podatkovna polja „Objekt, Objekt broj, R. N. broj“ koja su zamijenjena poljima „Sklop, Broj crteža sklopa“ radi povezanosti nazivima koji se koriste u nastavi čime je postignuta jasnoća naziva. Sam naziv crteža nije dovoljan da se razazna prava uloga dijela na crtežu pa je iz toga razloga dodan opis u polje „Naziv“. U slučaju potrebnih izmjena kod predaje programa ili radova dodano je polje „Rev.“ koje označavaju reviziju. Polje „Crtež broj“ promijenjeno je u „Broj crteža“ radi stilskog oblikovanja. Tablica tolerancija implementirana je u svakom radioničkom i sklopnom crtežu.

ISO - tolerancije		Datum	Ime i prezime	Potpis
		Konstruirao:		
		Crtao:		
		Pregledao:		
		Odobrio:		
		Napomena:		
		Materijal:	Sklop:	
		Masa:	Broj crteža sklopa:	
			Naziv, opis:	Format: A4
		Mjerilo:		Listova:
				List:
			Broj crteža:	Rev.:

Slika 22. Novi naslovni blok verzija 1

- Druga verzija uključuje značajne preinake predloška, odnosno predstavlja drugačiji pristup oblikovanju naslovnog bloka, gdje je cilj minimizirati broj potrebnih podatkovnih polja, uspostaviti hijerarhiju važnosti informacija te osloboditi što je više moguće prostora za same projekcije i pripadajući sadržaj. Tablica općih geometrijskih tolerancija propisana je normom u slučaju da određene dimenzije nemaju dodijeljene tolerancije. Logo fakulteta izmijenjen je najnovijom dostupnom verzijom i prilagođen CAD sustavima uz dopisana autorska prava koja zadržava fakultet. Podatkovna polja „Objekt i Objekt broj“ zamijenjena su poljima „Projekt i Veza s“ u svrhu jasnoće samih naziva koji su zbunjivali studente. Dodano je polje „Komada“ koje označava broj komada dijela kojeg se treba izraditi, „Revizija“ koje govori o eventualnom promjeni dijela, polje „Dimenzije“ radi lakše vizualizacije prostora koji zauzima dio. Polje vezano uz materijal u slučaju prikazivanja sklopa mijenja se u polje „Masa“. Polja „List i Listova“ spojeno je u jedno polje u kojem se prikazuje broj lista kroz ukupan broj listova. „Crtež broj“ promijenjeno je u „Oznaka crteža“. Podatkovna polja „Projektirao, Razradio, Crtao“ zamijenjena su sa poljem naziva „Konstruirao“ jer jedna osoba na fakultetu radi program u cijelosti.

Tolerancije mjera (ako nije drugačije naznačeno)		Projekt:		Komada:	Materijal:	 <small>Ovaj je dokument vlasništvo Fakulteta strojarstva i brodogradnje. Mora se na zahtjev vratiti i njegov sadržaj se ne smije umnožavati, ustupati drugome ili drugačije koristiti bez prethodne suglasnosti Fakulteta</small>	
Linearna toleranca x ----- ±0,5 mm	x,x ----- ±0,1 mm	Naziv:		Dimenzije:			
Kutna toleranca x ----- ±1°	x,x ----- ±0,1 mm	Datum	Ime i prezime	Potpis	Oznaka crteža:	Revizija:	
Obraditi bridove x,x ----- ±0,1°	Ostaviti radijuse 0,5/4,5°	Mjerilo:	Konstruirao				
		Format: A4	Pregledao		Veza s:	Pozicija:	List:
		[mm]	Odobrio				

Slika 23. Novi naslovni blok verzija 2

- Naslovni blok treba sadržavati važeći vizualni identitet FSB-a.



Slika 24. Važeći vizualni identitet FSB-a

- Potrebno je prilagoditi nazivlje polja sastavnice kako bi ona uključivala što veći broj informacija o pozicijama sklopa. Podatkovna polja sastavnice čitajući s lijeva na desno sadrže poziciju koja prikazuje taj dio sklopa na crtežu, naziv dijela, broj komada tog dijela koje sadrži sklop sa crteža, materijal od kojeg je izrađen dio, oznaku crteža u

slučaju da taj dio nije standardan ili oznaku standarda ako je standardan dio, broj modela i dimenzije u kojima se upisuju gabariti dijela te njegova masa.

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Materijal	Oznaka crteža / standard	Broj modela / dimenzije	Masa

Slika 25. Nova sastavnica

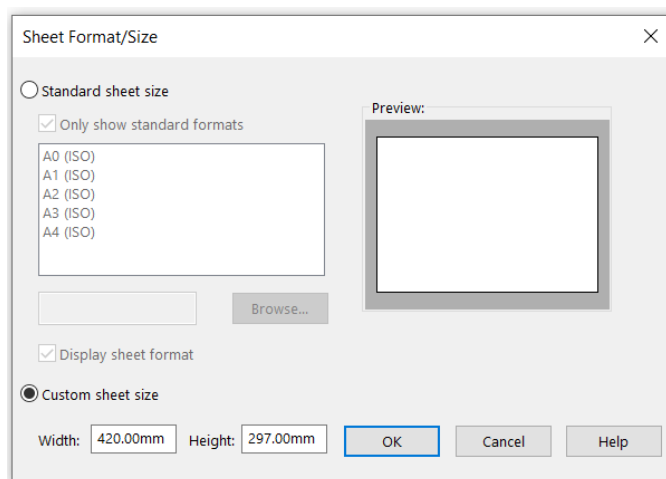
- Predložak treba, ako je to moguće, nositi informacije o zadanim tipovima i širinama crta, veličinama i vrsti fontova, načinima projiciranja, oznakama za presjeke, detalje i druge poglede, oblikovanja kota, prikaza tolerancija, i dr.
- Predlošci trebaju imati pripremljena polja za brži i lakši unos informacija.
- Predlošci trebaju biti vizualno skladni, a različita polja i natpisi uredno raspoređeni.

4. IZRADA NOVIH PREDLOŽAKA ZA TEHNIČKO CRTANJE

Poboljšanja koja su proizašla iz proučavanja normi, trenutnih predložaka za crtanje, razgovora s nastavnicima na fakultetu te istraživanjem završnih i diplomskih radova bit će implementirana u četiri različita CAD alata. Izrada novih predložaka za crtanje opisana je na formatu papira A3 jer je postupak analogan za sve ostale formate papira.

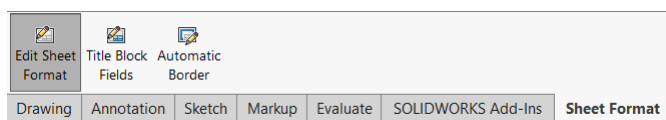
4.1. SolidWorks

Otvaranjem aplikacije *SolidWorks* > *Drawing* potrebno je izabrati opciju *Custom sheet format* i unijeti dimenzije papira, redom širina (eng. *Width*) pa visina (eng. *Height*), 420 mm x 297 mm te pritisnuti naredbu *OK* [Slika 26].



Slika 26. Unošenje dimenzija papira

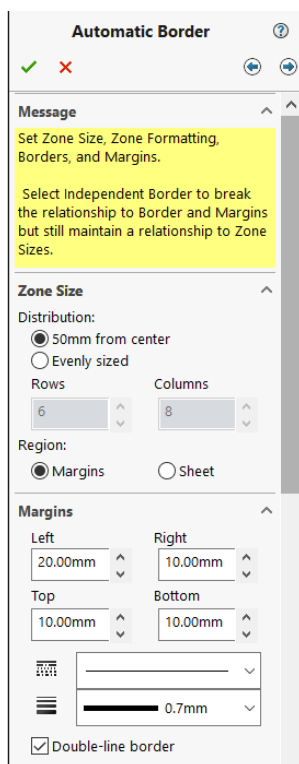
Pritiskom naredbe *OK* otvara se papir unesenih dimenzija nakon čega je potrebno u alatnoj traci (eng. *Toolbar*) odabrati naredbu *Uredi format papira* (eng. *Edit sheet format*) kako bi se omogućilo uređivanje format lista (eng. *sheet format*).



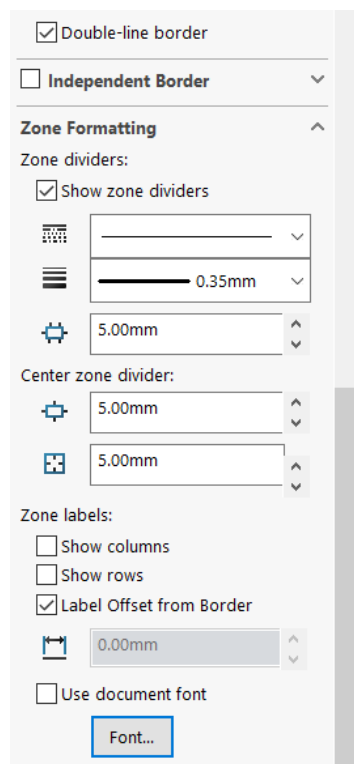
Slika 27. Odabir naredbe *Edit sheet format*

4.1.1. Izrada okvira za crtanje i sustava referentne mreže

Prvenstveno je potrebno definirati dimenzije prostora za crtanje koji je omeđen okvirom za crtanje i sustavom referentne mreže pa u alatnoj traci (eng. *Toolbar*) odabirom naredbe *Automatska granica* (eng. *Automatic border*) otvara se dijaloški okvir (eng. *Dialog box*) u kojem se namještaju parametri okvira za crtanje i sustava referentne mreže [Slika 28] i [Slici 29].

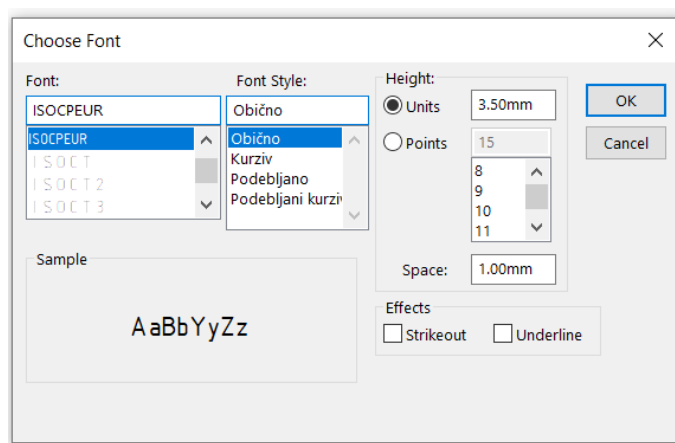


Slika 28. Parametri okvira



Slika 29. Parametri sustava referentne mreže

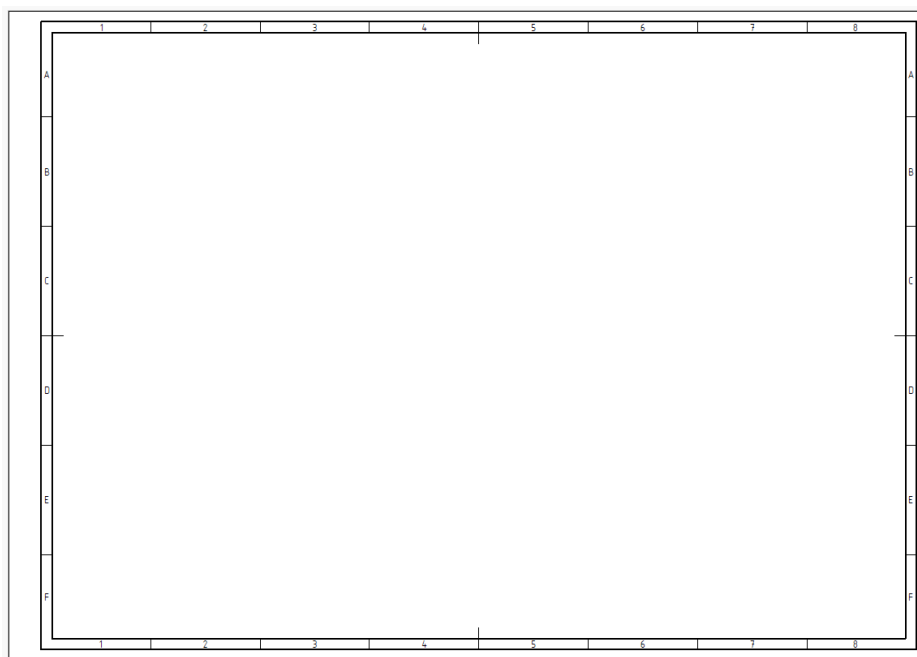
Predlošci za crtanje podešeni su na veličinu teksta u iznosu od 2,5 mm pa je potrebno naredbom *Font* promijeniti veličinu teksta na 3,5 mm kako bi norma HRN EN ISO 5457:2008 bila zadovoljena, način promjene je prikazan na slici [Slika 30].



Slika 30. Podešavanje veličine teksta

Budući da se naredbama Pokaži retke (eng. *Show rows*) i Pokaži stupce (eng. *Show columns*) prikazanima na slici 29 redovi (eng. *Rows*) i stupci (eng. *Columns*) ispunjavaju slovima i znamenka obrnutim redom od propisanog normom HRN EN ISO 5457:2008 potrebno ih ručno namjestiti.

Konačni rezultat okvira za crtanje i sustava referentne mreže sa oznaka za centriranje prikazan je na slici 31.





Slika 31. Okvir crteža, sustav referentne mreže i linije za centriranje na formatu papira A3

4.1.2. Izrada naslovnog bloka i sastavnice

Samim završnim radom ponuđene su dvije različite verzije naslovnog bloka od kojih jedna prati normu i trenutne predloške za crtanje uz pojednostavljene nazive podatkovnih polja zbog bolje razumljivosti dok druga verzija uključuje značajne preinake naslovnog bloka, gdje je cilj minimizirati broj potrebnih polja, uspostaviti hijerarhiju važnosti informacija te osloboditi što je više moguće prostora za same projekcije i pripadajući sadržaj.

Kreiranjem pravokutnika širine 180 mm pomoću širine crta 0,35 mm u desnom donjem kutu prostora za crtanje dobivaju se granice naslovnog bloka, zatim se određenim crtama postiže željeni raspored podatkovnih polja u koja se opisuju njihovi nazivi. Određena podatkovna polja imaju mogućnost automatskom popunjavanja, dok su u ostala podatkovna polja dodane prazne kućice u koje se unosi tekst prilikom ispunjavanja [Slika 32 i 33].

ISO - tolerancije		Datum	Ime i prezime	Potpis
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Konstruirao:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crtao:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pregledao:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Odobrio:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Napomena: <input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materijal: <input type="checkbox"/>	Sklop: <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Masa: <input type="checkbox"/>	Broj crteža sklopa: <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	 Naziv, opis:	<input type="checkbox"/>	Format: A4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mjerilo:	<input type="checkbox"/>	Listova: <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		List: <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Broj crteža: <input type="checkbox"/>		Rev.: <input type="checkbox"/>

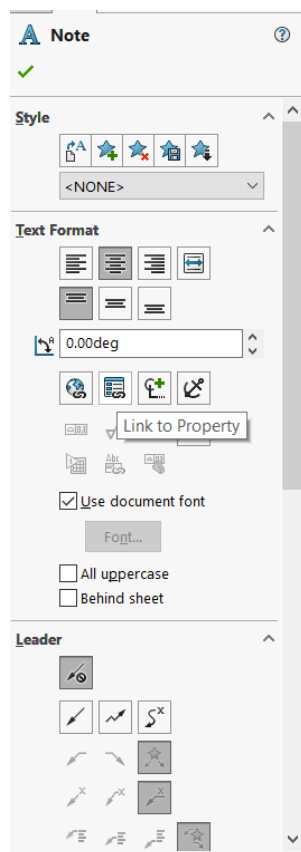
Slika 32. Mogućnost popunjavanja naslovnog bloka verzije 1

Tolerancije mjera (ako nije drugačije naznačeno)		Projekt:		Komada:	Materijal:	 Ovaj je dokument vlasništvo Fakulteta strojarstva i brodogradnje. Mora se na zahtjev vratiti i njegov sadržaj se ne smije umnožavati, ustupati drugome ili drugačije koristiti bez prethodne suglasnosti Fakulteta	
Linearna toleranca x ----- ±0,5 mm x,x ----- ±0,1 mm x,xx ----- ±0,01 mm		Naziv:		Dimenzije:			
Kufna toleranca x ----- ±1° x,x ----- ±0,1°		Datum	Ime i prezime	Potpis		Oznaka crteža:	Revizija:
Obraditi bridove x,x ----- 0,5/45° Ostaviti radijuse 0,5 mm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mjerilo:		Konstruirao	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Veza s:	Pozicija:
<input type="checkbox"/>		Pregledao	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Format: A3	[mm]	Odobrio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	List:
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Slika 33. Mogućnost popunjavanja naslovnog bloka verzije 2

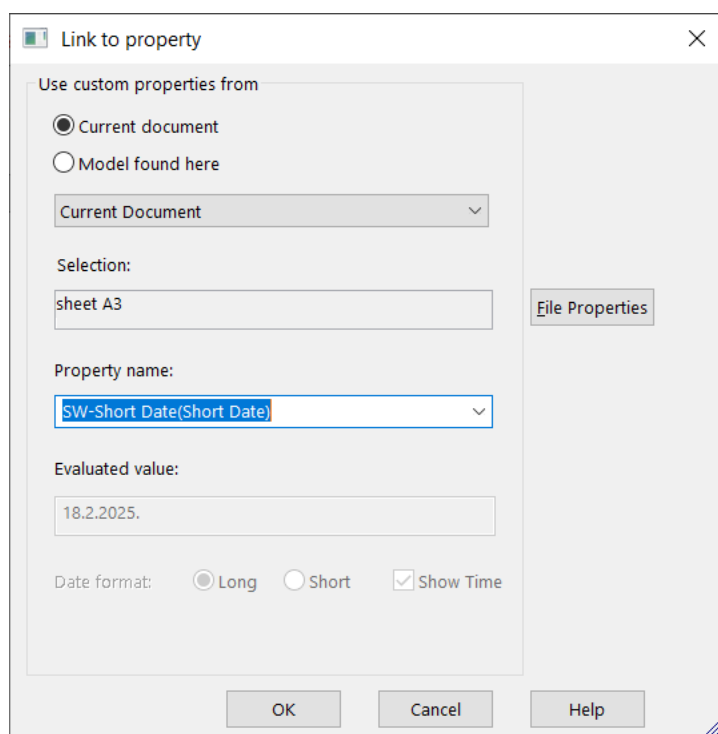
U slučaju verzije 1 podatkovna polja s automatskom ispunom su: datum te ime i prezime kraj polja crtao, materijal, masa, naziv, mjerilo, list, listova. Dok u slučaju verzije 2 podatkovna polja s automatskom ispunom su: materijal, naziv, dimenzije, list, mjerilo.

Klikom na praznu bilješku (eng. *Note*) za primjer možemo uzeti u stupcu podatkovnih polja „Datum“ na lijevoj strani se otvara okvir za uređivanja bilješke u kojem je potrebno odabrati naredbu Poveži s vlasništvom (eng. *Link to property*).



Slika 34. Okvir za uređivanje bilješke

Odabirom naredbe Poveži s vlasništvom (eng. *Link to property*) otvara se okvir za povezivanje bilješke s vlasništvom gdje je moguće namjestiti parametre, u ovom slučaju potrebno je izabrati kratki datum (eng. *Short date*) i naredbom *OK* potvrditi promjene.



Slika 35. Povezivanje bilješke s vlasništvom

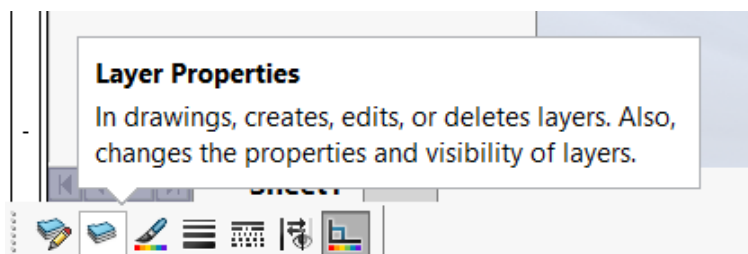
Sastavnica je smještena točno iznad naslovnog bloka, identične širine od 180 mm, kreiranjem pravokutnika te su odgovarajućim crtama izrađena podatkovna polja u koje su dodane prazne kućice za unošenje teksta.

☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Materijal	Oznaka crteža / standard	Broj modela / dimenzije	Masa

Slika 36. Mogućnost ppunjavanja sastavnice

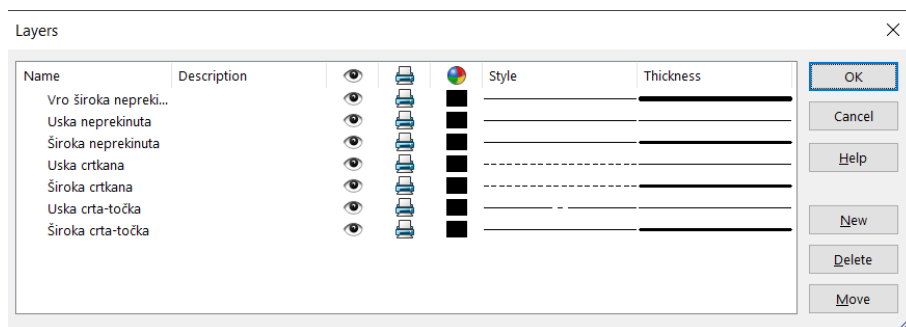
4.1.3. Izrada postavki za tehničko crtanje

Izrada slojeva crteža (eng. *Layers*) započinje odabirom naredbe Postavke slojeva (eng. *Layer properties*) u donjem lijevom kutu [Slika 37].



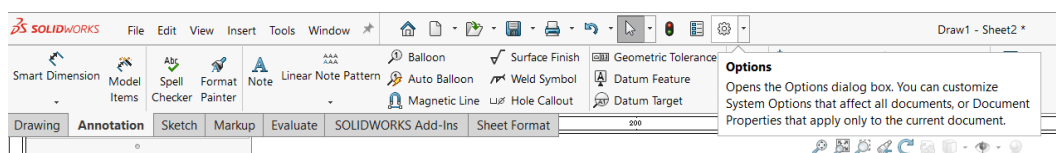
Slika 37. Postavke slojeva crteža

Otvora se okvir sa slojevima (eng. *Layers*) u kojem se dodaju slojevi odabirom naredbe novo (eng. *New*). Nakon podešavanja naziva, širine i tipa crte naredbom *OK* zatvaraju se postavke slojeva. Analogno su izrađeni svi potrebni slojevi.



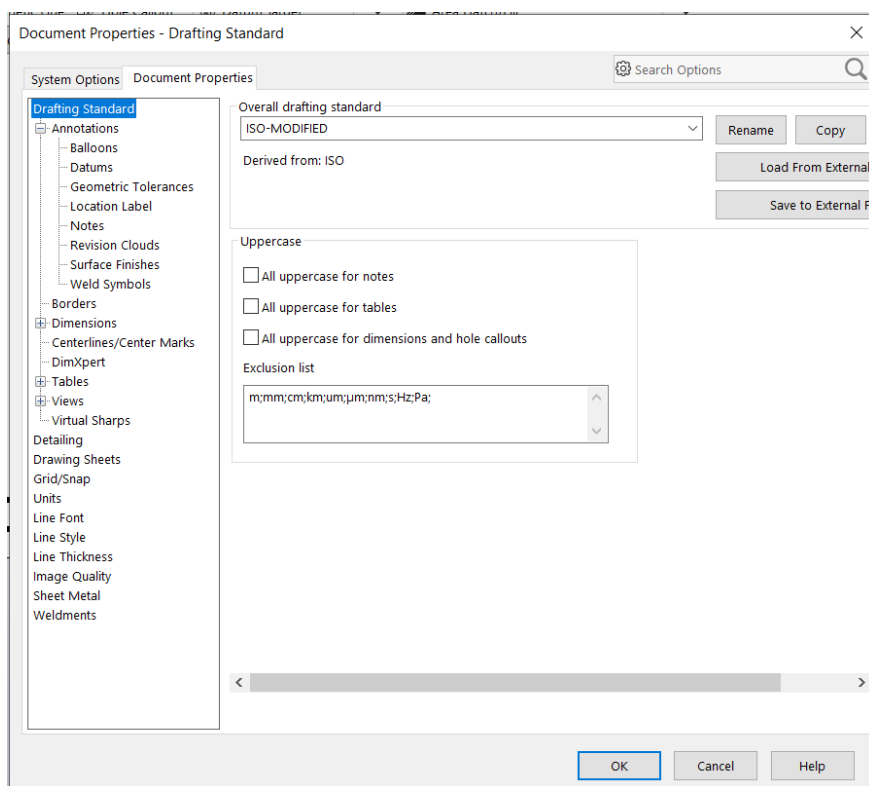
Slika 38. Izrada slojeva

Postavke je moguće postaviti odabirom naredbe Postavke (eng. *Options*) u odjeljku postavke dokumenta (eng. *Document properties*) koji se može pronaći na sredini alatne trake (eng. *Toolbar*).

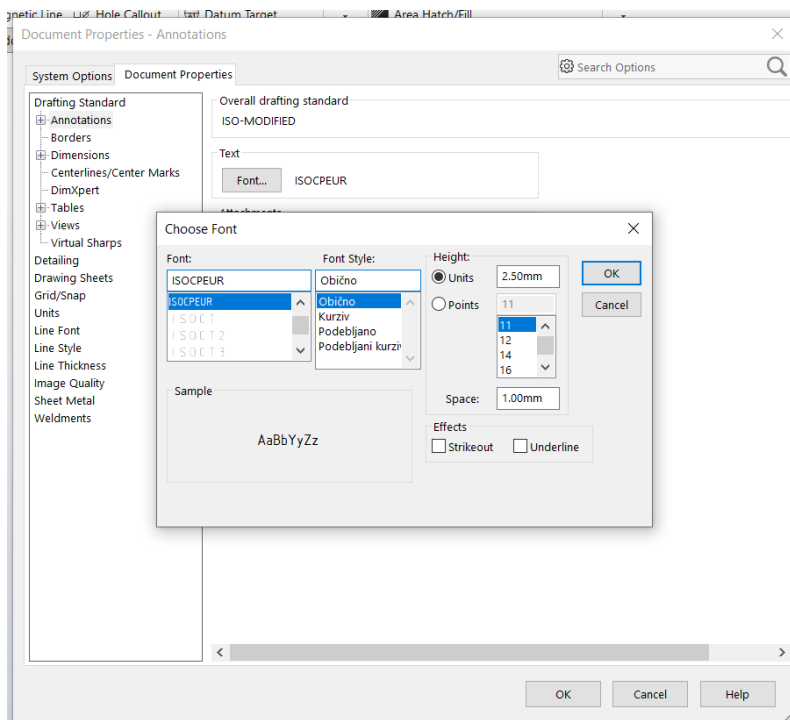


Slika 39. Alatna traka

U odjeljcima *Annotations*, *Dimensions*, *Tables* potrebno je promijeniti font u *ISOCPEUR* veličine slova 2,5 mm.

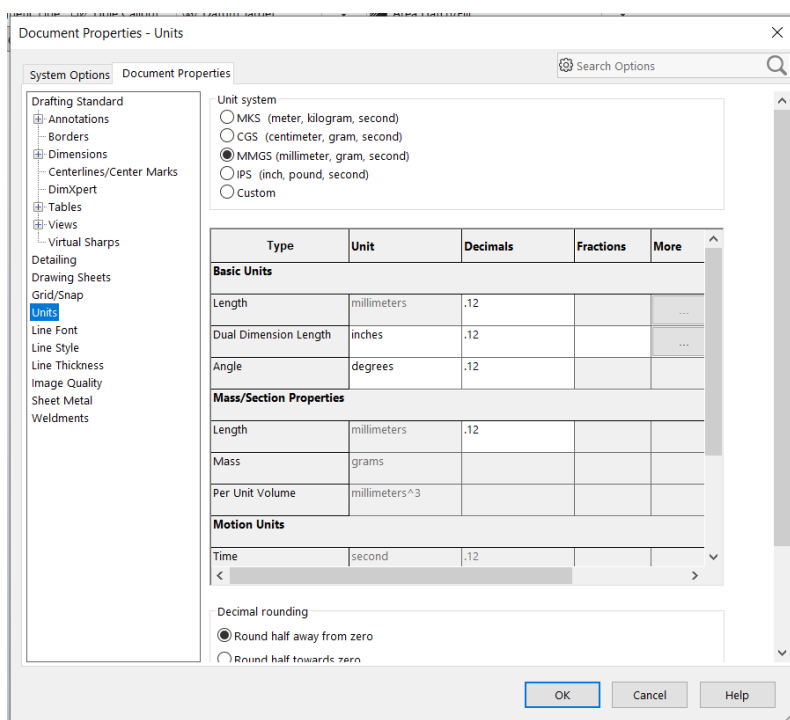


Slika 40. Postavke dokumenta



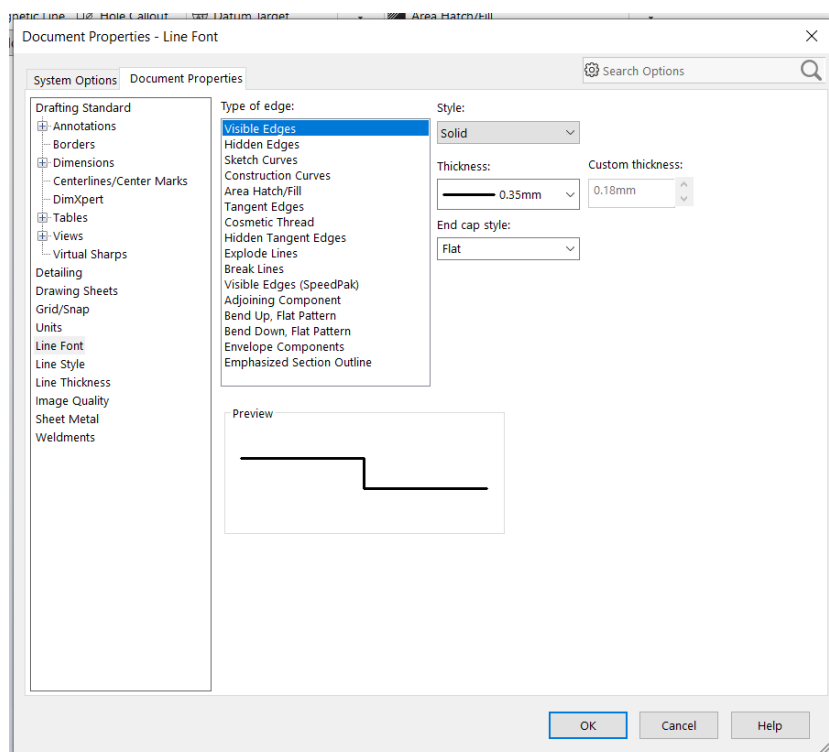
Slika 41. Promjena fonta i veličine teksta

Mjerne jedinice je moguće promijeniti pod naredbom Jedinice (eng. *Units*) kako je prikazano na slici 42.



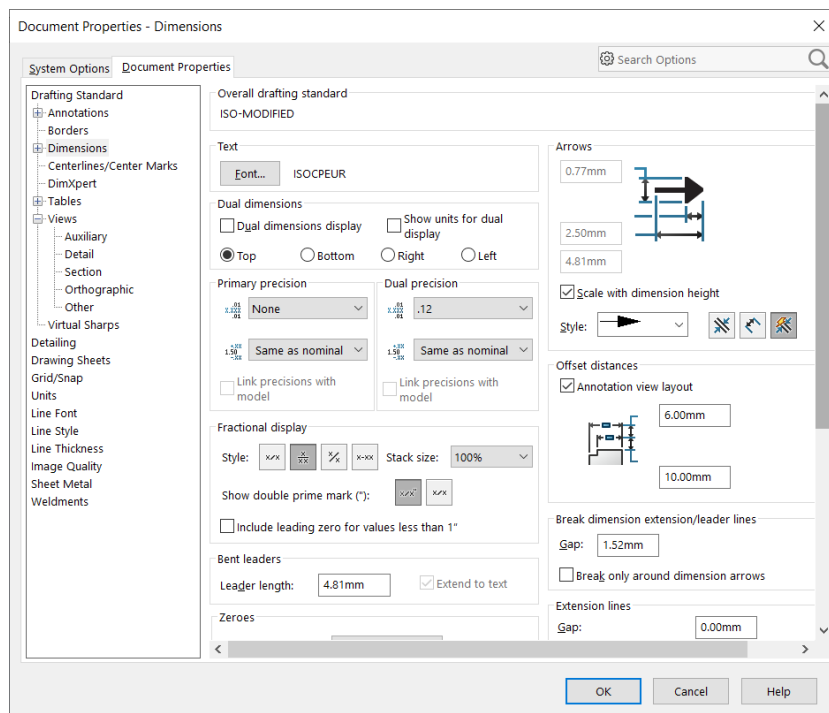
Slika 42. Promjena mjernih jedinica

Naredbom Font crte (eng. *Line Font*) potrebno je promijeniti širinu (eng. *Thickness*) crte na 0,35 mm za vidljive bridove (eng. *Visible Edges*).



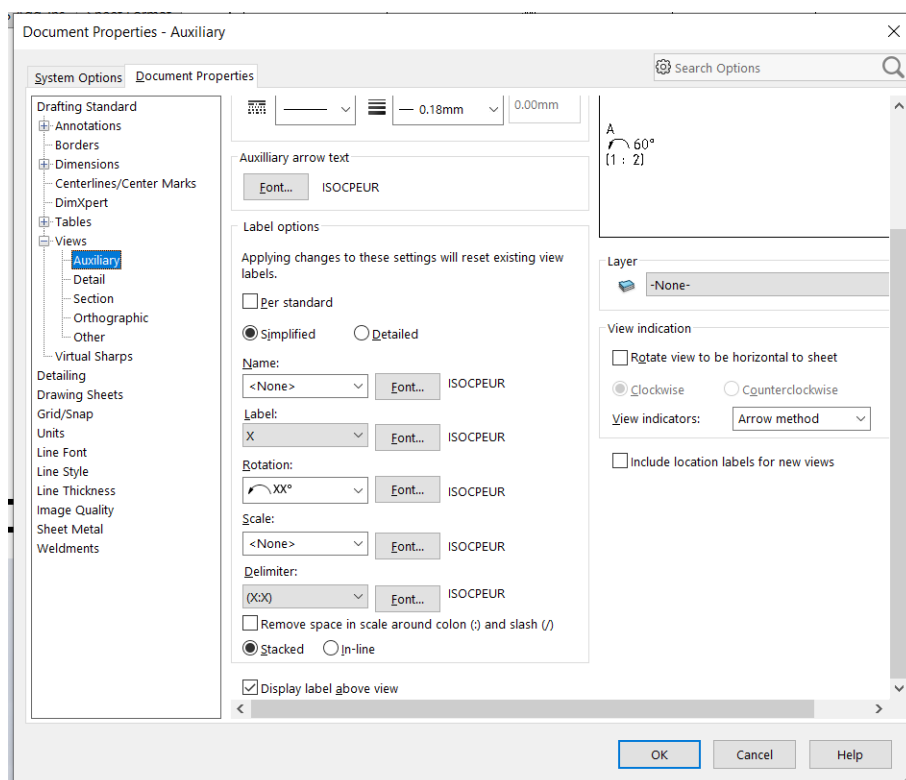
Slika 43. Promjena širine crte za vidljive bridove

Potrebno je dužinu glave strelice kod *Dimensions* uskladiti sa zadanom visinom teksta koja iznosi 2,5 mm potvrđivanjem naredbe *Skaliraj sa dimenzijom visine* (eng. *Scale with dimension height*). Uz to je potrebno i naredbu *Razmak* (eng. *Gap*) u dijelu *Extension lines* postaviti na 0 mm.

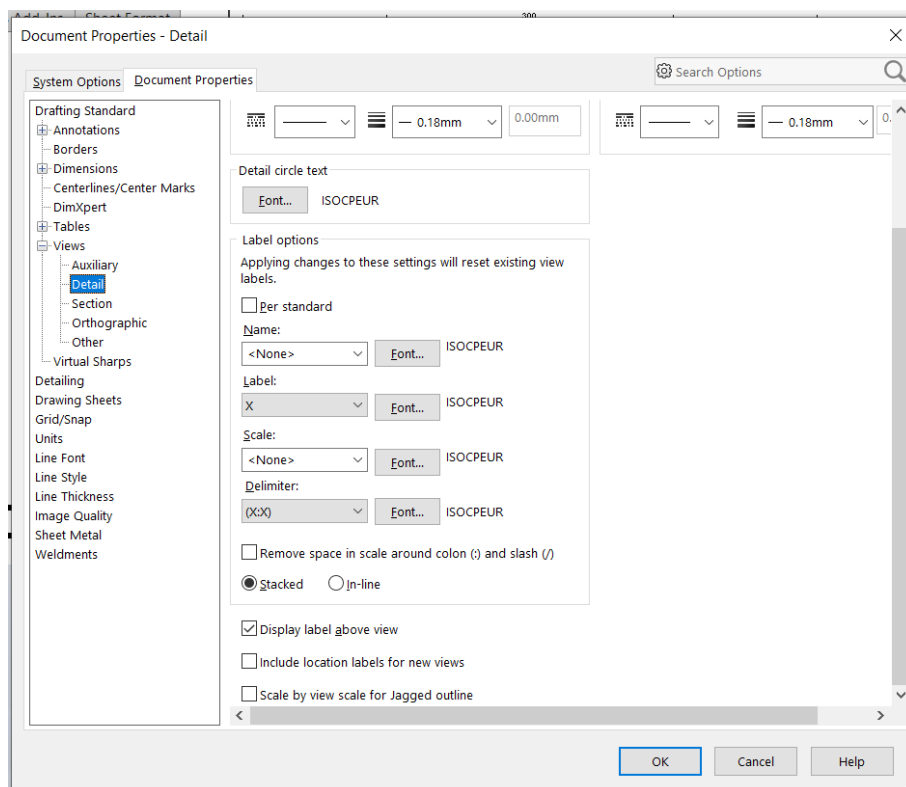


Slika 44. Postavke vezane uz kotiranje

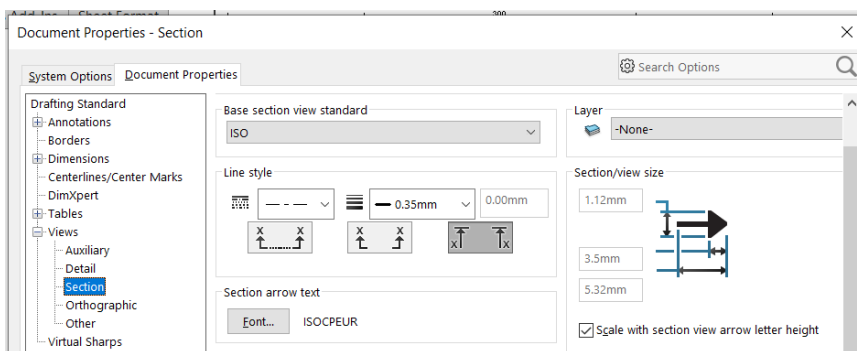
U odjeljku Pogledi (eng. *Views*) parametre je potrebno namjestiti kako je prikazano na slikama 45, 46, 47, 48, 49 i 50.



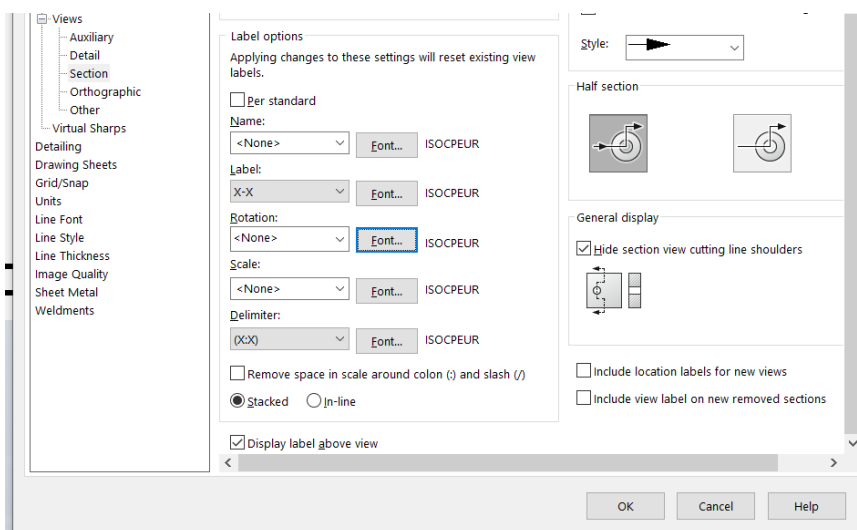
Slika 45. Parametri pomoćnog pogleda



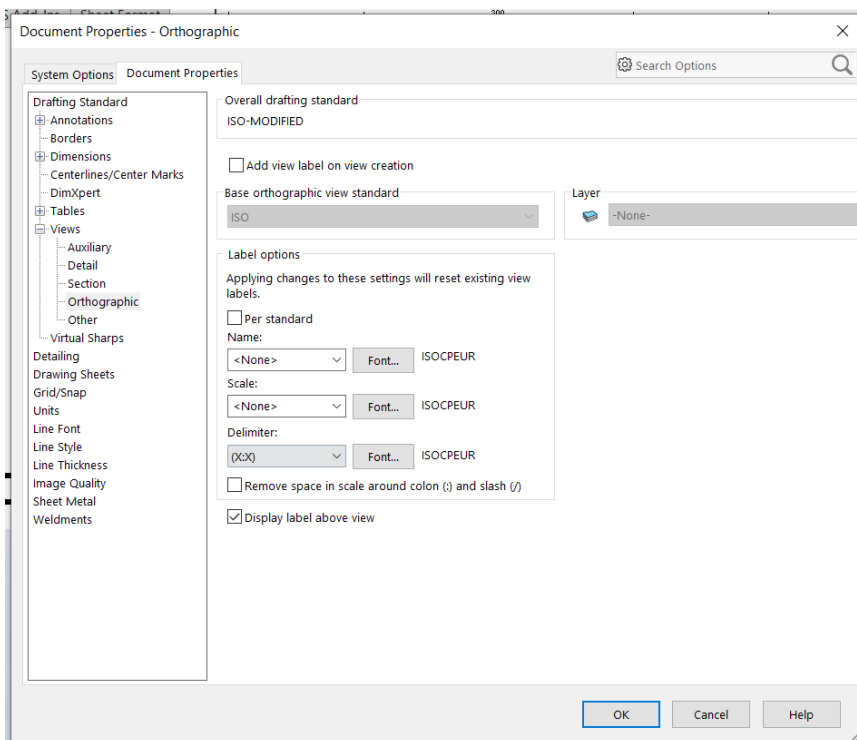
Slika 46. Parametri detalja



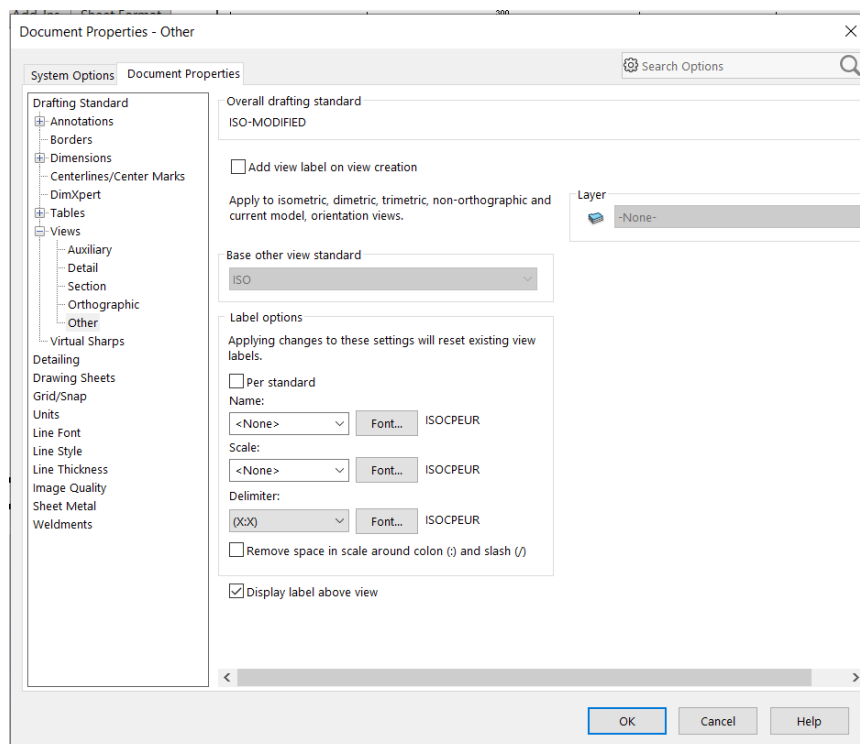
Slika 47. Parametri presjeka



Slika 48. Parametri presjeka - nastavak



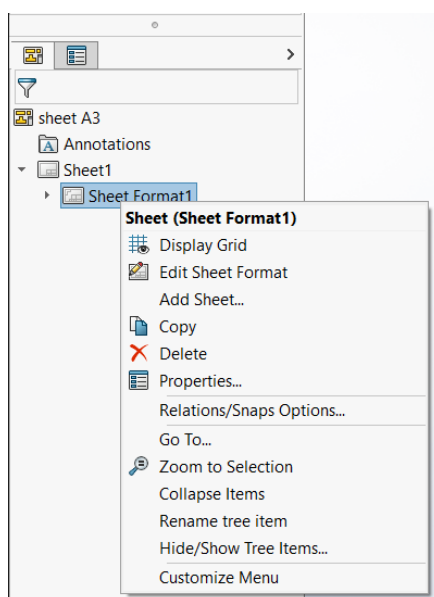
Slika 49. Parametri ortografskog pogleda



Slika 50. Parametri ostalih pogleda

4.1.4. Opis načina spremanja predložaka

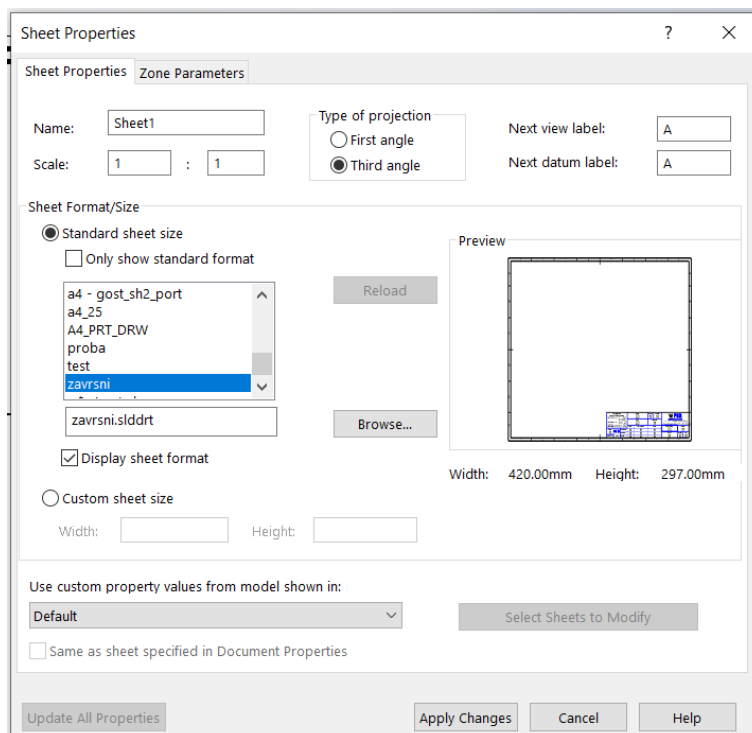
Naredbom Spremi format lista (eng. *Save sheet format*) pohranjuju se veličina, okvir crteža, naslovni blok, dok naredbom Predložak za crtanje (eng. *Drawing template*) pohranjuju se i sve postavke crtanja. Postupak spremanja okvira i zaglavlja započinje odabirom u gornjem lijevom kutu alatne trake (eng. *Toolbar*) naredbe Dokument (eng. *File*) i zatim Pohrani format lista (eng. *Save sheet format*).



Slika 51. Konstruktivsko stablo

Nakon toga je odabrano mjesto pohranjivanja datoteke, određen njezin naziv te je sve potvrđeno naredbom Spremi (eng. *Save*). Poslije spremanja okvira i zaglavlja (eng. *Save sheet format*) u konstrukcijskom stablu (eng. *Design tree*) je desnim klikom na Sheet Format1 odabrana naredba Postavke (eng. *Properties*) čime su otvorene postavke lista (eng. *Sheet Properties*).

U Postavkama lista (eng. *Sheet Properties*) naredbom Pregledaj (eng. *Browse*) potrebno je pronaći prethodno spremljeni okvir i zaglavlje (eng. *Sheet format*) te prihvatiti promjene (eng. *Apply Changes*).



Slika 52. Povezivanje lista s okvirom i zaglavljom

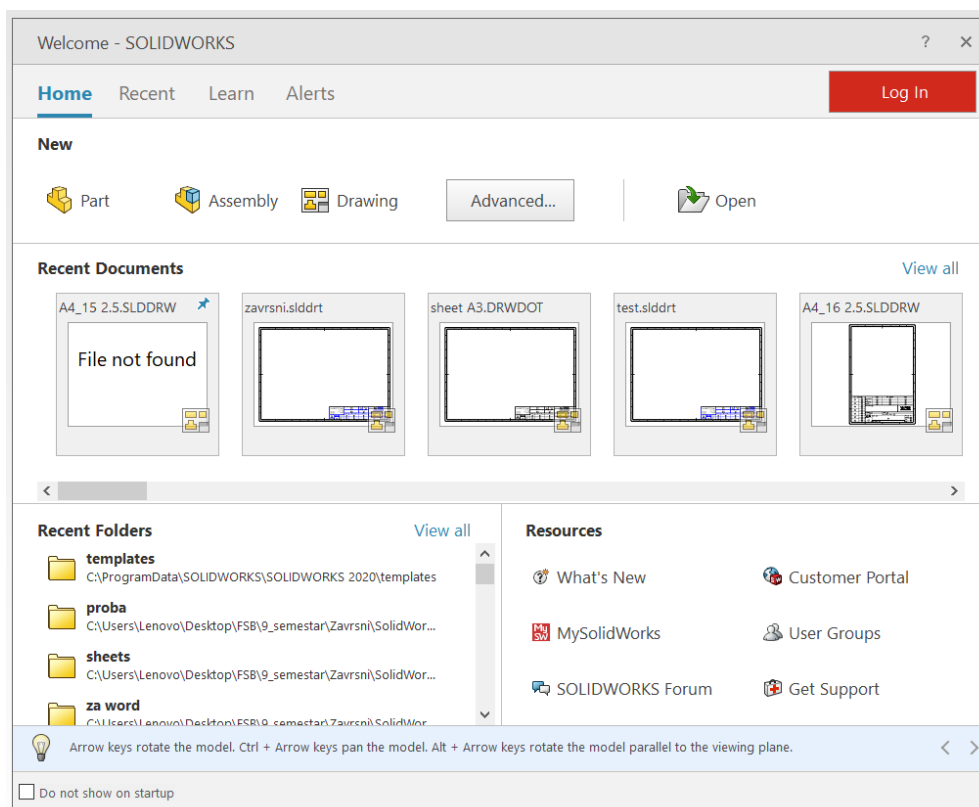
Nakon ovog koraka slijede promjene postavki tehničkog crtanja.

Spremanjem samih predložaka za crtanje (eng. *Drawing template*) potrebno je odabrati naredbu spremi kao (eng. *Save as*) u gornjem lijevom kutu alatne trake (eng. *Toolbar*) pod naredbom dokument (eng. *File*).

Otvora se mjesto pohranjivanja datoteke gdje je potrebno datoteci dodijeliti naziv i odabrati vrstu datoteke kao *Drawing Templates (*.drwdot)* naredbom Spremi u obliku (eng. *Save in form*).

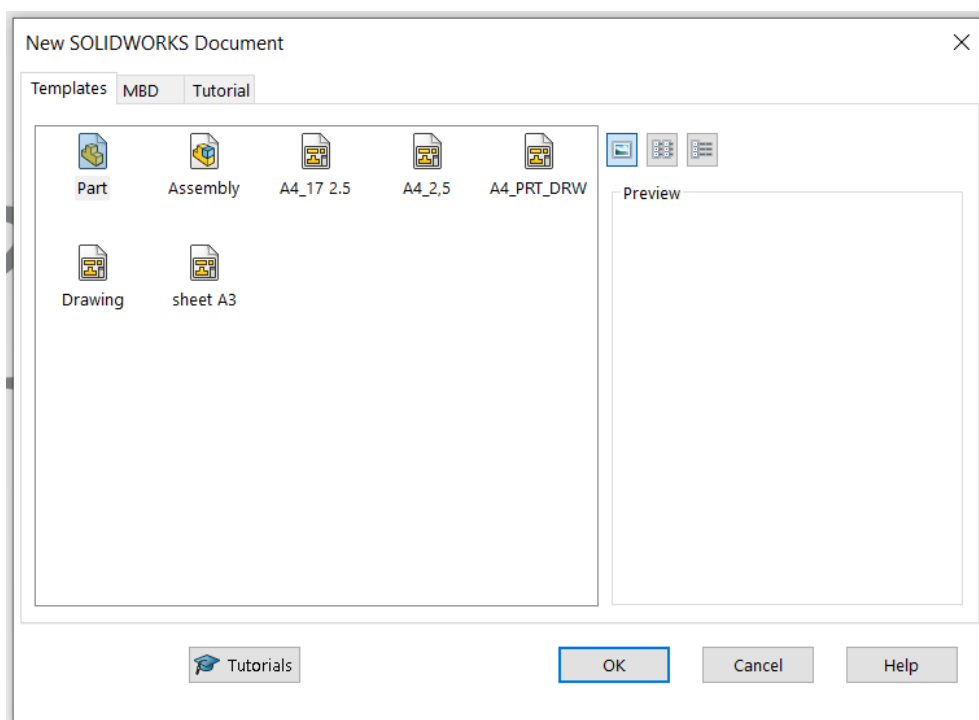
4.1.5. Opis načina kako se moraju koristiti novi predlošci

Otvaranjem aplikacije *SolidWorks* potrebno je odabrati naredbu Napredno (eng. *Advance*) čime se otvaraju predlošci za crtanje.



Slika 53. Otvaranje *SolidWorksa*

Nakon otvaranja predložaka za crtanje potrebno je izabrati predložak ovisni o formatu papira koji je potreban.



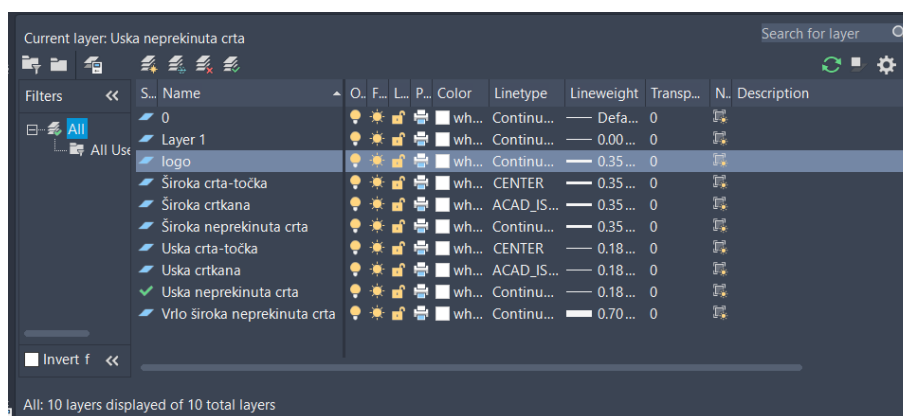
Slika 54. Odabir predložka za crtanje

4.2. AutoCAD

Otvaranjem AutoCAD-a odabrana je naredba Novo (eng. *New*), Odabir predloška (eng. *Browse template*) i tamo označen predložak pod nazivom „acadiso“ te je odabir potvrđen naredbom Otvori (eng. *Open*).

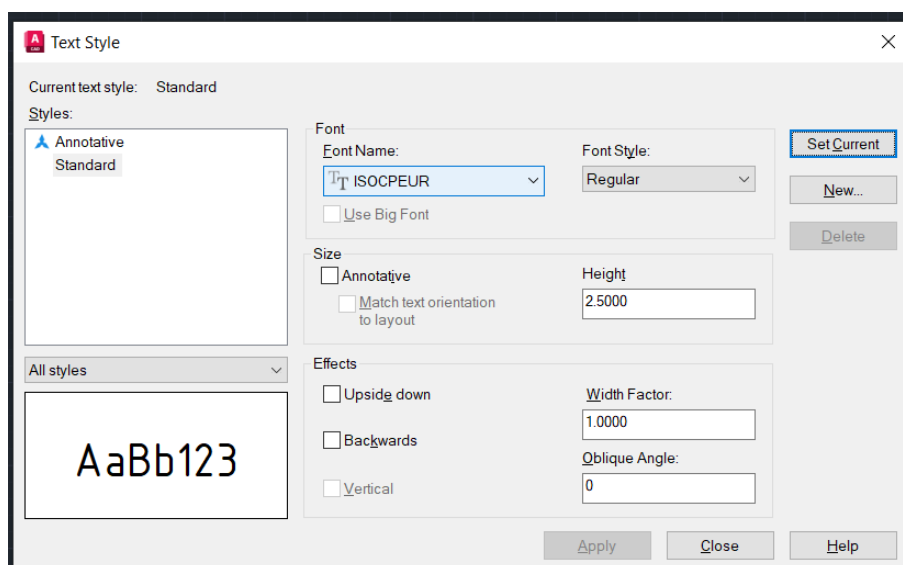
4.2.1. Kreiranje slojeva i podešavanje postavki crtanja

Naredbom Postavke slojeva (eng. *Layer properties*) otvoren je okvir za uređivanje, odnosno okvir za stvaranje novih slojeva. Naredba Novi sloj (eng. *New layer*) daje mogućnost stvaranja novog sloja te je potrebno namjestiti parametre crta kako je prikazano na slici 55.



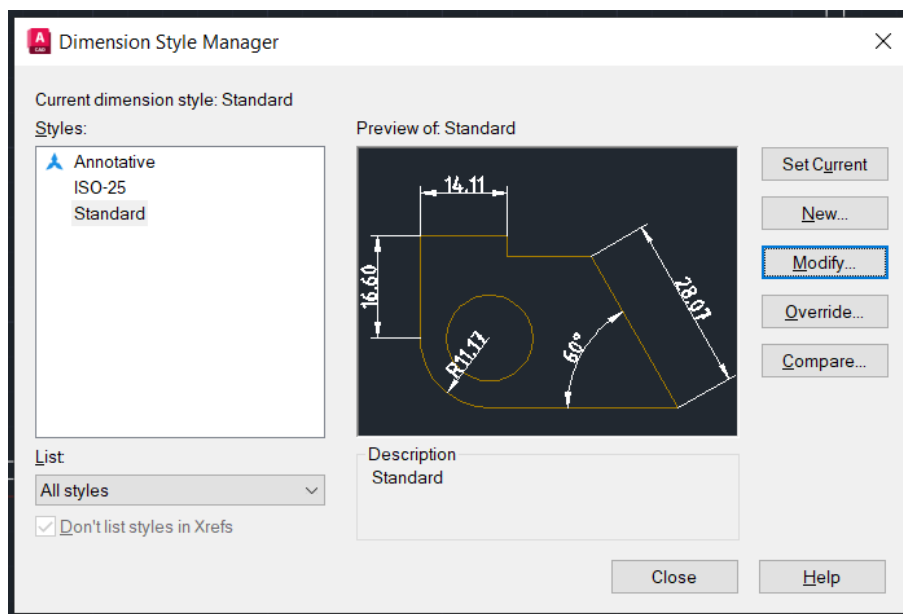
Slika 55. Kreiranje slojeva u AutoCAD-u

Naredbom Stil (eng. *STYLE*) otvoren je okvir za uređivanje zadanog fonta i veličine slova. Potrebno je namjestiti parametre kako je prikazano na slici 56 i naredbom Postavi trenutno (eng. *Set Current*) te naredbom Da (eng. *Yes*) potvrditi promjene.



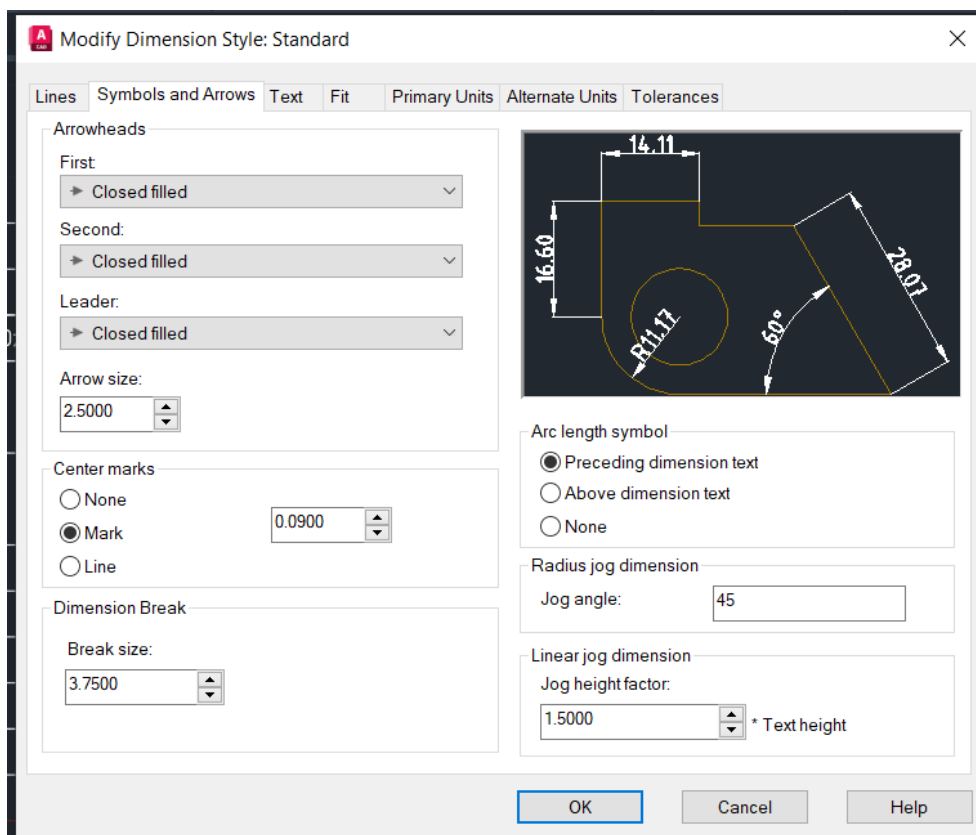
Slika 56. Postavljanje zadanog fonta i veličine slova u AutoCAD-u

Naredba Stil dimenzije (eng. *DIMSTYLE*) omogućuje otvaranje okvira za uređivanje kota.

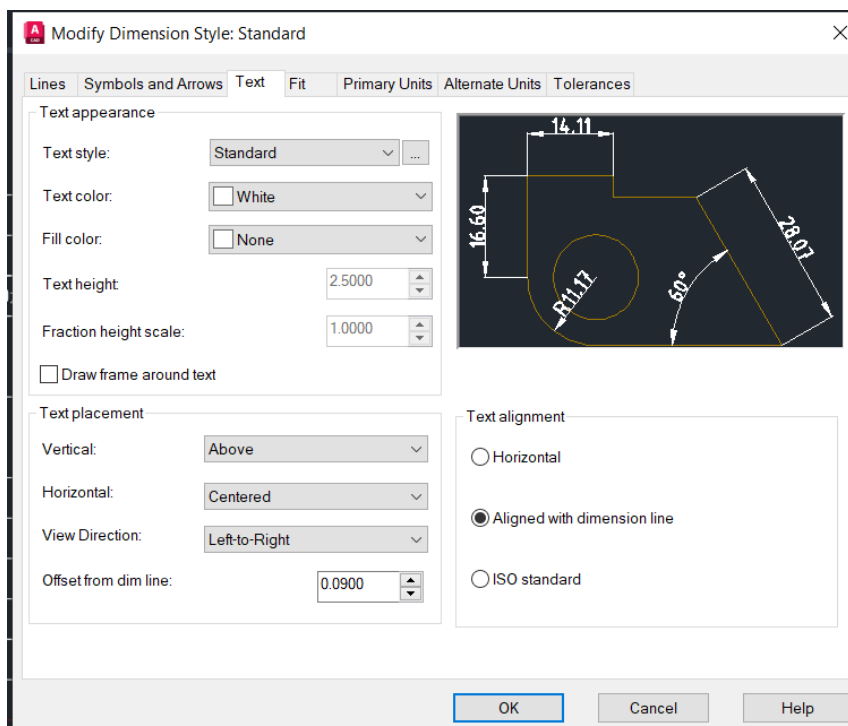


Slika 57. Okvir za uređivanje kota u AutoCAD-u

U okviru za uređivanje kota potrebno je odabrati stil „Standard“ i naredbu uredi (eng. *Modify*). Zatim je potrebno promijeniti veličinu kotnih strelica i pozicioniranje kotnog teksta te naredbom *OK* i *Zatvori* (eng. *Close*) potvrditi promjene.



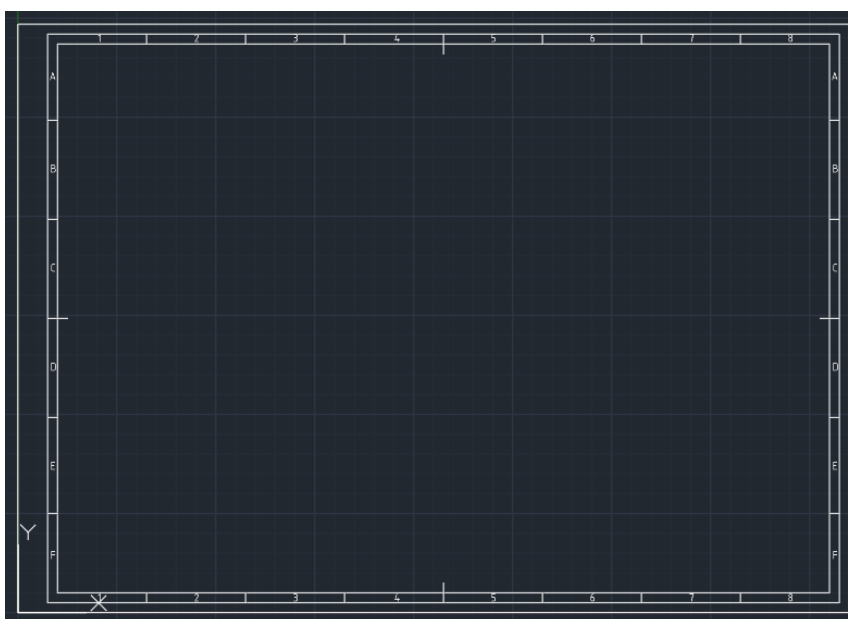
Slika 58. Promjena veličine strelica u AutoCAD-u



Slika 59. Promjena veličine teksta na kotama u AutoCAD-u


4.2.2. Izrada predložaka za tehničko crtanje

Korištenjem naredbi Linija (eng. *Line*), Pravokutnik (eng. *Rectangle*), Zamaknuti (eng. *Offset*), Tekst (eng. *Text*), Pomakni (eng. *Move*), Kopiraj (eng. *Copy*), Ubaci (eng. *Insert*) napravljen je okvir crteža kako je prikazano na slici 60. Granice okvira za crtanje i sustava referentne mreže napravljeni su pomoću ekstra širokih neprekinutih crta, a oznake za centriranje pomoću širokih neprekinutih crta [Slika 55].



Slika 60. Okvir crteža, sustav referentne mreže za format A3 papira u AutoCAD-u

Izrada naslovnog bloka i sastavnice uključivala je korištenje raznih slojeva za postizanje određene širine crta.

Tolerancije mjere (ako nije drugačije naznačeno)		Projekt:		Komada:	Materijal:	 Ovak je dokument vlasništvo Fakulteta strojarstva i brodogradnje. Mora se na zahtjev vratiti i njegov sadržaj se ne smije umnožavati, ustupati drugome ili drugačije koristiti bez prethodne suglasnosti Fakulteta.		
Linearna toleranca X ----- ±0,5 mm X,X ----- ±0,1 mm X,XX ----- ±0,01 mm		Naziv:		Dimenzije:				
Kutna toleranca X ----- ±1° X,X ----- ±0,1°		Datum:	Ime i prezime	Potpis		Oznaka crteža:	Revizija:	
Obraditi bridove 0,5/45° Ostaviti radijuse 0,5 mm		Mjerilo:	Konstruirao: 00.00.0000.			Veza s:	Pozicija:	List:
Format: A3			Pregledao:					
[mm]		Odobrio:						

Slika 61. Naslovni blok u AutoCAD-u

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Materijal	Oznaka crteža / standard	Broj modela / dimenzije	Masa

Slika 62. Sastavnica u u AutoCAD-u

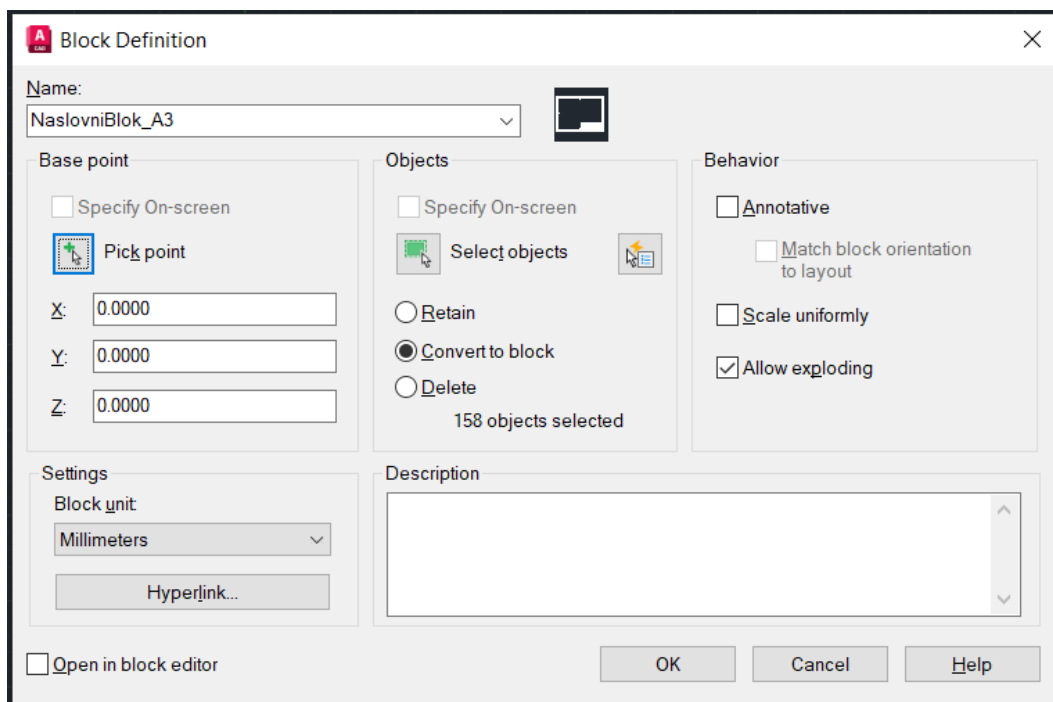
Pomoću naredbe Definiraj atribute (eng. *Define Attributes*) dodana su podatkovna polja koja se mogu automatski popuniti.

Oznaka crteža:		Revizija:	
OZNAKA_CRTEŽA		REV	
Veza s:		Pozicija:	List:
VEZA_S		POZICIJA	LIST

Slika 63. Atributi u AutoCAD-u

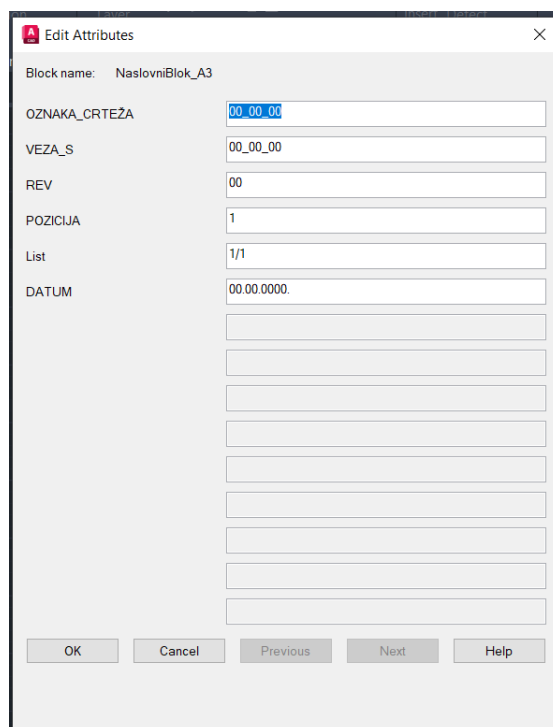
Iako izgleda da su veličina slova za označavanje crteža prevelika, kad se unesu brojke, kao na primjer „00_00_00“ odgovara veličini podatkovnog polja.

Naredbom *BMAKE* otvara se okvir koji omogućava stvaranje bloka. Bloku je potrebno dodijeliti Naziv (eng. *Name*), naredbom Označi objekte (eng. *Select objects*) potrebno je označiti podatkovna polja u koja se unose podaci redoslijedom kojim želimo da se ispunjavaju i zatim označiti cijeli crtež, naredba *Pick point* mora biti namještena na parametre (0, 0, 0) te naredbom *OK* potvrditi odabir [Slika 64].

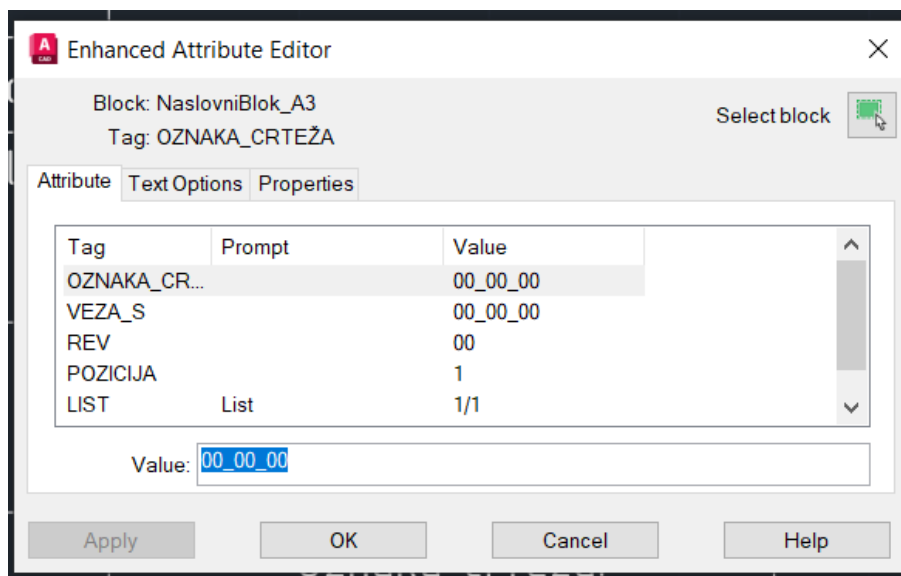


Slika 64. Stvaranje bloka u AutoCAD-u

Atribute je moguće mijenjati u okviru koji se odmah pojavi odabirom naredbe *OK*, duplim lijevim klikom miša na bilo koji atribut čime se otvara Poboljšani uređivač atributa (eng. *Enhanced Attribute Editor*) ili lijevom klikom miša na attribute i odabirom naredbe *Postavke* (eng. *Properties*).



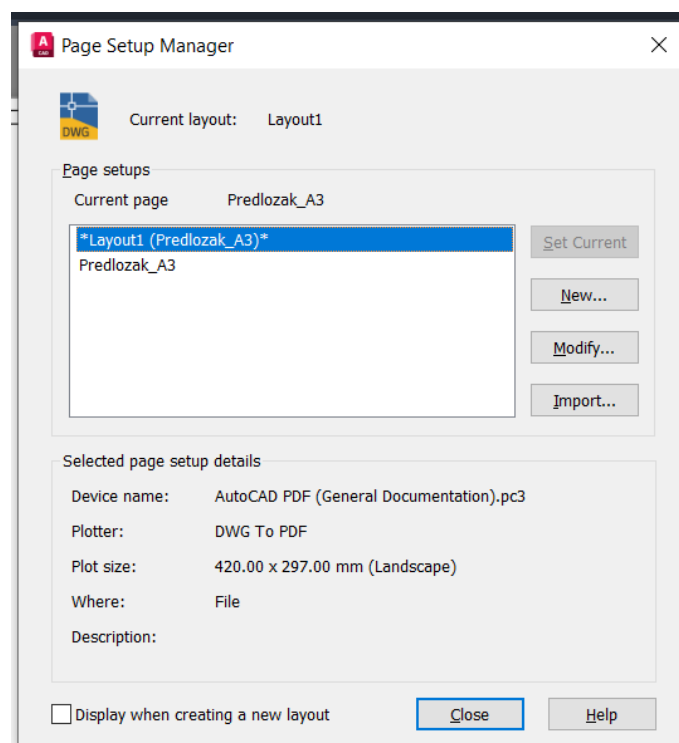
Slika 65. Mijenjanje atributa u AutoCAD-u



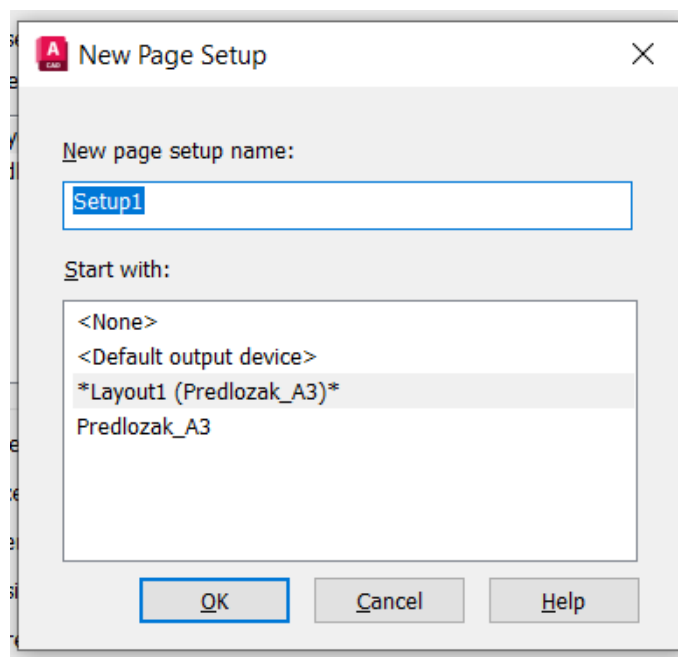
Slika 66. Poboljšani uređivač atributa

4.2.3. Opis načina spremanja predložaka

Potrebno je desnim klikom miša na „Layout 1“ odabrati naredbu Upravitelj postavljanja stranice (eng. *Page setup manager*) čime se otvara okvir prikazan na slici 67. U okviru je potrebno odabrati naredbu Novo (eng. *New*) čime se otvara okvir za postavljanje nove stranice (eng. *New Page Setup*) [Slika 68].

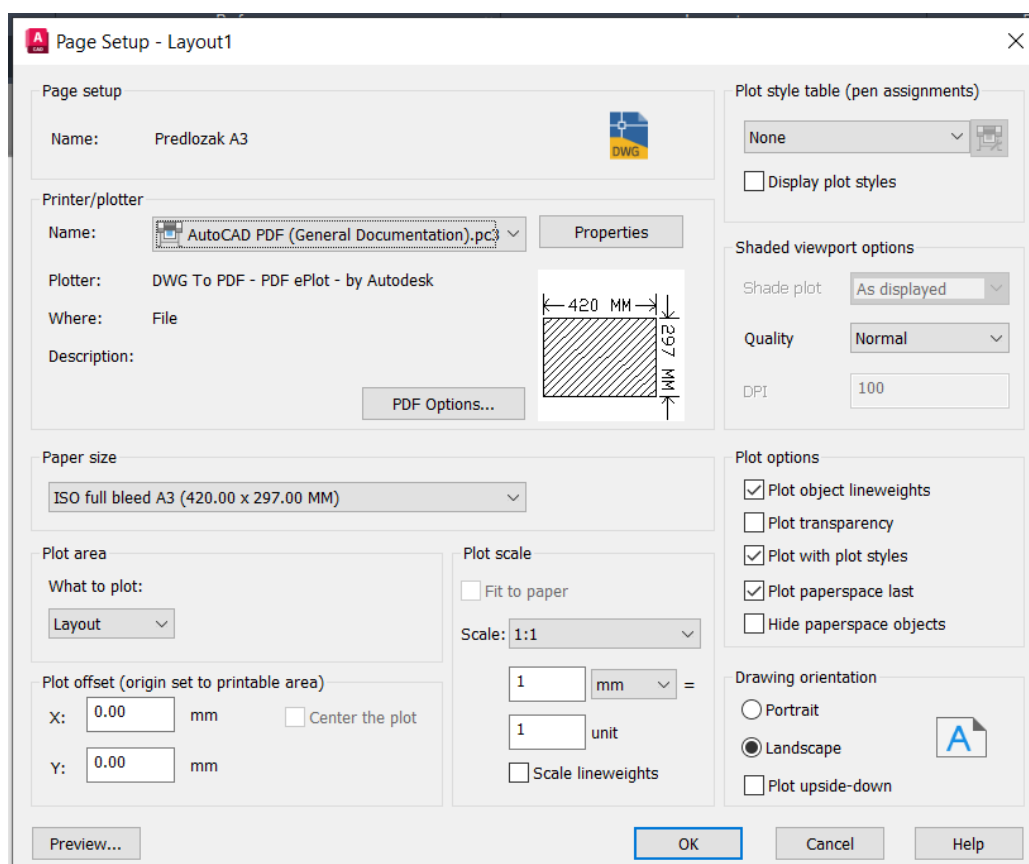


Slika 67. Upravitelj postavljanja stranice



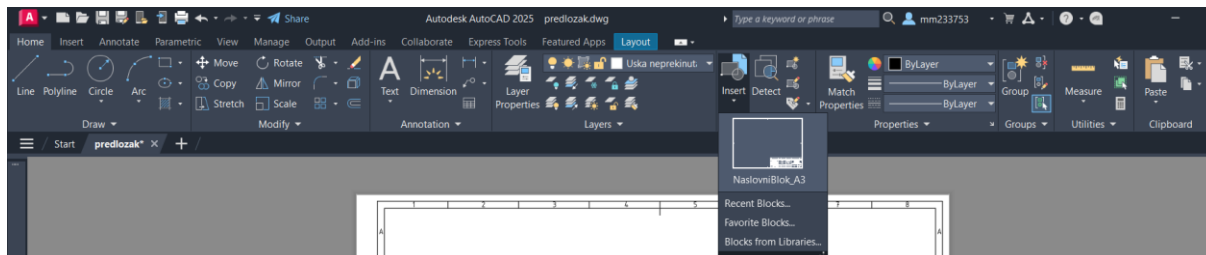
Slika 68. Postavljanje nove stranice u AutoCAD-u

U okviru za postavljanje nove stranice potrebno je novoj stranici dodijeliti naziv i potvrditi promjene naredbom *OK*, čime se otvara okvir za postavke postavljanja nove stranice gdje je potrebno postaviti parametre kako je prikazano na slici 69 i naredbom *OK* potvrditi promjene.



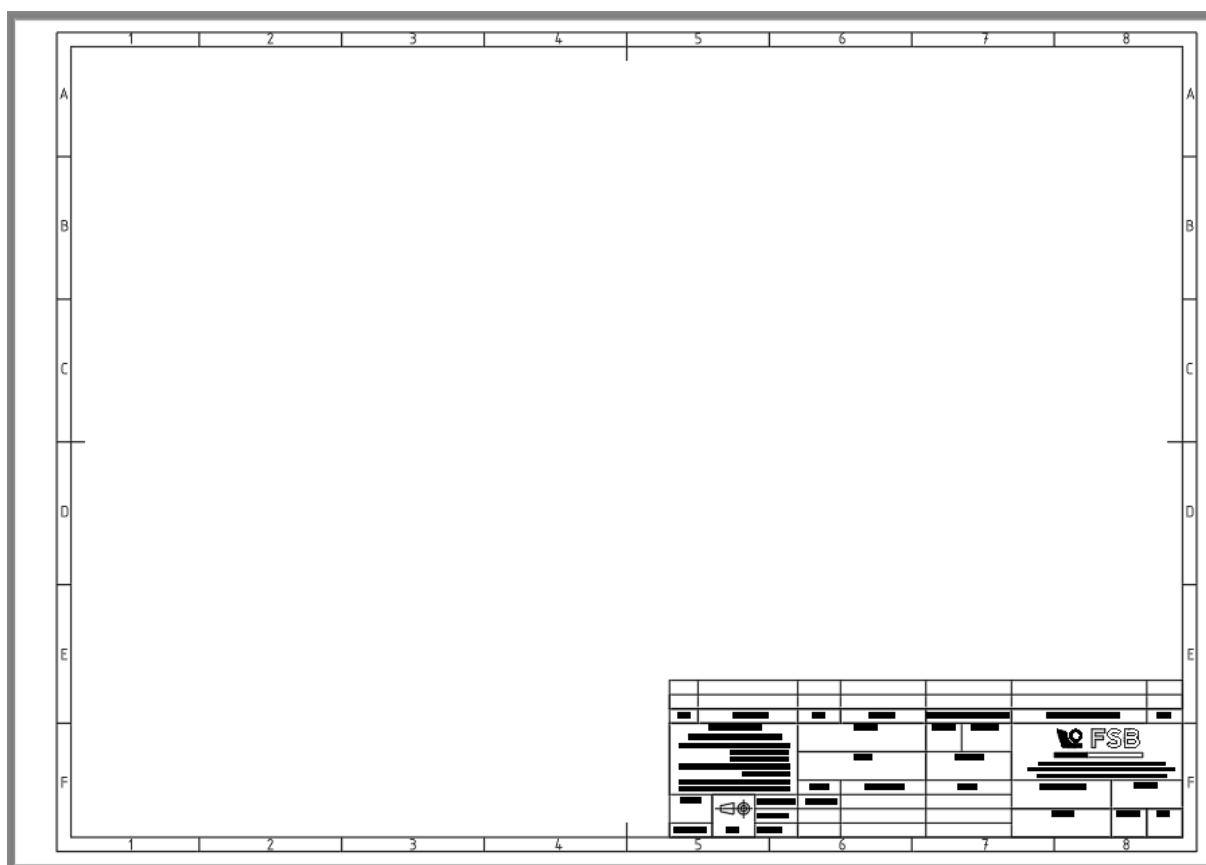
Slika 69. Postavke postavljanja nove stranice u AutoCAD-u

Na alatnoj traci (eng. *Toolbar*) je zatim potrebno odabrati naredbu Ubaci (eng. *Insert*) i odabrati ponuđeni predložak pod nazivom „NaslovniBlok_A3“.



Slika 70. Alatna traka, naredba Ubaci i naslovni blok u AutoCAD-u

Odabirom predloška potrebno ga je smjestiti u ishodište, odnosno donji lijevi kut papira kako je prikazano na slici 71.



Slika 71. Predložak za crtanje formata papira A3 u AutoCAD-u

Naredbom Spremi kao (eng. *Save as*) potrebno je predložak spremiti pod nazivom „Predložak A3“ u obliku DWT formata.

4.2.4. Opis načina kako se moraju koristiti novi predlošci

Otvaranje *AutoCAD*-a potrebno je odabrati naredbu Novo (eng. *New*), zatim Pretraži predloške (eng. *Browse templates*) i odabrati željeni predložak.

4.3. Onshape

Izrada predložaka u *Onshapeu* slijedi iz već izrađenih predložaka u *AutoCAD-u* ili *SolidWorksu*, odnosno ubacivanjem DWG formata predložka izrađenog u navedenim CAD sustavima.

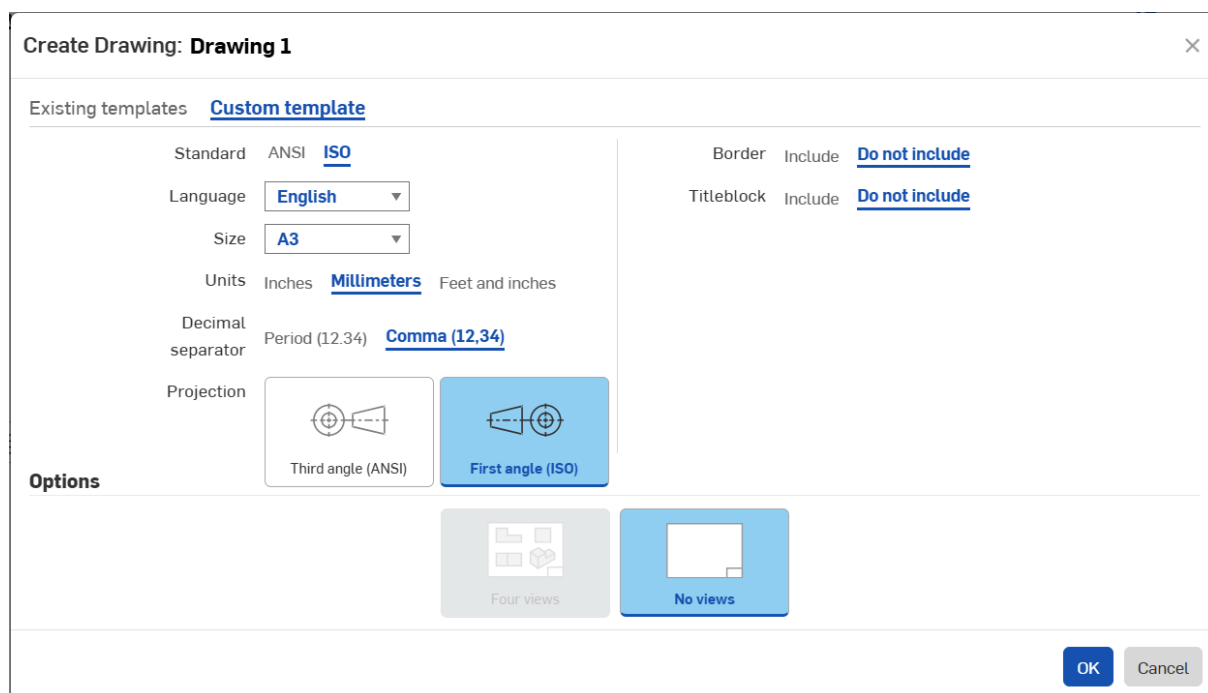
4.3.1. Izrada predložaka za crtanje

Otvaranjem *Onshapea* potrebno je odabrati naredbu kreiraj (eng. *Create*) u lijevom kutu i u njoj naredbu dokument (eng. *Document*).

Otvaranjem novog dokumenta potrebno mu je dodijeliti naziv i naredbom kreiraj (eng. *Create*) potvrditi promjene.

U lijevom kutu konstrukcijskog stabla (eng. *Design tree*) potrebno je odabrati naredbu ubaci novi prozor (eng. *Insert new tab*) i u njoj naredbu kreiraj crtež (eng. *Create Drawing*).

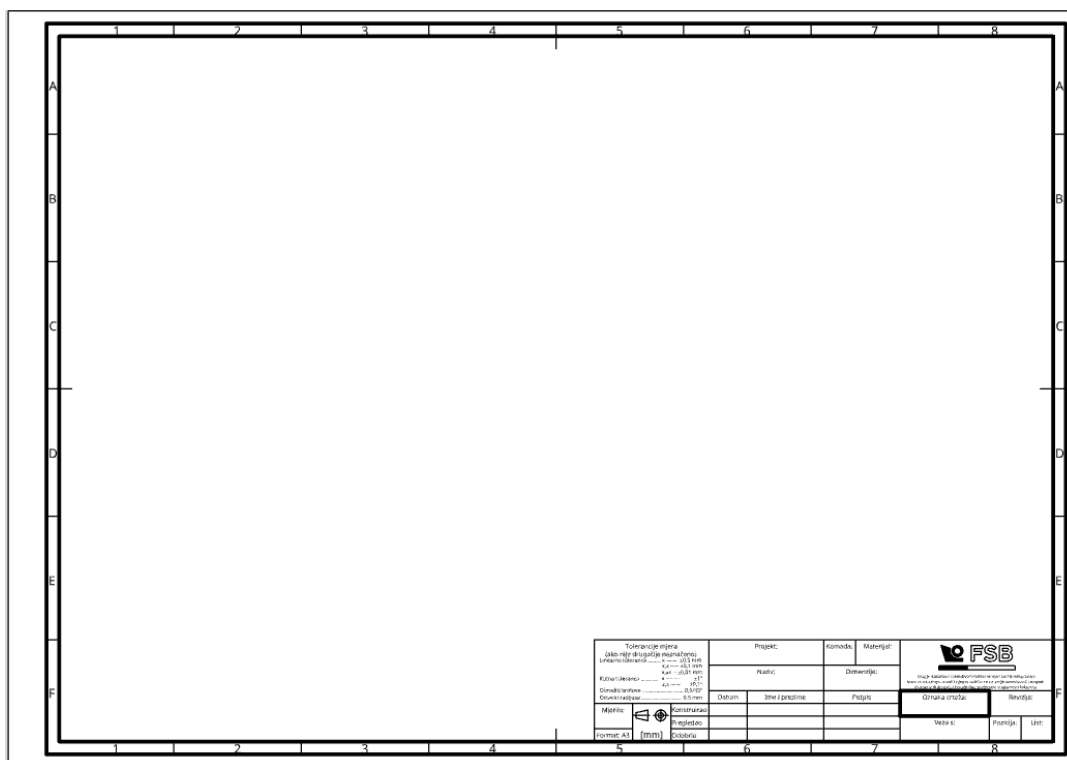
Kreiranjem crteža potrebno je prilagoditi parametre kako je prikazano na slici 72 i naredbom *OK* potvrditi izmjene parametara .



Slika 72. Prilagodba parametara za predložak u Onshapeu

Potvrdom izmjene parametara otvara se dijaloški okvir za odabir dijela ili sklopa (eng. *Select part or assembly*) u kojemu je potrebno odabrati naredbu ubaci (eng. *Import*).

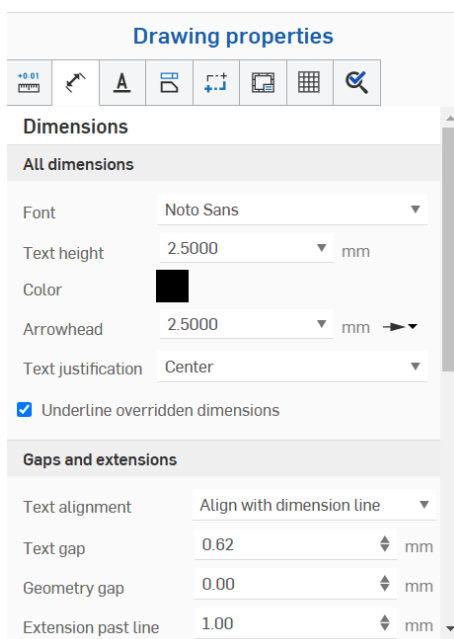
Iz mjesta pohrane datoteka DWG formata potrebno je odabrati prethodno spremljen predložak. Potvrdom odabira koristeći naredbu Otvori (eng. *Open*) dobivamo krajnji rezultat predložka kao na slici 73.



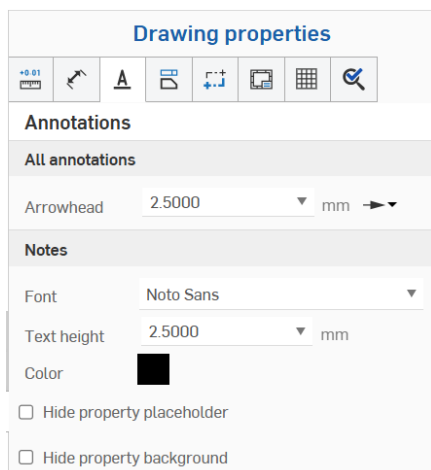
Slika 73. Predložak u Onshapeu

4.3.2. Izrada postavki za tehničko crtanje

Postavke se namještaju odabirom naredbe Postavke crtanja (eng. *Drawing properties*) na desnoj strani crteža. Parametri postavka crtanja moraju se namjestiti kako je prikazano na slikama. Font *ISOCPEUR* u *Onshapeu* nije dostupan pa se iz tog razlog koristi najslbličniji font, *Noto sans*. U svim postavkama font je *Noto sans*, veličine slova 2,5 mm.

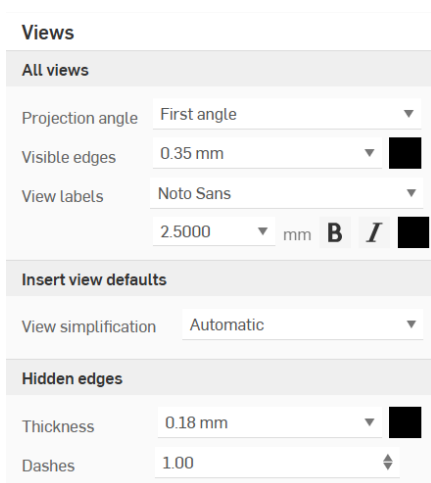


Slika 74. Postavke kotiranja u Onshapeu



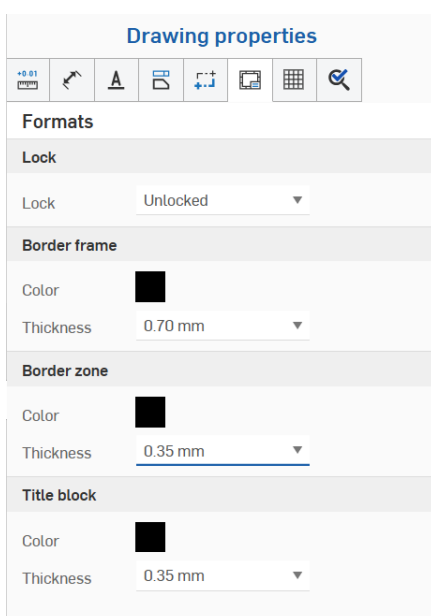
Slika 75. Postavke teksta u Onshapeu

Širina crti iznosi 0,35 mm za široku crtu i 0,18 mm za usku crtu u svim postavkama.

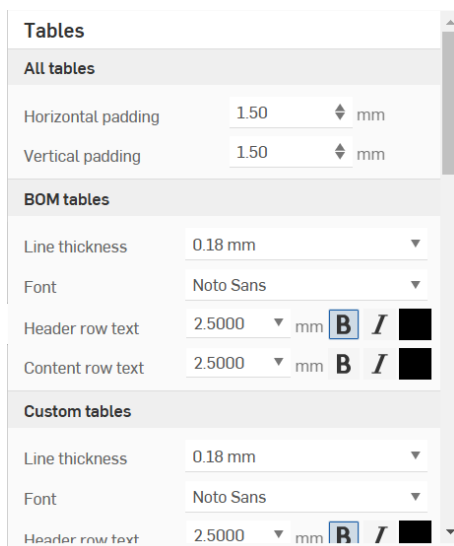


Slika 76. Postavke širina crta u Onshapeu

Širina linija za okvir crteža mora iznositi 0,7 mm i 0,35 mm za oznake za centriranje [Slika 77].



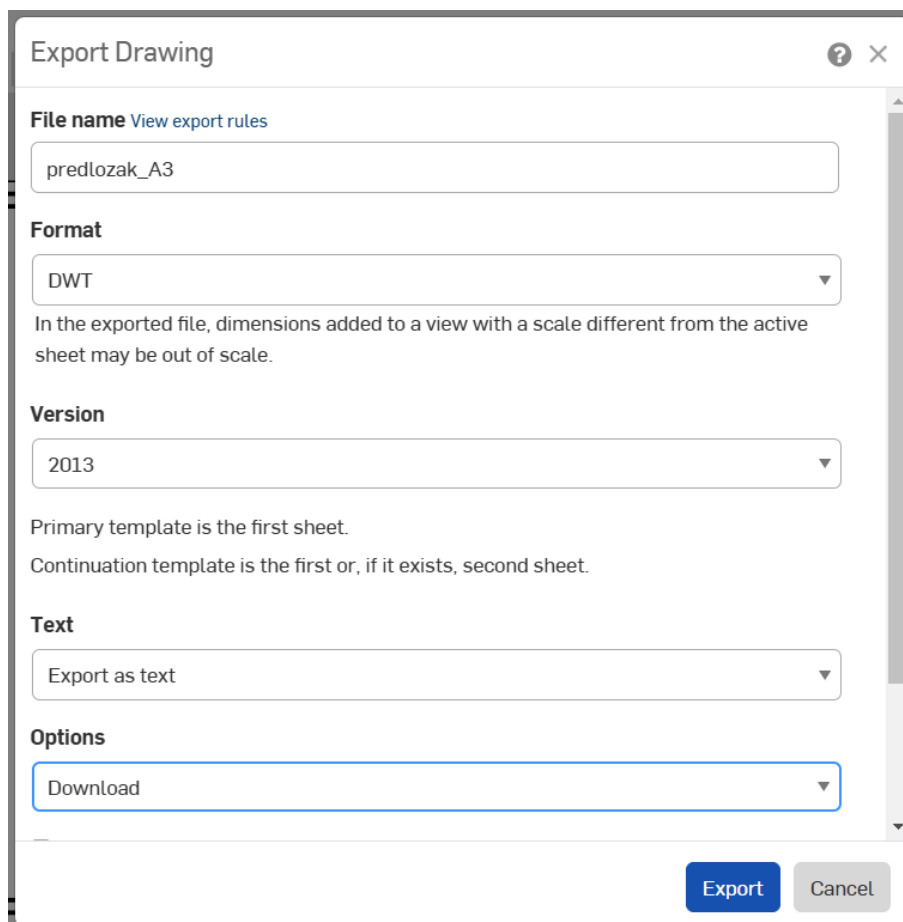
Slika 77. Postavke crteža u Onshapeu



Slika 78. Postavke tablica u Onshapeu

4.3.3. Opis načina spremanja predložaka za crtanje

Potrebno je pritisnuti desni klika miša na crtež 1 (eng. *Drawing 1*) i odabrati naredbu Izvoz (eng. *Export*). Odabirom naredbe izvoz (eng. *Export*) potrebno je namjestiti parametre kako je prikazano na slici 79 i potvrditi ih naredbom Izvoz (eng. *Export*).

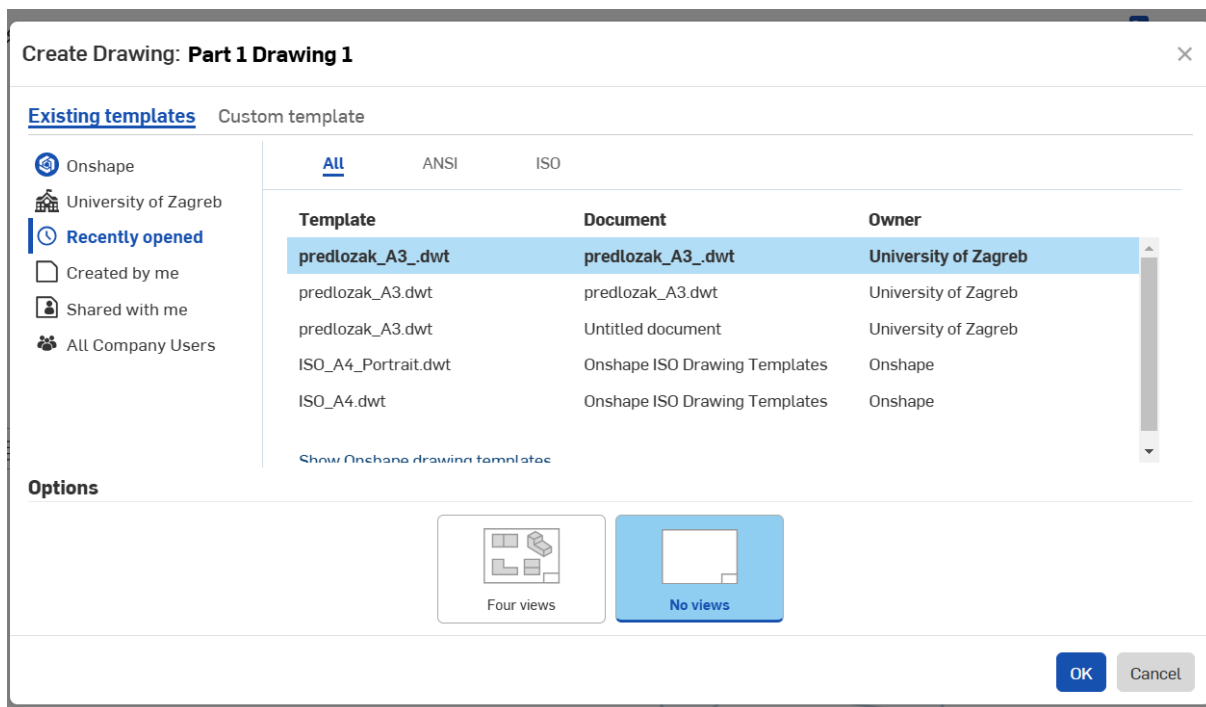


Slika 79. Potvrda parametara spremanja u Onshapeu

4.3.4. Opis načina kako se moraju koristiti novi predlošci

Preuzeti predložak za određeni format papira prvo je potrebno ubaciti (eng. *Import*) u *Onshape*. Zatim za neki dio ili sklop potrebno mu je dodijeliti naziv desnim klikom miša na dio 1 (eng. *Part 1*) i odabirom naredbe Promijeni naziv (eng. *Rename*).

Kada se dijelu dodijeli ime naredbom kreiraj crtež (eng. *Create Drawing of*) otvara se prozor za odabir predloška za crtanje gdje je potrebno odabrati kreirano (eng. *Created by me*) i odabrati zadani predložak te naredbom *OK* potvrditi odabir.



Slika 80. Odabir predloška u Onshapeu

5. ZAKLJUČAK

Proučavanje normi i analiza trenutnih predložaka za tehničko crtanje na Fakultetu strojarstva i brodogradnje pokazali su da, iako funkcionalni, predlošci ipak odstupaju od preporuka propisanih važećih normi, kao i od nekih potreba koje se javljaju u nastavi na Fakultetu. Odstupanja su najuočljivija kod normi kao što su HRN EN ISO 5457, HRN EN ISO 7200, HRN EN ISO 7573, HRN EN ISO 128, HRN EN ISO 129 i HRN EN ISO 3098 koje su vezane uz format crteža, naslovni blok, sastavnicu, pravila crtanja, dimenzioniranje i kotiranje te uz font teksta. Rezultati pregleda završnih i diplomskih radova daju naslutiti da studenti ne razumiju u potpunosti nazive i funkcije pojedinih podatkovnih polja koja se nalaze u naslovnom bloku kao i dobre prakse korištenja postavki crtanja potrebne za jednoznačan izgled crteža. Navedeni problemi ujedno su i glavni razlozi korekcije predložaka za crtanje.

Budući da su trenutni predlošci za crtanje izrađeni obzirom na zastarjele norme i specifične potrebe industrije (ponajviše iz domene projektiranja) nastavnici Fakulteta dali su svoja mišljenja i prijedloge za poboljšanje predložaka u skladu s normama te potrebama nastave i industrije. Promjene predložene od strane nastavnika proizašle su i iz iskustva u radu sa studentima u okviru kolegija na kojima se ishodi učenja uključuju konstruiranje te izradu tehničkih crteža konstrukcija.

Usklađivanjem normi s unaprjeđenjem industrije i potrebama studenata proizašle su dvije verzije novih predložaka za crtanje. Prva verzija uključuje sitne preinake trenutnih predložaka za crtanje kako bi bili prilagođeni normama i razumljiviji nazivljem studentima. Drugom verzijom urađene su znatne promjene trenutnih predložaka za crtanje kako bi se minimizirao broj podatkovnih polja, uspostavila hijerarhija važnosti informacija te oslobodilo što je moguće više prostora za projekcije i pripadajući sadržaj. Poboljšanja predložaka za tehničko crtanje ukomponirana su u tri CAD sustava koja se najviše koriste u okviru fakultetske nastave (*SolidWorks*, *Onshape*, *AutoCAD*). Izrada u CAD sustavima morala se prilagoditi poboljšanjima, a uz to i mogućnost implementiranja poboljšanja u njima.

Osim doprinosa u obliku prijeloga novih predložaka, rad uključuje i detaljne upute kako prilagoditi ili izraditi nove predloške u navedenim CAD sustavima. Naime, za očekivati je da će daljnje testiranje i upotreba predloženih predložaka rezultirati nizom novih saznanja koja će zahtijevati njihovu daljnju doradu, prilagodbu ili izradu dodatnih predložaka za specifične potrebe.

LITERATURA

- [1] Izzi Digital, „DOS/16293/16305.” [Na internetu]. Dostupno na: <https://hr.izzi.digital/DOS/16293/16305.html>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [2] Scribd, „vratilo-radionički-crtež.pdf.” [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.scribd.com/document/478425317/vratilo-radioni%C4%8Dki-crte%C5%BE-pdf>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [3] CNC.com.hr, „Ortogonalna projekcija.” [Na internetu]. Dostupno na: <https://cnc.com.hr/ortogonalna-projekcija/>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [4] T. Martinec i S. Škec, *Tehničko crtanje i oblikovanje pomoću računala*. Sisak, 2023.
- [5] M. Opalić, M. Kljajin i S. Sebastijanović, *Tehničko crtanje*. Zagreb/Slavonski Brod, 2002.
- [6] Hrvatski zavod za norme, *HRN EN ISO 5457:2008/A1:2010*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+5457%3A2008%2FA1%3A2010>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [7] Hrvatski zavod za norme, *HRN EN ISO 7200:2008*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+7200%3A2008>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [8] Hrvatski zavod za norme, *HRN ISO 7573:2014*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+ISO+7573%3A2014>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [9] Hrvatski zavod za norme, *HRN EN ISO 3098-2:2004*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+3098-2%3A2004>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [10] Hrvatski zavod za norme, *HRN EN ISO 5455:2005*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+5455%3A2005>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [11] Hrvatski zavod za norme, *HRN EN ISO 5456-3:2005*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+5456-3%3A2005#>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]

- [12] Hrvatski zavod za norme, *HRN ISO 128-24:2014*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+ISO+128-24%3A2014>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [13] Hrvatski zavod za norme, *HRN EN ISO 128-3:2020*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+128-3%3A2020>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [14] Hrvatski zavod za norme, *HRN ISO 128-40:2003*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+ISO+128-40%3A2003>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [15] Hrvatski zavod za norme, *HRN ISO 128-40:2003*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+ISO+128-40%3A2003>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- (Napomena: Ponavlja se ista norma kao i u [14].)
- [16] Hrvatski zavod za norme, *HRN ISO 128-50:2003*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+ISO+128-50%3A2003>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [17] Hrvatski zavod za norme, *HRN EN ISO 129-1:2019*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+129-1%3A2019>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [18] Hrvatski zavod za norme, *HRN EN ISO 286-1:2010/Ispr.1:2014*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+286-1%3A2010%2FIspr.1%3A2014>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [19] International Organization for Standardization, „ISO 2768-1:1989.” [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.iso.org/standard/4408.html>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [20] Hrvatski zavod za norme, *HRN ISO 2768-1:2008*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+ISO+2768-1%3A2008>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]
- [21] Hrvatski zavod za norme, *HRN EN ISO 663:2017*. [Na internetu]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+663%3A2017>. [Pristupljeno: 19-velj-2025]

PRILOZI

I. Tehnička dokumentacija

1

2

3

4

A


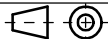
B

C

D

E

F

ISO - tolerancije		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Konstruirao	18.2.2025.	Marin Marcioš	
	Crtao	18.2.2025.	Marin Marcioš	
	Pregledao	19.2.2025.	Tomislav Martinec	
	Odobrio	19.2.2025.	Tomislav Martinec	
	Napomena: Ovo je prostor namijenjen za upisivanje napomena vezanih za sadržaj tehničkog crteža.			
	Materijal: papir		Sklop: NOVI PREDLOŠCI	
	Masa: 160 g		Broj crteža sklopa: AA 000 00	
		Naziv, opis:		Format: A4
	Mjerilo:	<h1 style="text-align: center;">PREDLOŽAK A4</h1>		Listova: 1
	1:1			List: 1
		Broj crteža: BB 000 00		Rev.: 0

1

2

3

4

A

B

C

D

E

F

Tolerancije mjera
(ako nije drugačije naznačeno)

Linearna toleranca x ----- $\pm 0,5$ mm

x,x ----- $\pm 0,1$ mm

x,xx ----- $\pm 0,01$ mm

Kutna toleranca x ----- $\pm 1^\circ$

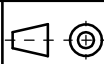
x,x ----- $\pm 0,1^\circ$

Obraditi bridove 0,5/45°

Ostaviti radijuse 0,5 mm

Mjerilo:

1:1



[mm]

Konstruirao

Pregledao

Odobrio

Projekt:
NOVI PREDLOŠCI

Naziv:
PREDLOŽAK A4

Datum

Ime i prezime

Komada:

1

Materijal:

Papir

Dimenzije:

210 x 297

Potpis



Ovaj je dokument vlasništvo Fakulteta strojarstva i brodogradnje.
Mora se na zahtjev vratiti i njegov sadržaj se ne smije umnožavati, ustupati drugome ili drugačije koristiti bez prethodne suglasnosti Fakulteta.

Oznaka crteža:
CC 000 00

Revizija:

0

Veza s:

AA 000 00



Pozicija:



1

List:

1/1

1	2	3	4	5	6	7	8
A							A
B							B
C							C
D							D
E							E
F							F
1	2	3	4	5	6	7	8

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Materijal	Oznaka crteža / norma	Broj modela / dimenzije	Masa
	ISO - tolerancije		Datum	Ime i prezime	Potpis	
		Konstruirao	18.2.2025.	Marin Marcuiš		
		Crtao	18.2.2025.	Marin Marcuiš		
		Pregledao	19.2.2025.	Tomislav Martinec		
		Odobrio	19.2.2025.	Tomislav Martinec		
	Napomena: Ovo je prostor namijenjen za upisivanje napomena vezanih za sadržaj tehničkog crteža.					
	Materijal: papir		Sklop: NOVI PREDLOŠCI			
	Masa: 160 g		Broj crteža sklopa: AA 000 00			
		Naziv, opis:			Format: A3	
	Mjerilo:	PREDLOŽAK A4			Listova: 1	
	1:1				List: 1	
		Broj crteža: DD 000 00			Rev.: 0	

Tolerancije mjera (ako nije drugačije naznačeno)		Projekt: NOVI PREDLOŠCI		Komada: 1	Masa: 160 g	 <small>Ovaj je dokument vlasništvo Fakulteta strojarstva i brodogradnje. Mora se na zahtjev vratiti i njegov sadržaj se ne smije umnožavati, ustupati drugome ili drugačije koristiti bez prethodne suglasnosti Fakulteta.</small>	
Linearna toleranca x	±0,5 mm	Naziv: PREDLOŽAK A3		Dimenzije: 420 x 297			
x,x	±0,1 mm	Datum		Ime i prezime			
x,xx	±0,01 mm	Kutna toleranca x		±1°		Oznaka crteža: EE 000 00	
	±0,1°	Obraditi bridove x,x		0,5/45°		Revizija: 0	
	0,5 mm	Ostaviti radijuse 0,5 mm				Veza s: AA 000 00	
Mjerilo: 1:1		Konstruirao 18.2.2025.	Marin Marcius	Potpis		Pozicija: 1	
Format: A3	[mm]	Pregledao 19.2.2025.	Tomislav Martinec			List: 1/1	
		Odobrio 19.2.2025.	Tomislav Martinec				