

# Elektrifikacija traktorske kosilice

---

**Bošković, Matej**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:268371>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-19**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Matej Bošković**

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **Elektrifikacija traktorske kosilice**

Mentor:

doc. dr. sc. Momir Sjerić

Student:

Matej Bošković

Zagreb, 2022.

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

Zahvaljujem se doc. dr. sc. Momiru Sjeriću na savjetima i pomoći prilikom izrade rada. Također zahvaljujem kolegama Domagoju Tkalčeviću i Antoniu Zečeviću na pomoći i kvalitetnim raspravama. Zahvaljujem se i svojoj obitelji na ogromnoj podršci tijekom studija.

Matej Bošković



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 / 22 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 22 -	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Matej Bošković** JMBAG: **0035220550**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Elektrifikacija traktorske kosilice**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Electrification of tractor lawn mower**

Opis zadatka:

Primjena električnog pogona u vozilima i raznim radnim strojevima umjesto pogona motorima s unutarnjim izgaranjem zahvaća sve veći opseg. U okviru završnog rada potrebno je na postojeću konstrukciju traktorske kosilice pogonjene motorom s unutarnjim izgaranjem razraditi izmjenu i nadogradnju konstrukcije koja će omogućiti primjenu električnog pogona.



U radu je potrebno:

- Odabrati traktorsku kosilicu i razraditi 3D CAD model nosive konstrukcije kosilice.
- Odabrati prikladan elektromotor (ili više njih) za pokretanje kosilice i pogon njenih noževa te odrediti smještaj elektromotora na konstrukciju kosilice.
- Odabrati i smjestiti baterije koje će pohranjenom energijom omogućiti autonomiju rada od minimalno 2 sata.
- Razraditi mogućnost ugradnje solarnih panela kao dodatne opcije kosilice.
- Za nadograđene nosive dijelove konstrukcije provesti kontrolne proračune i izraditi tehničku dokumentaciju.
- Prikazati i opisati konačno 3D CAD rješenje.

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

Zadatak zadan:

30. 11. 2021.

Datum predaje rada:

1. rok: 24. 2. 2022.  
2. rok (izvanredni): 6. 7. 2022.  
3. rok: 22. 9. 2022.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 28. 2. – 4. 3. 2022.  
2. rok (izvanredni): 8. 7. 2022.  
3. rok: 26. 9. – 30. 9. 2022.

Zadatak zadao:

*M. Sjerić*  
Doc. dr. sc. Momir Sjerić

Predsjednik Povjerenstva:

*V. Soldo*  
Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	IV
POPIS OZNAKA .....	V
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY .....	VIII
1. UVOD.....	1
1.1. Potreba za elektrifikacijom u suvremenom svijetu .....	1
1.2. Povijest kosilica .....	1
1.3. Ručna kosilica .....	3
1.4. Benzinska kosilica.....	3
1.5. Akumulatorska kosilica.....	4
1.6. Električne kosilice .....	5
1.7. Robotske kosilice .....	5
1.8. Traktorska kosilica .....	6
1.8.1. Izvedbe koje postoje na tržištu.....	6
1.8.1.1. STIGA.....	6
1.8.1.2. ALPINA .....	8
1.8.1.3. TORO.....	9
2. ODABRANA KOSILICA .....	11
2.1. Potrebne izmjene.....	15
3. PRORAČUN ZAHTJEVA ZA ELEKTROMOTORE I BATERIJE .....	17
3.1. Potrebni efektivni moment motora.....	17
3.1.1. Efektivni moment na mekoj podlozi .....	17
3.1.2. Efektivni moment na tvrdoj podlozi .....	19
3.2. Potrebna efektivna snaga.....	20
3.2.1. Efektivna snaga na mekoj podlozi .....	20
3.2.2. Efektivna snaga na tvrdoj podlozi.....	20
3.3. Potrebna snaga za oštrice .....	21
3.3.1. Snaga elektromotora za košnju .....	21
3.3.2. Potrebna snaga motora za pokretanje.....	22
3.4. Potreban kapacitet baterija .....	23
3.5. Proračun baterija .....	23
3.6. Proračun nosive konstrukcije solarnih panela.....	24
4. IZGLED KOSILICE NAKON ELEKTRIFIKACIJE .....	26
5. ZAKLJUČAK.....	33
LITERATURA.....	34
PRILOZI.....	36

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Prva mehnička kosilica[3] .....	2
Slika 2.	Prva kosilica neovisna o ljudskoj snazi[4] .....	2
Slika 3.	Ručna kosilica[5].....	3
Slika 4.	Benzinska kosilica[6] .....	4
Slika 5.	Akumulatorska kosilica[7] .....	4
Slika 6.	Električna kosilica[8].....	5
Slika 7.	Robotska kosilica[9].....	5
Slika 8.	Traktorska kosilica[10].....	6
Slika 9.	TORNADO 598E[11] .....	7
Slika 10.	ESTATE 798E[12][12] .....	7
Slika 11.	Alpina AT3 98 Electric[13].....	9
Slika 12.	TORO eS3000[14].....	9
Slika 13.	Izgled odabrane kosilice[15] .....	11
Slika 14.	Dimenzije kosilice .....	11
Slika 15.	Dijelovi kosilice[16].....	12
Slika 16.	Dimenzije stražnjeg kotača[17].....	12
Slika 17.	Motor kosilice B&S[18].....	13
Slika 18.	Dijagram ovisnosti snage o brzini vrtnje[18] .....	13
Slika 19.	Dijagram ovisnosti momenta o brzini vrtnje[18] .....	14
Slika 20.	Sklop s noževima[15].....	14
Slika 21.	Sklop pogona[19] .....	14
Slika 22.	Sigurnosno sjedalo[20].....	15
Slika 23.	Naprezanje na kabini .....	24
Slika 24.	Progib kabine.....	25
Slika 25.	Sigurnost kabine .....	25
Slika 26.	Yuandai MY1020[26] .....	26
Slika 27.	Regulator motora za pogon[27].....	26
Slika 28.	Dayton MY1020[28] .....	27
Slika 29.	Dimenzije Dayton MY1020[29].....	27
Slika 30.	Karakteristika Dayton MY1020[30].....	28
Slika 31.	ELERIX EX-L230[31] .....	28
Slika 32.	Način spajanja kompleta baterija[31] .....	29
Slika 33.	Solarni panel za kabinu[32].....	29
Slika 34.	Solarni panel za poklopac motora[33].....	30
Slika 35.	Shema spajanja solarnog panela[32] .....	30
Slika 36.	Pretvarač napona[34].....	31
Slika 37.	Dijelovi kosilice.....	31
Slika 38.	Ostali dijelovi kosilice.....	32

---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Usporedba odabranih Stiga modela..... 7  
Tablica 2. Podaci Alpina AT3 98 Electric..... 8  
Tablica 3. Podaci TORO eS3000 ..... 10



---

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

22-MB-000	Kabina
22-MB-001	Ukruta
22-MB-002	Ploca
22-MB-100	Zavareni okvir
22-MB-101	Profil101
22-MB-102	Profil102
22-MB-103	Profil103
22-MB-104	Profil104
22-MB-105	Ojacanje
22-MB-106	Profil106
22-MB-200	Profil200
22-MB-201	Profil201
22-MB-202	Profil202
22-MB-300	Profil300
22-MB-301	Profil301
22-MB-010	L profil

**POPIS OZNAKA**

Oznaka	Jedinica	Opis
$M_{e,pot,m}$	Nm	potreban efektivni moment motora
$F_{v,m}$	N	vučna sila prenesena na mekanu podlogu,
$r_d$	m	dinamički radijus kotača
$i_{uk}$	-	ukupni prijenosni omjer
$\eta_m$	-	mehanički stupanj korisnosti prijenosnika snage
$F_{v,m}$	N	vučna sila
$F_{k,m}$	N	otpor kotrljanja na mekoj podlozi
$F_z$	N	otpor zraka
$F_u$	N	otpor uspona
$F_a$	N	otpor ubrzanja
$f_{k,m}$	-	faktor otpora kotrljanja na mekoj podlozi
$m_v$	kg	ukupna masa vozila
$g$	m/s <sup>2</sup>	ubrzanja Zemljine sile teže
$\alpha$	°	kut uspona podloge
$\rho_z$	kg/m <sup>3</sup>	gustoća zraka
$v_u$	m/s	brzina vozila pri usponu
$v_0$	m/s	brzina protuvjetra
$c_w$	-	faktor protuvjetra
$A$	m <sup>2</sup>	čelona površina vozila
$\eta_{mj}$	-	mehanički stupanj korisnosti mjenjača
$\eta_{or}$	-	mehanički stupanj korisnosti osovinske redukcije
$r_{ng}$	m	radijus neopterećene gume
$M_{e,pot,t}$	Nm	potreban efektivni moment motora
$F_{v,t}$	N	vučna sila prenesena na podlogu
$f_{k,t}$	-	faktor otpora kotrljanja na tvrdoj podlozi
$P_{p,potr,m}$	W	efektivna snaga na mekoj podlozi
$v_t$	m/s	brzina vozila na tvrdoj podlozi
$P_{p,potr,t}$	W	efektivna snaga na tvrdoj podlozi
$n_n$	min <sup>-1</sup>	brzina vrtnje noževa
$P_{o,potr,k}$	W	snaga elektromotora za košnju
$M_{o,potr,k}$	Nm	moment za košnju
$F$	N	sila na oštricama
$d$	m	duljina oštrice
$M_{o,potr,p}$	Nm	moment za pokretanje oštrica
$\omega$	rad/s	kutna brzina

---

$I_{uk}$	kgm <sup>2</sup>	ukupni dinamički moment inercije oštrice
$\varepsilon$	rad/s <sup>2</sup>	ubrzanje oštrice
$t_u$	s	vrijeme puštanja oštrice u rad
$P_o$	W	snaga izabranog motora za oštrice
$P_p$	W	snaga izabranog motora za pogon
t	h	vrijeme potrebnog rada
$\eta_{el}$	-	učinkovitost elektromotora
$e_{pot}$	Wh	potrebna energija
Q	Ah	električni naboj baterija
E	Wh	potrebna električna energija baterija
U	V	napon baterija

---

**SAŽETAK**

U ovom radu razrađen je projekt pretvorbe traktorske kosilice s benzinskim motorom u potpuno električnu traktorsku kosilicu. U uvodnom dijelu govori se o povijesti kosilice, vrstama kosilice koje postoje danas na tržištu te o primjerima izvedbi električnih traktorskih kosilica na tržištu. Zatim se objašnjava odabrana traktorska kosilica, kao i njezine glavne komponente. Potom se izračunavaju zahtjevane vrijednosti elektromotora i baterija da bi se mogle odabrati komponente za elektrifikaciju. Nadalje su opisi izabranih komponenti za elektrifikaciju traktorske kosilice te njihove specifičnosti i karakteristike, nakon toga je prikazan krajnji izgled traktorske kosilice s ugrađenim svim odabranim komponentama. Na kraju rada se skreće pažnja na sigurnost pri rukovanju s baterijama, a na samom kraju rada je priložena tehnička dokumentacija komponenti koje se trebaju izraditi.

Ključne riječi: električna traktorska kosilica, traktorska kosilica, pretvorba kosilice

---

**SUMMARY**

In this paper, the project of converting a tractor lawnmower with a gasoline engine into a tractor lawnmower that is fully electric is elaborated. In the introduction of the paper, it is discussed about the history of lawnmowers, current types of lawnmowers on the market and examples of electric tractor lawnmowers on the market. After that, the selected tractor mower is explained but also every component individually with a short text. The required values of the electric motor and batteries are then calculated in order to select the components for electrification. Furthermore, there are descriptions of the selected components for the electrification of the tractor mower and their specifics and characteristics, after which the final appearance of the tractor mower with all the selected components installed is presented. At the end of the paper, attention is drawn to safety when handling batteries and in the last part of the paper, the technical documentation of the components to be manufactured is attached.

Key words: electric tractor mower, tractor mower, mower conversion

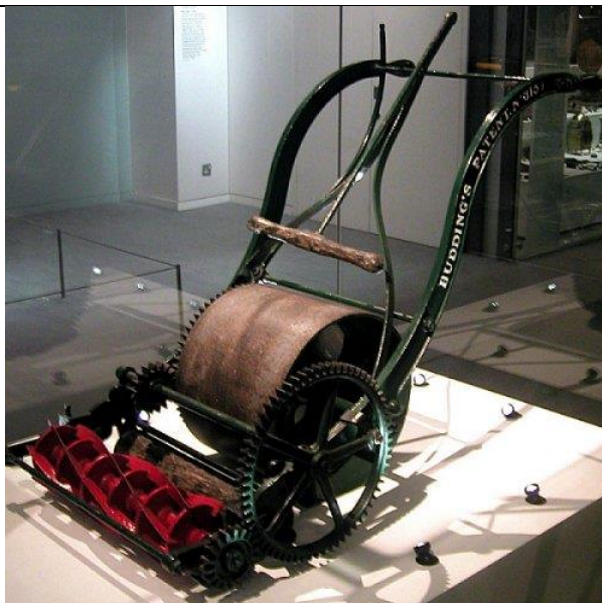
## 1. UVOD

### 1.1. Potreba za elektrifikacijom u suvremenom svijetu

Zbog sve većeg osvješćivanja ljudi na očuvanje okoliša i atmosfere te zbog povećanja cijene fosilnih goriva ljudi se sve više odlučuju na „zeleniji“ način prijevoza. Gotovo svaki proizvođač vozila ili bilo kakvih uređaja ima u svojoj ponudi barem jedan model s električnim pogonom ili kombinacijom motora s unutarnjim izgaranjem i elektromotora (hibridna vozila). Hibridna i električna vozila nude nisku potrošnju, ali im je cijena značajno viša od sličnih modela s klasičnim motorom s unutarnjim izgaranjem što ih često čini ekonomski neisplativim. Zbog toga se sve češće pribjegava isplativijoj verziji koja ima svoje prednosti i mane, a to je prerada klasičnog automobila s motorom s unutarnjim izgaranjem u automobil s električnim pogonom. Prednost je što se skoro svaki automobil može pretvoriti u električni i što je cjenovno isplativiji od tvorničkih. Trenutno je najveći problem slaba infrastruktura punionica za električna vozila i izvori pogonske energije (baterije) što smanjuje domet takvih vozila [1]. Osim u prijevozu, elektrifikacija vozila koja se koriste za održavanje travnjaka može pomoći i u očuvanju okoliša u kojemu se ta vozila najčešće koriste.

### 1.2. Povijest kosilica

Do početka 18. stoljeća travnjaci su se održavali pomoću raznih alata kao što su ručna kosa, srp ili pomoću životinja koje su ljudi vodili na ispašu. Prvu mehaničku kosilicu izumio je i patentirao Edwin Beard Budding 1827. godine u Velikoj Britaniji. Kao radnik u tekstilnoj tvornici primijetio je stroj koji se koristi za „šišanje“ baršuna. Što ga je podsjetilo na zaraslu travu kod kuće koju je svake subote morao kositi ručnom kosom, umjesto da ode u *pub* i sluša izvješća s nogometnih utakmica [2]. Zajedno s Johnom Ferrabeeom 1830. godine napravio je prvi prototip, koji je jako sličan današnjim ručnim kosilicama. Prototip radi na principu da osoba uz pomoću ručki gura/vuče kosilicu prema naprijed te preko niza zupčanika pokreće noževe koji su postavljeni oko cilindra te tako kose travnjak. Izgled prototipa je prikazan na Slici 1. te se može pronaći u Znanstvenom muzeju u Londonu.



**Slika 1. Prva mehnička kosilica[3]**

Do kraja 19. stoljeća ljudi su primijetili kako im svaki tjedan košnja travnjaka oduzima puno vremena i snage. Zbog toga su došli na ideju kako bi jednostavnije bilo da konji vuku kosilice, ali su oni više uništavali travnjak te se tako odustalo od ideje. Prvu kosilicu koja je neovisna o ljudskoj snazi, prikazanu na Slici 2., izumio je James Sumner 1893. godine na vodenu paru uz parafin i benzin kao gorivo. Budući kako je dosta vremena trebalo da uopće nastane vodena para pomoću koje kosilica radi ona nije masovno upotrebljavana jer se za isto vrijeme travnjak već mogao pokositi s mehaničkom kosilicom.



**Slika 2. Prva kosilica neovisna o ljudskoj snazi[4]**

Prvu kosilicu pogonjenu isključivo na benzin izumio je pukovnik Edwin George 1919. godine. Međutim, zbog velike ekonomske krize i Drugog svjetskog rata nije došlo do velikog interesa za njenu kupnju, što se mijenja nakon rata kada se navedene kosilice sve više unaprjeđuju.

Današnja tehnologija omogućava proizvodnju kosilica koje:

- manje zagađuju okoliš;
- su ekonomičnije;
- imaju manju masu;
- su praktičnije;
- stvaraju manje buke.

### 1.3. Ručna kosilica

Kosilice koje se pokreću ljudskom snagom najčešće su cilindričnog tipa kao na Slici 3. Brzina vrtnje cilindra, koji je spojen s kotačima preko zupčanika, ovisi o brzini guranja kosilice tj. unesenoj snazi. Košnja ručnom kosilicom ne zagađuje te nije prikladna za velike površine.



Slika 3. Ručna kosilica[5]

### 1.4. Benzinska kosilica

Pojavom kosilica s motorom s unutarnjim izgaranjem (Slika 4.), popularizirala se redovita košnja trave. Najčešće se radi o jednocilindričnim benzinskim motorima s rasplinjačem i o četverotaktnim kosilicama koje ne mogu kositi na nagibima većim od 20%. Dvotaktne kosilice mogu kositi visoku travu te travnjake pod nagibima, ali im je i cijena veća. Manji motori najčešće imaju ručno pokretanje, dok veći motori imaju elektropokretač. Kod pojedinih motora je moguće ručno regulirati brzinu vrtnje dok je kod većine tvornički fiksirana. Prednost ovakvih kosilica je veća snaga i maksimalna površina košnje s obzirom na masu i dimenzije kosilice, a nedostatak je veća potreba za održavanjem.





**Slika 4. Benzinska kosilica[6]**

### **1.5. Akumulatorska kosilica**

Kosilica prikazana na Slici 5. ima elektromotorni pogon s napajanjem iz akumulatora. Prednost ovakvih kosilica je što proizvode manje buke od benzinskih te su jednostavnije za korištenje, a nema ni ispušnih plinova. Akumulatorske kosilice u odnosu na benzinske su slabije snagom i površinom koju mogu pokositi. Ovi nedostaci u odnosu na benzinske kosilice ukazuju na dodatni nedostatak, a to je visoka cijena u odnosu na snagu i veličinu površine koju mogu pokositi dok se akumulator ne isprazni.



**Slika 5. Akumulatorska kosilica[7]**

## 1.6. Električne kosilice

Kosilica prikazana na Slici 6. ima sve specifikacije slične kao akumulatorske kosilice, ali je ograničena duljinom kabela (preko kojega kosilica dobiva električnu energiju za pogon) i izvorom napajanja. Prednost ovih kosilica je što servisiranje ne oduzima previše vremena, proizvode manje buke i manje su mase. Što se tiče nedostataka kod takve vrste kosilice treba obratiti više pažnje na kabel da se ne bi presjekao, a površina dosega im je također manja naspram ostalih kosilica.



Slika 6. Električna kosilica[8]

## 1.7. Robotske kosilice

Kosilice kao na Slici 7. mogu se programirati kako bi se odredio put kojim će se odvijati košnja, a imaju i mogućnost vraćanja na podlogu za punjenje kada se baterija isprazni. Postoji mogućnost zaustavljanja košnje u slučaju kiše te nastavljnje nakon prestanka kiše. Nizom senzora omogućava se prepoznavanje i zaobilazanje prepreka te je moguće pratiti sve podatke kosilice putem pametnog telefona ili sličnih uređaja. Robotske kosilice su idealne za redovnu košnju i nisku travu. Površine košnje su jako velike, ali im je i veća cijena nego prije nabrojane kosilice.



Slika 7. Robotska kosilica[9]

## 1.8. Traktorska kosilica

Traktorska kosilica kao sa Slike 8. je brža i lakša za korištenje od „standardnih“ kosilica koje treba gurati ili samo upravljati. Posjeduje veću širinu košnje od ostalih kosilica pa joj je vrijeme košnje jednakih površina izrazito manje od ostalih kosilica. Posjeduje veliku snagu, koju najčešće dobiva iz benzinskog motora pa je prikladna za košnju raznih veličina trave na raznim terenima. Treba napomenuti kako su traktorske kosilice najskuplje.



Slika 8. Traktorska kosilica[10]

### 1.8.1. Izvedbe koje postoje na tržištu

#### 1.8.1.1. STIGA

*Stiga* je poznati švedski brend kosilica i široke palete vrtne opreme koja se distribuira u cijelu Europu i šire. Proizvode kosilice na benzin i na električni pogon. Postoje dva modela električnih kosilica, a to su *Tornado* i *Estate* u raznim izvedbama. Za usporedbu su odabrane izvedbe modela koje imaju sličnu širinu košnje od 98 cm kao odabrana kosilica za elektrifikaciju. U Tablici 1. su prikazane usporedbe određenih karakteristika između modela *TORNADO 598E* prikazanog na Slici 9. i modela *ESTATE 798E* prikazanog na Slici 10.



Slika 9. TORNADO 598E[11]



Slika 10. ESTATE 798E[12]

Tablica 1. Usporedba odabranih Stiga modela

/	TORNADO 598E	ESTATE 798E
<b>Opći podatci</b>		
Dimenzije	1647x1198x1098	2340x902x1098
Masa	222 kg	260 kg
<b>Pogon</b>		
Snaga motora	1,2 kW	1,2 kW
Battery type	Lithium-ions	Lithium-ions
Nominal energy	2000 Wh	3200Wh
Kapacitet baterije	40 Ah	64 Ah
Vrijeme košnje	60 min	110 min
<b>Sustav košnje</b>		
Broj oštrica	2	2
Pozicija visine košnje	7 pozicija	promijenjivo
Snaga motora za oštrice	1,5 kW po oštrici	1,5 kW po oštrici
Metoda košnje	Pražnjenje na stranu	Skupljanje
Površina	4500 m <sup>2</sup>	7000 m <sup>2</sup>

## 1.8.1.2. ALPINA

*Alpina* je talijanski brend za proizvodnju kosilica i vrtno opreme koji se nalazi pod *STIGA* Grupom. Model *AT3 98 Electric* sa Slike 11. ima slične karakteristike kao i kosilice proizvođača *STIGA*, kao što su motori za pogon i za oštrice dok je nešto slabiji model u odnosu na uspoređivane *STIGA*-ine modele. Baterija je nešto slabijeg kapaciteta od 1500 Wh zbog čega je vrijeme i površina košnje nešto manja kako se može vidjeti iz Tablice 2. dok je širina košnje jednaka i iznosi 98 cm.

**Tablica 2. Podaci Alpina AT3 98 Electric**

/	AT3 98 Electric
<b>Opći podatci</b>	
Dimenzije	1647x1198x1098
Masa	215 kg
<b>Pogon</b>	
Snaga motora	1,2 kW
Battery type	Lithium-ions
Nominal energy	1500 Wh
Kapacitet baterije	30 Ah
Vrijeme košnje	45 min
<b>Sustav košnje</b>	
Broj oštrica	2
Pozicija visine košnje	7 pozicija
Snaga motora za oštrice	1,5 kW po oštrici
Metoda košnje	Skupljanje
Površina	3500 m <sup>2</sup>



**Slika 11. Alpina AT3 98 Electric[13]**

### 1.8.1.3. TORO

*Toro* je američki proizvođač koji dizajnira, proizvodi i prodaje kosilice, snježne puhače i opremu za sustave navodnjavanja. Odabrani model *Toro* kosilice je *eS3000*, prikazan na Slici 12. koji se razlikuje od prijašnjih kosilica osim po slabijim motorima za pogon i za pojedini nož koji iznose, kako se može vidjeti u Tablici 3., 0,8 kW i po izgledu. Baterije su smještene ispod sjedala korisnika te je veliki dio mase na zadnjoj osovini što daje veće ubrzanje kosilice i što povećava najveći ostvarivi uspon. Kosilici je potrebno vremenski dva sata da pokosi površinu od 8000 m<sup>2</sup> do pražnjenja baterija, a širina košnje je 76 cm.



**Slika 12. TORO eS3000[14]**

**Tablica 3. Podaci TORO eS3000**

/	eS3000
<b>Opći podatci</b>	
Dimenzije	1480x1000x1060
Masa	188 kg
<b>Pogon</b>	
Snaga motora	0,8 kW
Battery type	Lithium-ions
Nominal energy	-
Kapacitet baterije	60 Ah
Vrijeme košnje	120 min
<b>Sustav košnje</b>	
Broj oštrica	2
Pozicija visine košnje	10 pozicija
Snaga motora za oštrice	0,8 kW po oštrici
Metoda košnje	Pražnjenje na stranu
Površina	8000 m <sup>2</sup>

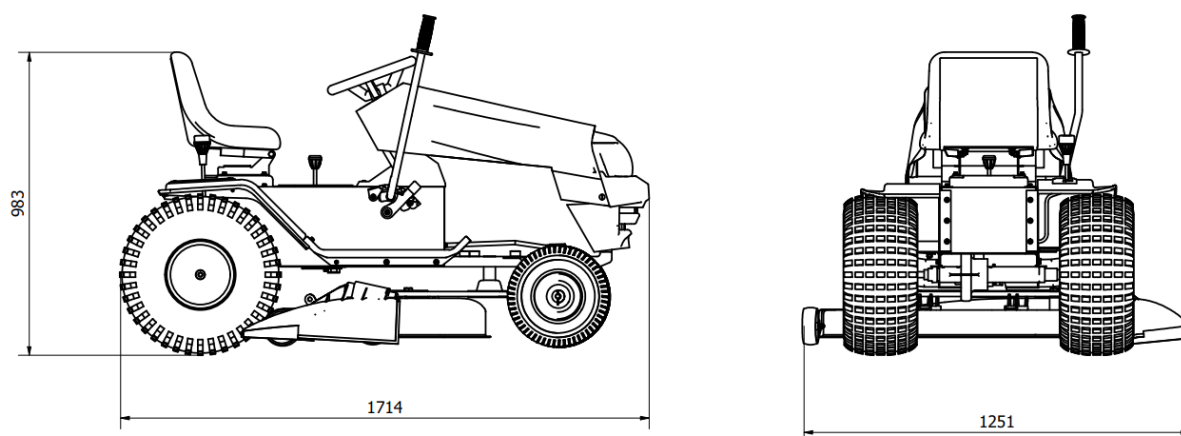
## 2. ODABRANA KOSILICA

Traktorska kosilica koja će se elektrificirati je proizvođača *MTD Central park* prikazana na Slici 13.



**Slika 13. Izgled odabrane kosilice[15]**

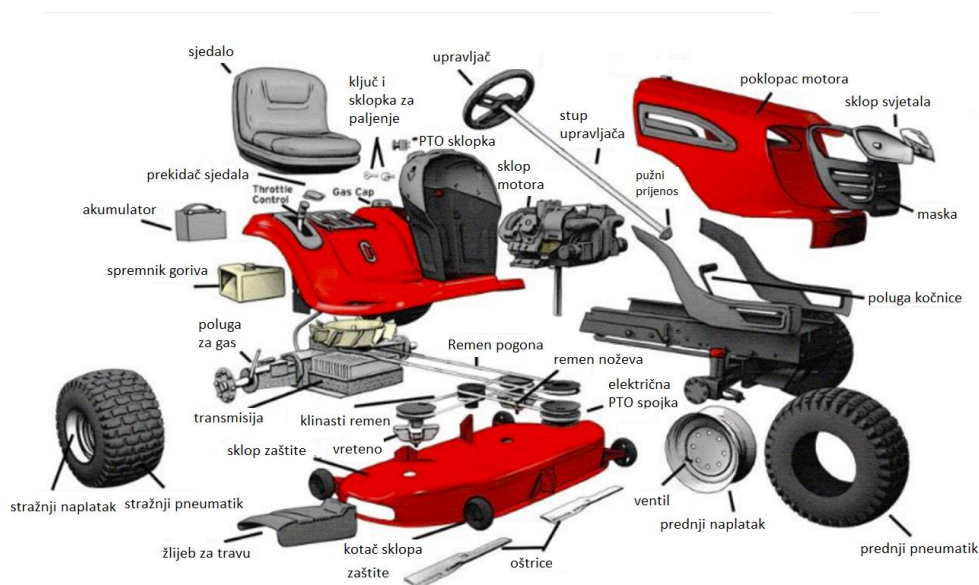
Kako prikazuje Slika 14. kosilica je duljine 1714 mm, širine 1251 mm i visine 983 mm. Širina otkosa noževa je 38" što je približno 966 mm te mase 220 kg.



**Slika 14. Dimenzije kosilice**



Osnovni dijelovi traktorske kosilice prikazani su na Slici 15.



**Slika 15. Dijelovi kosilice[16]**

Jedini elementi za ublažavanje udaraca na kosilici su kotači. Dimenzije kotača su iskazane u inčima. Stražnji kotač je prikazan na Slici 16. te je promjer neopterećene gume 20" što je 508 mm, širina gume i promjer naplatka je 8" što je približno 203 mm. Promjer neopterećene gume prednjeg kotača je 15" što je 381 mm, širina gume i promjer naplatka je 6" što je približno 152 mm.



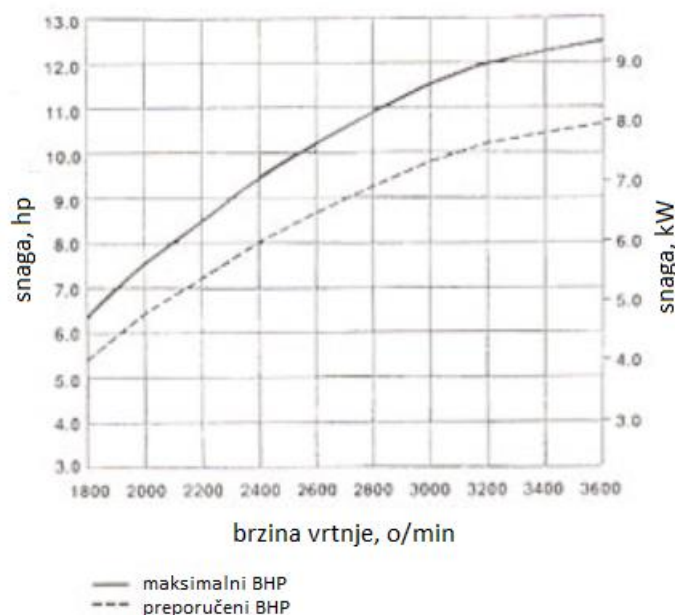
**Slika 16. Dimenzije stražnjeg kotača[17]**

Motor proizvođača *BRIGGS&STRATTON*, prikazan na Slici 17., smješten je na prednjoj strani kosilice ispod poklopca motora iza kojega se nalazi spremnik goriva zapremnine šest litara.



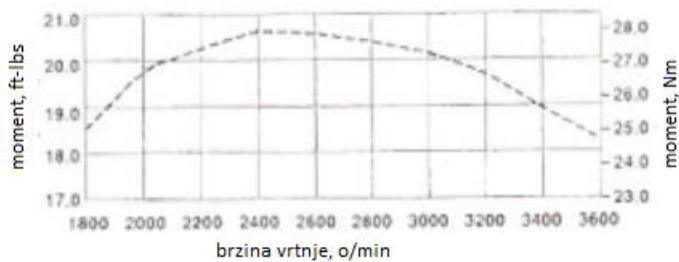
**Slika 17. Motor kosilice B&S[18]**

Riječ je o jednocilindričnom 4-taktnom Ottovom motoru koji maksimalnu snagu od 12,5 hp, što je otprilike 9,3 kW, ostvaruje pri brzini vrtnje od  $3600 \text{ min}^{-1}$  kao što se može vidjeti na Slici 18. koja prikazuje dijagram ovisnosti snage o brzini vrtnje motora. Spomenuti motor je hlađen zrakom, a priprema smjese se ostvaruje rasplinjačem. Uz navedeno motor je opremljen elektropokretačem kako bi se olakšalo njegovo upuštanje u rad.



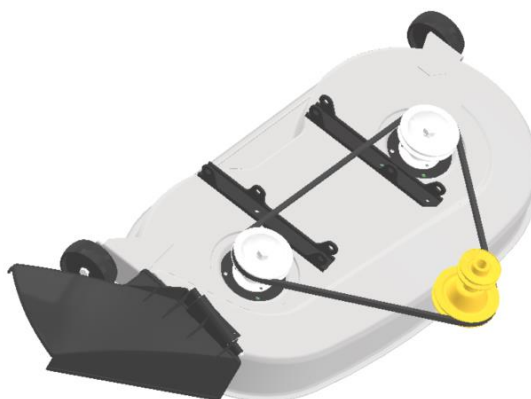
**Slika 18. Dijagram ovisnosti snage o brzini vrtnje[18]**

Maksimalni moment koji se može ostvariti je 28 Nm te se ostvaruje pri brzini vrtnje od  $2400 \text{ min}^{-1}$  što se može vidjeti na Slici 19. koja prikazuje dijagram ovisnosti momenta o brzini vrtnje motora.



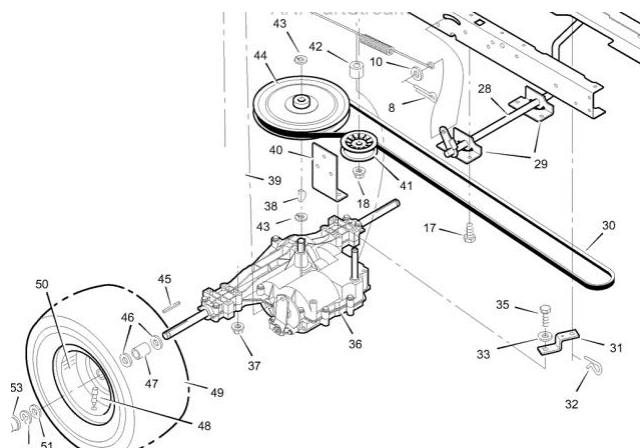
**Slika 19. Dijagram ovisnosti momenta o brzini vrtnje[18]**

Kosilica koristi jedan motor koji osigurava snagu i za noževe i za pogon. Motor preko remenica postavljenih u trokut i koje su povezane klinastim remenom, kako je prikazano na Slici 20., dovodi moment do noževa koji su izvedeni u obliku dviju oštrica. Visina noževa se može prilagođavati s polugom koja je smještena s desne strane kola upravljača te postoji osam visina košnje.



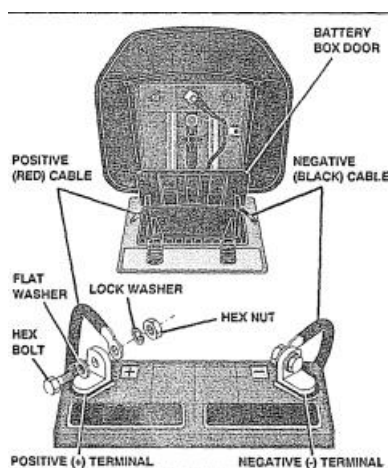
**Slika 20. Sklop s noževima[15]**

Za pogon motor preko niza remenica prikazanih na Slici 21. i diferencijala dovodi moment do stražnjih kotača.



**Slika 21. Sklop pogona[19]**

Sjedalo se nalazi iznad stražnje osovine te osim primarnog zadatka pružanja ugodnosti pri vožnji ima i sigurnosnu ulogu, tj. čim ono nije opterećeno gubi se kontakt uspostavljen ispod sjedala što dovodi do gašenja motora.



**Slika 22. Sigurnosno sjedalo[20]**

Promjena stupnja prijenosa se ostvaruje pedalom koja je smještena na gazištu s lijeve strane kosilice. Ukupno je dostupno šest stupnjeva prijenosa za pogon unaprijed te jedan za pogon unazad. Korisniku je uz navedenih šest stupnjeva prijenosa omogućeno povećanje i smanjenje brzine uz pomoć poluge za snagu koja se nalazi na kontrolnoj ploči pored kola upravljača. Kolo upravljača nema mogućnost podešavanja po visini i dubini što može predstavljati određene poteškoće korisnicima kao i činjenica da upravljanje nije potpomognuto ni na koji način (hidrauličko, elektro-hidrauličko ili električno). Kod ovakvog tipa kosilica specifično je što se zakretanjem kola upravljača ne zakreće cijela osovina, kao što je slučaj kod pojedinih kosilica, već se zakreću samo prednji kotači.

### 2.1. Potrebne izmjene

Potrebno je ukloniti:

- spremnik za gorivo
- motor
- remenice
- remenje
- ispušni sustav
- olovni akumulator

U kosilicu je potrebno postaviti:

- dva identična elektromotora za noževe koji će biti smješteni iznad svakog pojedinog noža
- jedan elektromotor na diferencijal na zadnjoj osovini
- paket baterija ispod poklopca motora

Kako bi se traktorska kosilica s benzinskim motorom preradila u električnu traktorsku kosilicu potrebno je napraviti niz izmjena. Primarna promjena je zamjena benzinskog motora s tri elektromotora. Do sada je motor osiguravao potrebnu snagu i za pogon i za oštrice, a od sada će svaka oštrica i pogon imati zaseban motor. Zbog potrebe benzinskog motora da konstantno radi bez obzira kreće li se ili miruje traktorska kosilica, ona konstantno troši gorivo što je negativno, dok električni motor radi samo kada potrošač traži od njega. Nedostatak benzinskog motora je manja korisnost i veća proizvedena toplinska energija nego električni motor. Kosilica ima stražnji pogon te je diferencijal ukomponiran u mjenjačku kutiju. Diferencijal, u ovom slučaju stražnji diferencijal, nalazi se na stražnjoj osovini, razdjeljuje moment na lijevi i desni kotač stražnje osovine te omogućuje različite brzine vrtnje kotača na stražnjoj osovini[21].

### 3. PRORAČUN ZAHTJEVA ZA ELEKTROMOTORE I BATERIJE

Uvjeti:

- potrebni moment motora u trajnom pogonu kako bi vozilo pri punom opterećenju moglo savladati uspon od 10%
- potrebna efektivna snaga motora u trajnom pogonu kako bi vozilo pri punom opterećenju moglo održavati brzinu vožnje od 9 km/h
- pretpostavljena masa korisnika je 90 kg

#### 3.1. Potrebni efektivni moment motora

##### 3.1.1. Efektivni moment na mekoj podlozi

$$M_{e,pot,m} > \frac{F_{v,m} \cdot r_d}{i_{uk} \cdot \eta_m} \quad (1)$$

gdje je:

$M_{e,pot,m}$  - potreban efektivni moment motora

$F_{v,m}$  - vučna sila prenesena na mekanu podlogu

$r_d$  - dinamički radijus kotača

$i_{uk} = 38$  - ukupni prijenosni omjer

$\eta_m$  - mehanički stupanj korisnosti prijenosnika snage

Vučna sila

$$F_{v,m} = F_{k,m} + F_z + F_u + F_a \quad (2)$$

gdje je:

$F_{k,m}$  - otpor kotrljanja na mekoj podlozi

$F_z$  - otpor zraka

$F_u$  - otpor uspona

$F_a$  - otpor ubrzanja

Otpor kotrljanja

$$F_{k,m} = f_{k,m} \cdot m_v \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

gdje je:

$f_{k,m} = 0,15$  - faktor otpora kotrljanja na mekanoj podlozi[22]

$m_v = 310\text{ kg}$  - ukupna masa vozila

$g = 9,81\text{ m/s}^2$  - ubrzanje Zemljine sile teže

$\alpha = 10^\circ$  - kut uspona podloge

$$F_{k,m} = 454\text{ N} \quad (4)$$

Otpor zraka

$$F_z = \rho_z \cdot \frac{(v_u + v_0)^2}{2} \cdot c_w \cdot A \quad (5)$$

gdje je:

$\rho_z = 1,204\text{ kg/m}^3$  - gustoća zraka

$v_u = 1,11\text{ m/s}$  - brzina vozila pri usponu

$v_0 = 0$  - brzina protuvjetra

$c_w = 1$  - faktor protuvjetra[22]

$A = 1,24\text{ m}^2$  - čeona površina vozila

$$F_z = 0,9\text{ N} \quad (6)$$

Otpor zraka je zanemarivo mali i ne utječe drastično na vučnu silu.

Otpor uspona

$$F_u = m_v \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

gdje je:

$m_v = 310\text{ kg}$  - ukupna masa vozila

$g = 9,81\text{ m/s}^2$  - ubrzanje Zemljine sile teže

$\alpha = 10^\circ$  - kut uspona podloge

$$F_u = 303\text{ N} \quad (8)$$

Otpor ubrzanja je jako mali pa ne utječe drastično na vučnu silu.

Uvrštavanjem vrijednosti iz (4), (6) i (8) u (2) dobiva se:

$$F_{v,m} = 757\text{ N} \quad (9)$$

Mehanički stupanj korisnosti prijenosnika snage

$$\eta_m = \eta_{mj} \cdot \eta_{or} \quad (10)$$

gdje je:

$\eta_{mj} = 0,96$  - mehanički stupanj korisnosti mjenjača[23]

$\eta_{or} = 0,98$  - mehanički stupanj korisnosti osovinske redukcije[23]

$$\eta_m = 0,94 \quad (11)$$

Dinamički radijus kotača

$$r_d = 0,95 \cdot r_{ng} \quad (12)$$

gdje je:

$r_{ng} = 0,254$  m - radijus neopterećene gume

$$r_d = 0,2413 \text{ m} \quad (13)$$

Uvrštavanjem vrijednosti iz (3), (9),(11) i (13) u (1):

$$M_{e,pot,m} = 5,1 \text{ Nm} \quad (14)$$

### 3.1.2. Efektivni moment na tvrdoj podlozi

$$M_{e,pot,t} > \frac{F_{v,t} \cdot r_d}{i_{uk} \cdot \eta_m} \quad (15)$$

gdje je:

$M_{e,pot,t}$  - potreban efektivni moment motora

$F_{v,t}$  - vučna sila prenesena na podlogu

$r_d = 0,2413$  m - dinamički radijus kotača

$i_{uk} = 38$  - ukupni prijenosni omjer

$\eta_m = 0,94$  - mehanički stupanj korisnosti prijenosnika snage

Vučna sila

$$F_{v,t} = F_{k,t} + F_z + F_u + F_a \quad (16)$$

gdje je:

$F_{k,t}$  - otpor kotrljanja na tvrdoj podlozi

$F_u = 303$  N - otpor uspona

$F_z, F_a$  - otpor zraka i otpor ubrzanja su zanemarivo mali



Otpor kotrljanja

$$F_{k,t} = f_{k,t} \cdot m_v \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (17)$$

gdje je:

$f_{k,t} = 0,015$  - faktor otpora kotrljanja na tvrdoj podlozi[22]

$m_v = 310 \text{ kg}$  - ukupna masa vozila

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  - ubrzanje Zemljine sile teže

$\alpha = 10^\circ$  - kut uspona podloge

$$F_{k,t} = 46 \text{ N} \quad (18)$$

Uvrštavanjem vrijednosti otpora kotrljanja i otpora uspona u izraz (16) dobiva se:

$$F_{v,t} = 348 \text{ N} \quad (19)$$

Uvrštavanjem vrijednosti (11), (13), (19) i prijenosnog omjera u izraz (15) dobiva se:

$$M_{e,pot,t} = 2,4 \text{ Nm} \quad (20)$$

### 3.2. Potrebna efektivna snaga

#### 3.2.1. Efektivna snaga na mekoj podlozi

Potrebna efektivna snaga motora kako bi se svladao uspon od 10%.

$$P_{p,pot,m} > \frac{F_{v,m} \cdot v_u}{\eta_m} \quad (21)$$

gdje je:

$F_{v,m} = 757 \text{ N}$  - vučna sila prenesena na podlogu

$v_u = 1,11 \text{ m/s}$  - brzina vozila

$\eta_m = 0,94$  - mehanički stupanj korisnosti prijenosnika

Uvrštavanjem (9), (11) i brzine vozila u (21) dobiva se:

$$P_{p,potr,m} > 0,9 \text{ kW} \quad (22)$$

#### 3.2.2. Efektivna snaga na tvrdoj podlozi

Potrebna efektivna snaga motora kako bi se održavala konstantna brzina od 9 km/h se računa prema sljedećem izrazu:

$$P_{p,pot,t} > \frac{F_{v,t} \cdot v_t}{\eta_m} \quad (23)$$

gdje je:

$F_{v,t} = 348 \text{ N}$  - vučna sila prenesena na podlogu

$v_t = 2,5 \text{ m/s}$  - brzina vozila na tvrdoj podlozi

$\eta_m = 0,94$  - mehanički stupanj korisnosti prijenosnika

Uvrštavanjem brzine vozila, mehaničkog stupnja korisnosti prijenosnika i vučne sile prenesene na podlogu u izraz (23) dobiva se:

$$P_{p,potr,t} > 0,93 \text{ kW} \quad (24)$$

Za pogon kosilice potrebna je snaga veća od 0,93 kW i moment veći od 5,1 Nm.

### 3.3. Potrebna snaga za oštrice

Prema istraživanju[24] s fakulteta *Nirmala College of Engineering*, koji su izradili i ispitali oštricu za kosilicu približnih dimenzija kao s odabrane kosilice, navode kako je preporučena brzina vrtnje od  $2000 \text{ min}^{-1}$  do  $3000 \text{ min}^{-1}$  te preporučena sila na oštrici iznosi 10,5 N. Za potrebe proračuna vrijednost brzine vrtnje iznosi  $n_n = 3000 \text{ min}^{-1}$ , a vrijednost zahtjevani sile na oštrici  $F=10,5 \text{ N}$ .

#### 3.3.1. Snaga elektromotora za košnju

Snaga elektromotora za košnju se računa prema sljedećem izrazu:

$$P_{o,potr,k} > \frac{M_{o,potr,k} \cdot n_n \cdot \pi}{60000} \quad (25)$$

Potrebni moment za košnju se računa prema sljedećem izrazu:

$$M_{o,potr,k} > F \cdot \frac{d}{2} \quad (26)$$

gdje je:

$d = 0,48 \text{ m}$  - duljina oštrice

Potrebni moment za košnju nakon uvrštavanja duljine oštrice i sile na oštrici iznosi:

$$M_{o,potr,k} > 2,7 \text{ Nm} \quad (27)$$

Nakon uvrštavanja potrebnog momenta za košnju i vrijednosti brzine vrtnje pri košnji dobiva se potrebni iznos snage motora za košnju:

$$P_{o,potr,k} > 0,43 \text{ kW} \quad (28)$$

### 3.3.2. Potrebna snaga motora za pokretanje

Potrebna snaga motora za pokretanje oštrice dobivena je iz dinamičkog momenta inercije oštrice dobivene uz pomoć izračenog modela u programskom paketu Autodesk Inventor. Snaga za pokretanje dobiva se uz pomoć sljedećeg izraza:

$$P_{o,potr,p} > M_{o,potr,p} \cdot \omega \quad (29)$$

gdje je:

$M_{o,potr,p}$  - potrebni moment za pokretanje oštrica

$\omega$  - kutna brzina

Potrebni moment za pokretanje oštrica se računa prema sljedećem izrazu:

$$M_{o,potr,p} > I_{uk} \cdot \varepsilon \quad (30)$$

gdje je:

$I_{uk} = 0,02 \text{ kgm}^2$  - ukupni dinamički moment inercije oštrice

$\varepsilon$  - ubrzanje oštrice

Ubrzanje oštrice se računa prema sljedećem izrazu:

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t_u} \quad (31)$$

gdje je:

$t_u = 2 \text{ s}$  - vrijeme puštanja oštrice u rad

Kutna brzina oštrice se računa prema sljedećem izrazu:

$$\omega = \frac{n_n \cdot \pi}{30} \quad (32)$$

Nakon uvrštavanja brzine vrtnje  $n_n = 3000 \text{ min}^{-1}$  kutna brzina iznosi:

$$\omega = 314,2 \text{ rad/s} \quad (33)$$

Uvrštavanjem kutne brzine i vremena upuštanja oštrice u rad dobiva se iznos ubrzanja oštrice koji iznosi:

$$\varepsilon = 157,1 \text{ rad/s}^2 \quad (34)$$

Moment koji je potreban za pokretanje oštrice iznosi:

$$M_{o,potr,p} > 3,14 \text{ Nm} \quad (35)$$

Potrebna snaga pri pokretanju oštrica iznosi:

$$P_{o,potr,p} > 0,99 \text{ kW} \quad (36)$$

Kao što se može vidjeti iz proračuna snaga potrebnih za pokretanje i za košnju iznos snage za pokretanje noževa iz mirovanja je veći te je potrebno izabrati motor koji će imati potrebnu snagu veću od 0,99 kW i moment potreban veći od 3,14 Nm.

### 3.4. Potreban kapacitet baterija

Uvjet:

- baterije svojom pohranjenom energijom moraju omogućiti autonomiju rada od minimalno dva sata

Potrebna energija za ispunjenje zadanog uvjeta se računa prema sljedećem izrazu:

$$e_{pot} = \frac{(2 \cdot P_o + P_p) \cdot t}{\eta_{el}} \quad (37)$$

gdje je:

$P_o = 1 \text{ kW}$  - snaga izabranog motora za oštrice

$P_p = 1 \text{ kW}$  - snaga izabranog motora za pogon

$t = 2 \text{ h}$  - vrijeme potrebnog rada

$\eta_{el} = 0,85$  - učinkovitost elektromotora[25]

$$e_{pot} = 7,1 \text{ kWh} \quad (38)$$

Baterije se ne smiju isprazniti do kraja jer im se tada drastično smanjuje vijek trajanja. Proizvođači preporučuju da se prazne samo do 25% njihova kapaciteta te zbog toga iznos potrebne električne energije koju baterije trebaju imati iznosi:

$$e_{pot} \cdot DoD = 7,1 \cdot 1,25 = 8,9 \text{ kWh} \quad (39)$$

gdje je:

$DoD=1,25$  - koeficijent razine pražnjenja baterije

### 3.5. Proračun baterija

Kod proračuna litij-ionskih baterija se uvodi Peukert-ov efekt koji govori da kako se povećava brzina pražnjenja tako opada raspoloživi kapacitet baterije. Za litij-ionske baterije koeficijent opadanja prema Peukert-u iznosi 1,05 te iznos potrebne električne energije tada iznosi:

$$E = e_{pot} \cdot 1,05 = 9,3 \text{ kWh} \quad (40)$$

Električni naboj baterija se računa prema sljedećem izrazu:

$$Q = \frac{E}{U} \quad (41)$$

gdje je:

$E$  - potrebna električna energija baterija

$U = 48\text{ V}$  - napon baterija

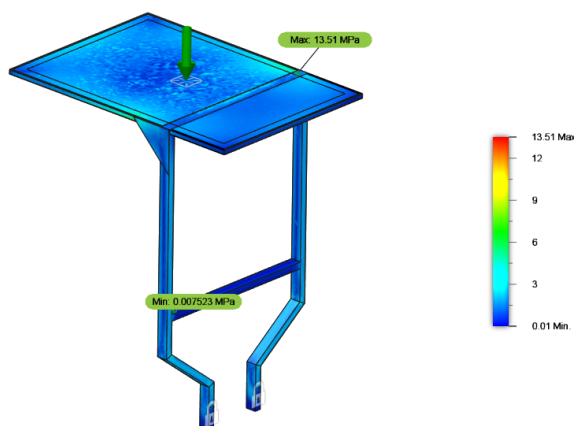
Napon baterija mora biti jednak naponu pri kojem rade motori da bi nesmetano sustav radio.

Električni naboj nakon uvrštavanja potrebne električne energije i napona baterija iznosi:

$$Q = 6,95 \cdot 10^5 \text{ C} = 194 \text{ Ah} \quad (42)$$

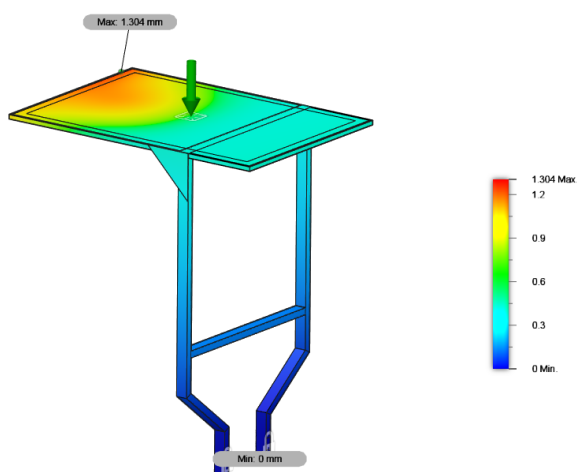
### 3.6. Proračun nosive konstrukcije solarnih panela

Nosiva konstrukcija koja će imati funkciju prihvata solarnih panela te zaštite korisnika od vremenskih prilika sastavljena je od niza pravokutnih profila koji su djelomično zavareni, a djelomično pričvršćeni vijcima preko ukrute kao što se može vidjeti u sklopnom crtežu *Kabina* (Crtež broj: 22-MB-000). Kako bi se vidjelo može li nosiva konstrukcija izdržati vlastitu masu i masu solarnih panela s popratnim dijelovima izrađena je FEM analiza iz koje je vidljivo da maksimalno naprezanje iznosi 13,5 MPa kako je prikazano na Slici 23.



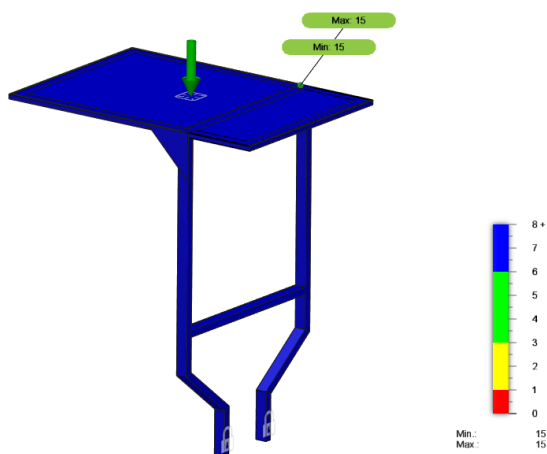
Slika 23. Naprezanje na kabini

Maksimalni progib se događa na vrhu horizontalne ploče na kojoj se nalazi solarni panel te iznosi 1,3 mm kako prikazuje Slika 24.



**Slika 24. Progib kabine**

Faktor sigurnosti nosive konstrukcije na mjestu najvećeg naprezanja iznosi 15 kako je prikazano na Slici 25.



**Slika 25. Sigurnost kabine**

#### 4. IZGLED KOSILICE NAKON ELEKTRIFIKACIJE

Izabrani motor za pogon koji zadovoljava potrebne parametre momenta od 5,1 Nm i potrebnu snagu od 0,93 kW je *Yuandai MY1020* prikazan na Slici 26. Motor je istosmjerni bez četkica te mu regulator šalje impulse struje koji kontroliraju brzinu i moment motora. Snaga na izlazu motora je 1 kW pri maksimalnoj brzini od 3500 min<sup>-1</sup> što omogućava moment od 5,1 Nm na izlazu pri 48 V. Dimenzije motora su 273x203x177 te mase 4 kg.



Slika 26. Yuandai MY1020[26]

Regulator koji će kontrolirati motor za pogon je prikazan na Slici 27.



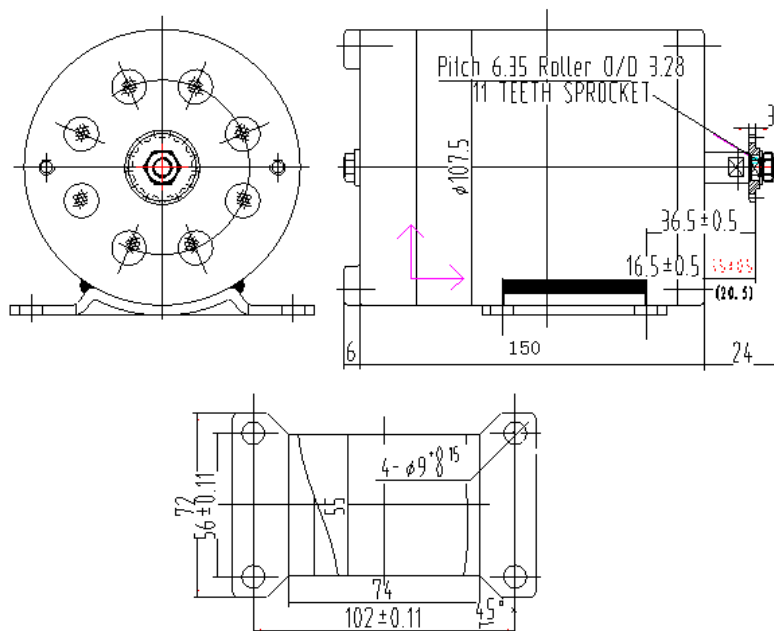
Slika 27. Regulator motora za pogon[27]

Istosmjerni motor za pojedinu oštricu je *Dayton MY1020* prikazan na Slici 28. mase 5,25 kg, izlazne snage 1 kW te momenta 3,2 Nm pri brzini vrtnje od  $3000 \text{ min}^{-1}$ . Zadovoljava potrebne vrijednosti dobivene iz proračuna kao što su snaga veća od 0,99 kW i potrebni moment veći od 3,14 Nm.



**Slika 28. Dayton MY1020[28]**

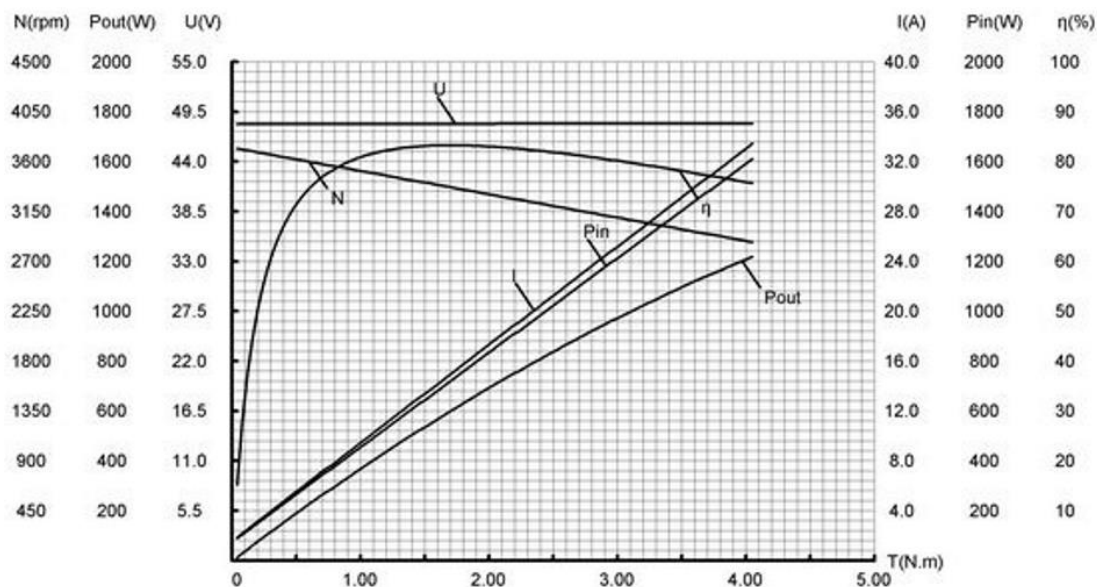
Dimenzije motora su prikazane na Slici 29.



**Slika 29. Dimenzije Dayton MY1020[29]**

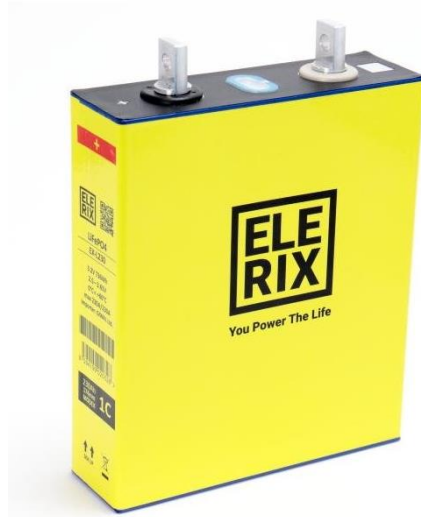
Karakteristika motora prikazana je na Slici 30. koja prikazuje na apcisi moment, a na ordinati brzinu vrtnje motora, izlaznu snagu, napon, struju, ulaznu snagu te iskoristivost.





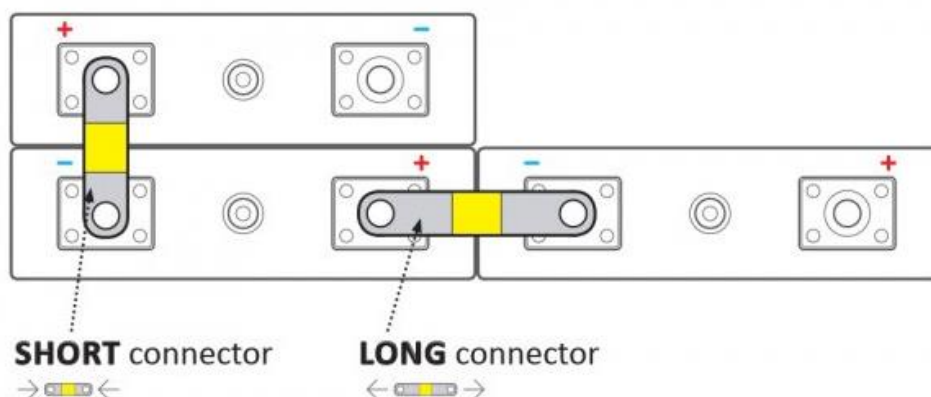
**Slika 30. Karakteristika Dayton MY1020[30]**

Odabrani komplet baterija je sastavljen od 15 *ELERIX EX-L230* baterija nazivnog napona 3,2 V, kapaciteta 230 Ah, dimenzija 204x174x54 te mase 4,1 kg, a izgled baterije je prikazan na Slici 31. Da bi se ispunili uvjeti dobiveni iz proračuna, kao što su napon od 48 V, baterije će biti serijski spojene. Ukupna masa kompleta baterija potrebna za autonomiju vozila od dva sata iznosi 61,5 kg te je dimenzija 204x522x270. Komplet baterija će biti smješten ispod poklopca motora te će biti hlađen zrakom. Baterije su litij-ionske koje karakterizira veliki kapacitet po jedinici mase te velika iskoristivost pri visokim temperaturama. Potreban im je zaštitni strujni krug kako bi se izbjeglo oštećenje samih baterija i kosilice.



**Slika 31. ELERIX EX-L230[31]**

Primjer spajanja pojedinih baterija u cjelinu je prikazan na Slici 32., a spajanje se vrši s konektorima istoimenog proizvođača koji se također mogu vidjeti na istoj slici.



**Slika 32. Način spajanja kompleta baterija[31]**

Solarni panel koji će se zalijepiti na ploču nosive konstrukcije je prikazan na Slici 33. proizvođača *VICEMOB* proizvedenog od monokristalnog silicija s ETFE tehnologijom koja omogućava propustnost svjetlosti do 95%. U usporedbi s tradicionalnim PET solarim panelima lakši je, tanji, ima dulji vijek trajanja, bolju vodootpornost i samočišćenje. Maksimalna snaga solarnog panela je 175 W koja se postiže pri 12 V. Dimenzije solarnog panela su 1170x770x2,5 i mase 4kg.



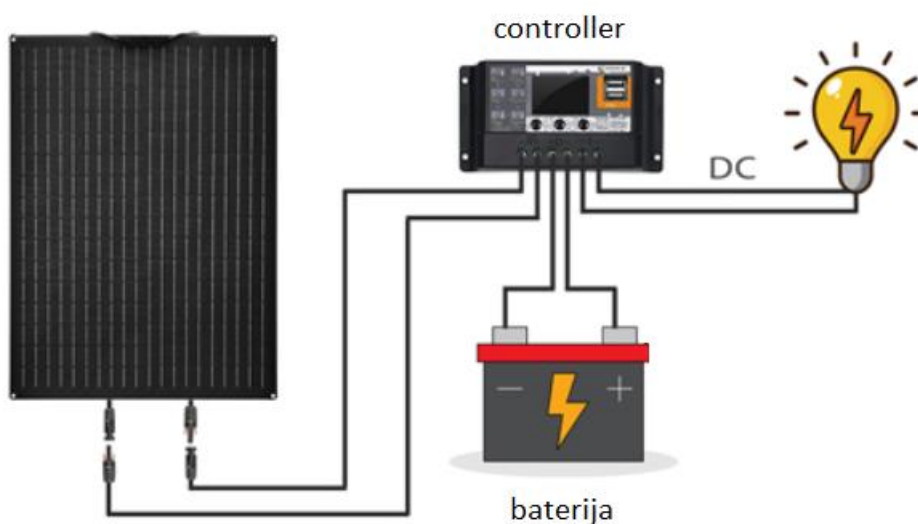
**Slika 33. Solarni panel za kabinu[32]**

Solarni panel koji će se postaviti na poklopac motora, prikazan je na Slici 34., ima izlaznu snagu od 30 W pri 12 V te je dimenzija 330x190 i mase 0,3 kg.



**Slika 34. Solarni panel za poklopac motora[33]**

Shema spajanja solarnog panela s kontrolorom te baterijama prikazana je na Slici 35.



**Slika 35. Shema spajanja solarnog panela[32]**

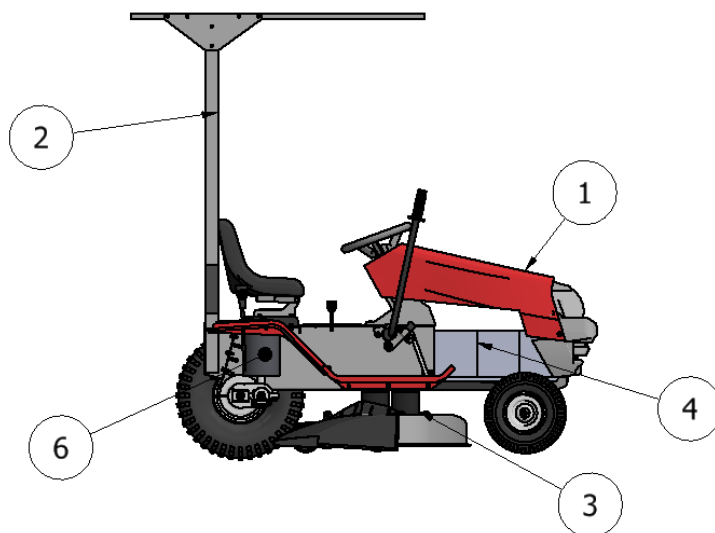
Kako solarni panel ima izlazni napon 12 V potrebno je pridružiti spoju pretvarač napona koji će pretvoriti izlazni napon solarnih panela s 12 V na 48 V. Odabrani pretvarač prikazan je na Slici 36. kojem je maksimalna izlazna snaga 192 W što je manje od snage koju daje solarni panel. Pretvarač ima sučelje od aluminijskog s orebrenjem čime se poboljšava izmjena toplote između kućišta i okolnog zraka.



**Slika 36. Pretvarač napona[34]**

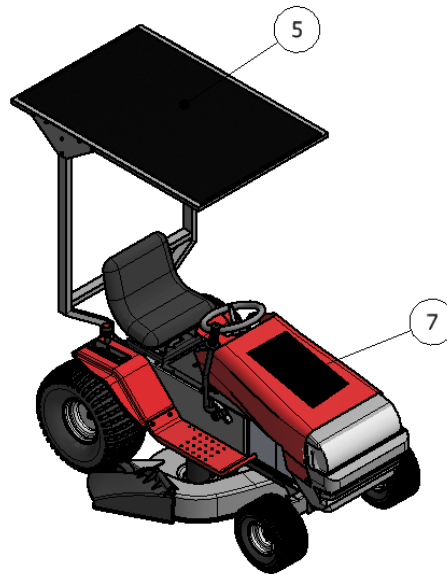
Solarni paneli u idealnom slučaju daju 4,3 Ah svakih sat vremena što bi značilo da svakih sat vremena solarni paneli napune bateriju za 2%.

Ugrađeni dijelovi na kosilici su prikazani na Slici 37. pod oznakom 1 je traktorska kosilica, pod 2 je kabina, pod 3 je motor za oštrice(Dayton MY1020[28]), pod 4 je paket baterija(ELERIX EX-L230[31]), pod 6 je motor za pogon(Yuandai MY1020[26]).



**Slika 37. Dijelovi kosilice**

Na Slici 38. su prikazani ostali dijelovi koji se ne vide na prijašnjoj slici, a to su pod 5 solarni panel[32] koji se nalazi na kabini te pod 7 solarni panel[33] koji se nalazi na poklopcu motora.



Slika 38. Ostali dijelovi kosilice

## **5. ZAKLJUČAK**

U ovom je radu prikazan proračun i izbor komponenti da bi se elektrificirala traktorska kosilica koji bi trebao biti ogledni primjer za preinaku bilo koje traktorske kosilice. Proračunati novi pogonski motor zadovoljava postavljene uvjete voznih performansi i autonomije traktorske kosilice te osigurava bolje vozne performanse nego s motorom s unutarnjim izgaranjem zbog niza gubitaka do kojih je dolazilo u prijenosu. Autonomija vozila ograničena je s kapacitetom baterijskog sklopa te iznosi 2,4 sata što znači da je zadani uvjet od dva sata ispunjen. Prednost prelaska na električni pogon je smanjenje onečišćenja, jednostavnija izvedba, bolja specifična snaga te bolja vanjska karakteristika motora. Nedostatci su visoka cijena baterija, velika masa i manja gustoća energije dobivene iz baterije u odnosu na fosilna goriva. Zbog navedenog dolazi se do zaključka kako će u budućnosti daljnjim razvojem tehnologije baterija i poboljšavanjem njenih karakteristika doći do sve veće uporabe električnih vozila.

## LITERATURA

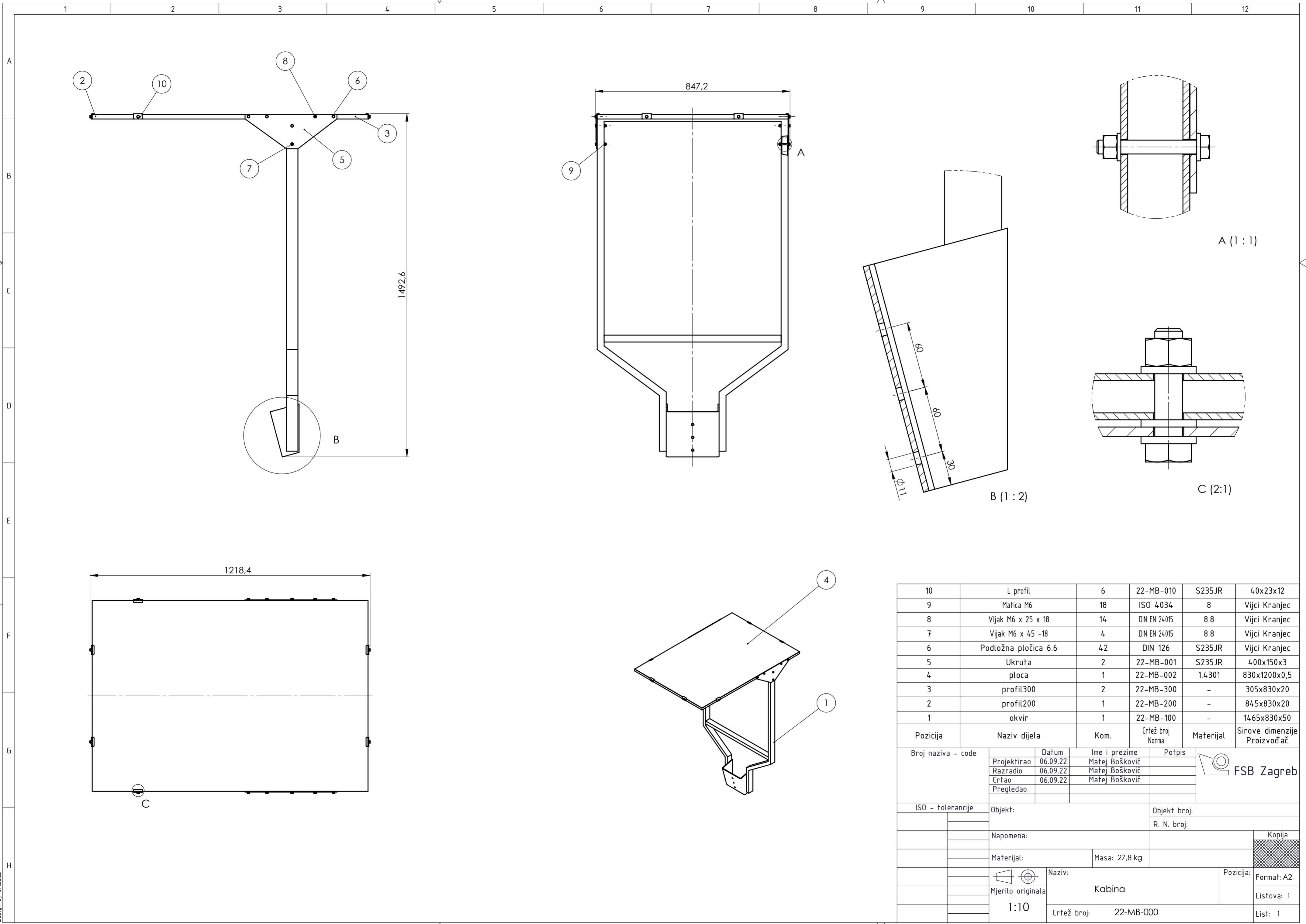
- [1] <https://hrcak.srce.hr/file/282535>, 19.09.2022.
- [2] [http://www.landscape-america.com/history/history\\_mower.html](http://www.landscape-america.com/history/history_mower.html), 19.09.2022.
- [3] <https://www.inventricity.com/local-heroes-edwin-budding>, 19.09.2022.
- [4] [https://www.gracesguide.co.uk/James\\_Sumner](https://www.gracesguide.co.uk/James_Sumner), 19.09.2022.
- [5] <https://bit.ly/3DOz8hd>, 19.09.2022.
- [6] <https://edom-vrt.hr/oc/kosilica-benzinska-MTD-51-BC>, 19.09.2022.
- [7] <https://www.makita.hr/product/dlm382pm2.html>, 19.09.2022.
- [8] <https://bit.ly/3eYkQQA>, 19.09.2022.
- [9] <https://bit.ly/3DxEvRG>, 19.09.2022.
- [10] <https://www.ealati.hr/proizvod/mtd-traktorska-kosilica-smart-rf-125-briggsstratton/>, 19.09.2022.
- [11] <https://www.stiga.com/int/2t0665481-st2-tornado-598e.html>, 19.09.2022.
- [12] <https://www.stiga.com/int/2t2800481-st2-estate-798e.html>, 19.09.2022.
- [13] <https://www.alpina-garden.com/int/2t0660404-a22-at3-98-electric.html>, 19.09.2022.
- [14] <https://bit.ly/3BN8dk7>, 19.09.2022.
- [15] <https://grabcad.com/library/riding-mower-assembly-1>, 19.09.2022.
- [16] <https://www.njuskalo.hr/kosilice-dodaci/rezervni-dijelovi-vrtne-kosilice-mtd-husqvarna-toro-john-deere-oglas-28258371>, 19.09.2022.
- [17] <https://www.ubuy.ke/en/product/1AENCINTK-maxauto-2-pcs-20x8-00-8-tires-wheels-4-ply-for-lawn-garden-mower-turf-tires-3-5-offset-hub-3-4-bore-with-3-16-keyway>, 19.09.2022.
- [18] <https://www.jacksmallengines.com/bs125ic.html>, 19.09.2022.
- [19] <https://www.jacksmallengines.com/jacks-parts-lookup/manufacturer/murray/1999-models/lawn-garden/riders/lawn-tractors/40-cut/40504x92a-lawn-tractor-1999/motion-drive#>, 19.09.2022.
- [20] [https://c.searspartsdirect.com/mmh/lis\\_pdf/OWNM/L0706374.pdf](https://c.searspartsdirect.com/mmh/lis_pdf/OWNM/L0706374.pdf), 19.09.2022.
- [21] Lulić, Ormuž, Šagi: *MOTORNA VOZILA: Konstrukcija vozila, transmisija - mjenjači*; Zagreb, 2021./2022.
- [22] Lulić, Ormuž, Šagi: *MOTORNA VOZILA: Pogon vozila – Otpori vožnje*; Zagreb, 2021./2022.
- [23] Lulić, Ormuž, Šagi: *MOTORNA VOZILA: Pogon vozila – Vučne sile, Bočne sile*; Zagreb, 2021./2022.

- 
- [24] <https://www.ijert.org/research/design-and-analysis-of-cutting-blade-for-rotary-lawn-mowers-IJERTV5IS040322.pdf>, 19.09.2022.
- [25] <https://www.nrdc.org/experts/madhur-bolloor/electric-vehicles-101>, 19.09.2022.
- [26] <https://amzn.to/3Dv29hF>, 19.09.2022.
- [27] <https://amzn.to/3BO1OFp>, 19.09.2022.
- [28] <https://www.motiondynamics.com.au/unite-my1020-1000w-3000-rpm-48v-dc-motor.html>, 19.09.2022.
- [29] <https://www.motiondynamics.com.au/images/detailed/1/my102-diagram.png>, 19.09.2022.
- [30] <https://www.motiondynamics.com.au/images/detailed/2/1020-1000W48V.jpg>, 19.09.2022.
- [31] <https://shop.gwl.eu/LiFePO4-cells-3-2-V/ELERIX-Lithium-Cell-LiFePO4-Prismatic-3-2V230-Ah-1C.html#tab1>, 19.09.2022.
- [32] <https://amzn.to/3BK0QtP>, 19.09.2022.
- [33] <https://amzn.to/3dpmkqH>, 19.09.2022.
- [34] <https://www.ato.com/Content/doc/dc-dc-converter-12v-to-48v/ATOWG-12S4804.pdf>, 19.09.2022.
- [35] <https://www.kia.com/dm/discover-kia/ask/are-electric-cars-dangerous.html>, 19.09.2022.
- [36] <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/aktualno/kolika-je-opasnost-od-zapaljenja-baterije-elektricnog-auta-13314>, 19.09.2022.



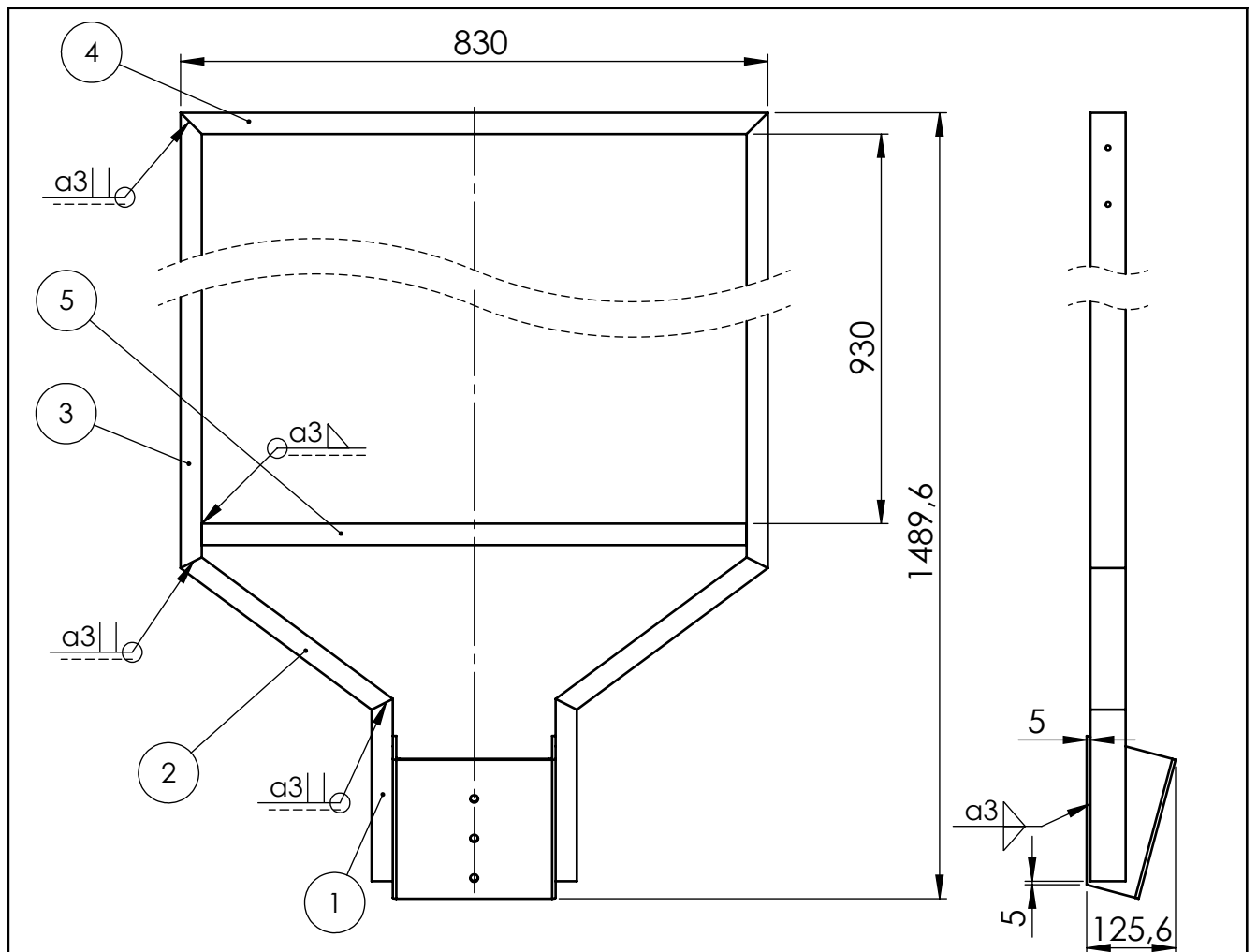
## **PRILOZI**

### **I. Tehnička dokumentacija**



Broj naziva - code	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač
10	L profil	6	22-MB-010	S235JR	40x23x12
9	Matica M6	18	ISO 4034	8	Vijci Kranjec
8	Vijak M6 x 25 x 18	14	DIN EN 24015	8.8	Vijci Kranjec
7	Vijak M6 x 45 -18	4	DIN EN 24015	8.8	Vijci Kranjec
6	Podložna pločica 6.6	42	DIN 126	S235JR	Vijci Kranjec
5	Ukruta	2	22-MB-001	S235JR	400x150x3
4	ploča	1	22-MB-002	1.4-301	830x1200x0,5
3	profil300	2	22-MB-300	-	305x830x20
2	profil200	1	22-MB-200	-	845x830x20
1	okvir	1	22-MB-100	-	1465x830x50

Pozicija	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime	
Projektirao		06.09.22		Matej Bošković	
Razradio		06.09.22		Matej Bošković	
Crtao		06.09.22		Matej Bošković	
Pregledao					
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
				R. N. broj:	
Napomena:				Kopija	
Materijal:		Masa: 27,8 kg			
Mjerilo originala		Naziv:		Pozicija:	
1:10		Kabina		Format: A2	
		Crtež broj: 22-MB-000		Listova: 1	
				List: 1	



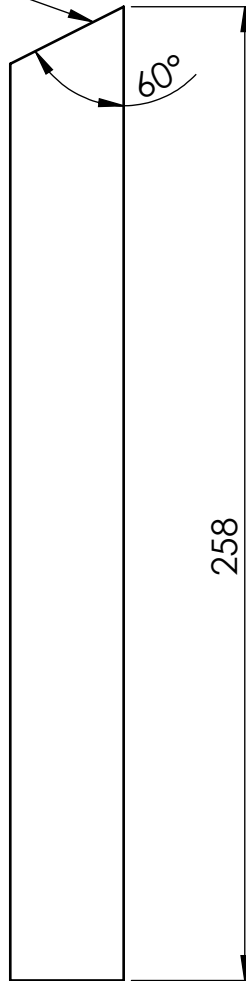
Napomena:

- Preporučena tehnika zavarivanja: 111-elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom
- točnost: srednji HRN M.A1.410.

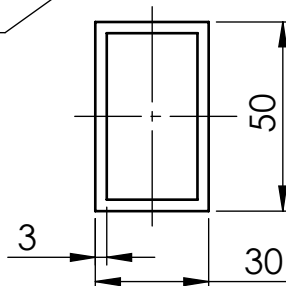
6	Profil106	1	22-MB-106	S235JR	230x130x203
5	Ojaccanje	1	22-MB-105	S235JR	770x50x30
4	Profil104	1	22-MB-104	S235JR	830x50x30
3	Profil103	2	22-MB-103	S235JR	1023x50x30
2	Profil102	2	22-MB102	S235JR	352x50x30
1	Profil101	2	22-MB-101	S235JR	258x50x30
Pozicija	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal:		Masa:		
		Naziv:			Pozicija:
	Mjerilo originala	Zavareni okvir			Format: A4
	1:10	Crtež broj: 22-MB-100			Listova: 1
					List: 1

Ra 12,5



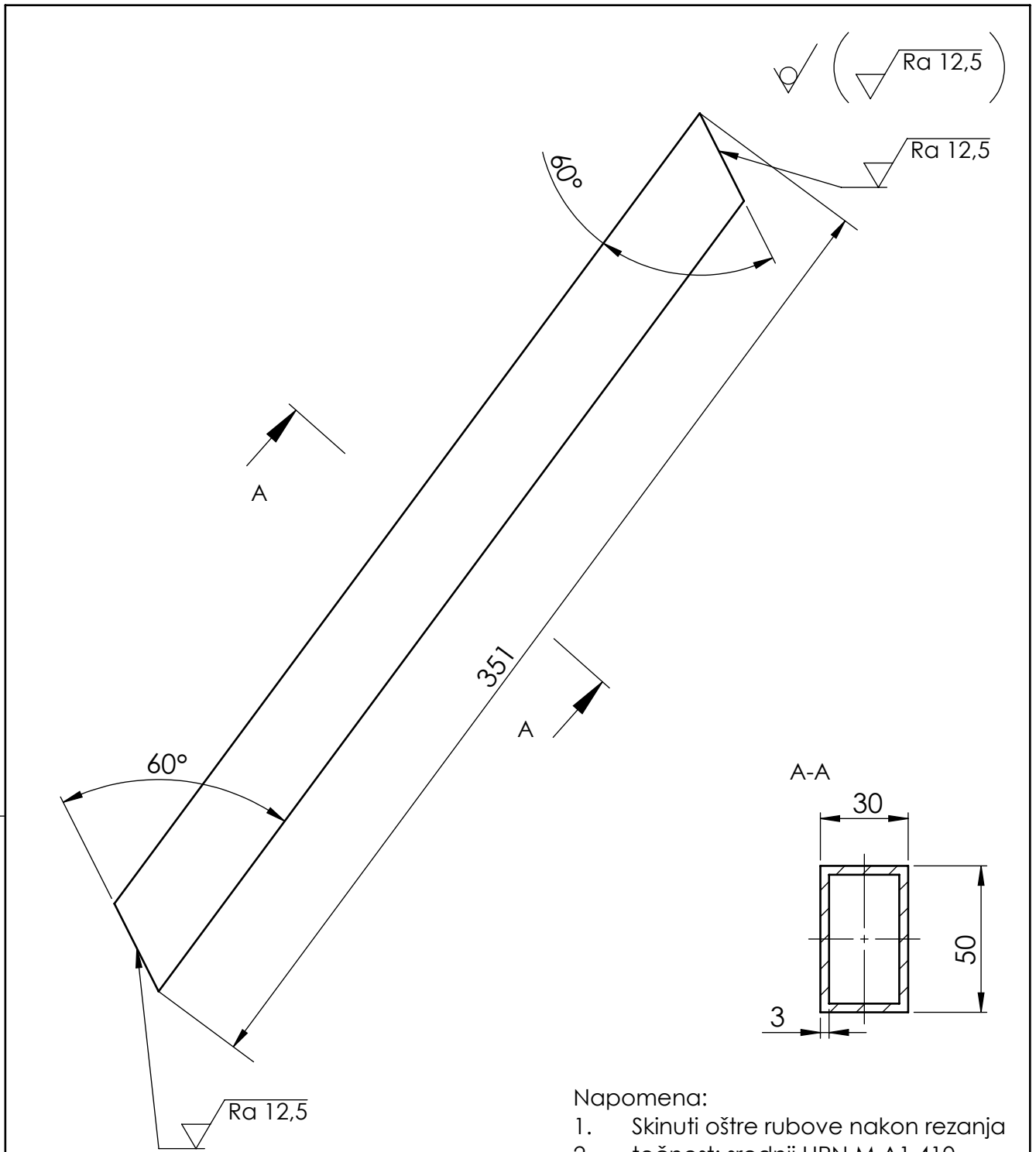
Ra 12,5



Napomena:

1. Skinuti oštre rubove nakon rezanja
2. točnost: srednji HRN M.A1.410.

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 0,9 kg			
	Mjerilo originala	Naziv: Profil101			Pozicija: 1
	1:2	Crtež broj: 22-MB-101			Format: A4
					Listova: 1
					List: 1

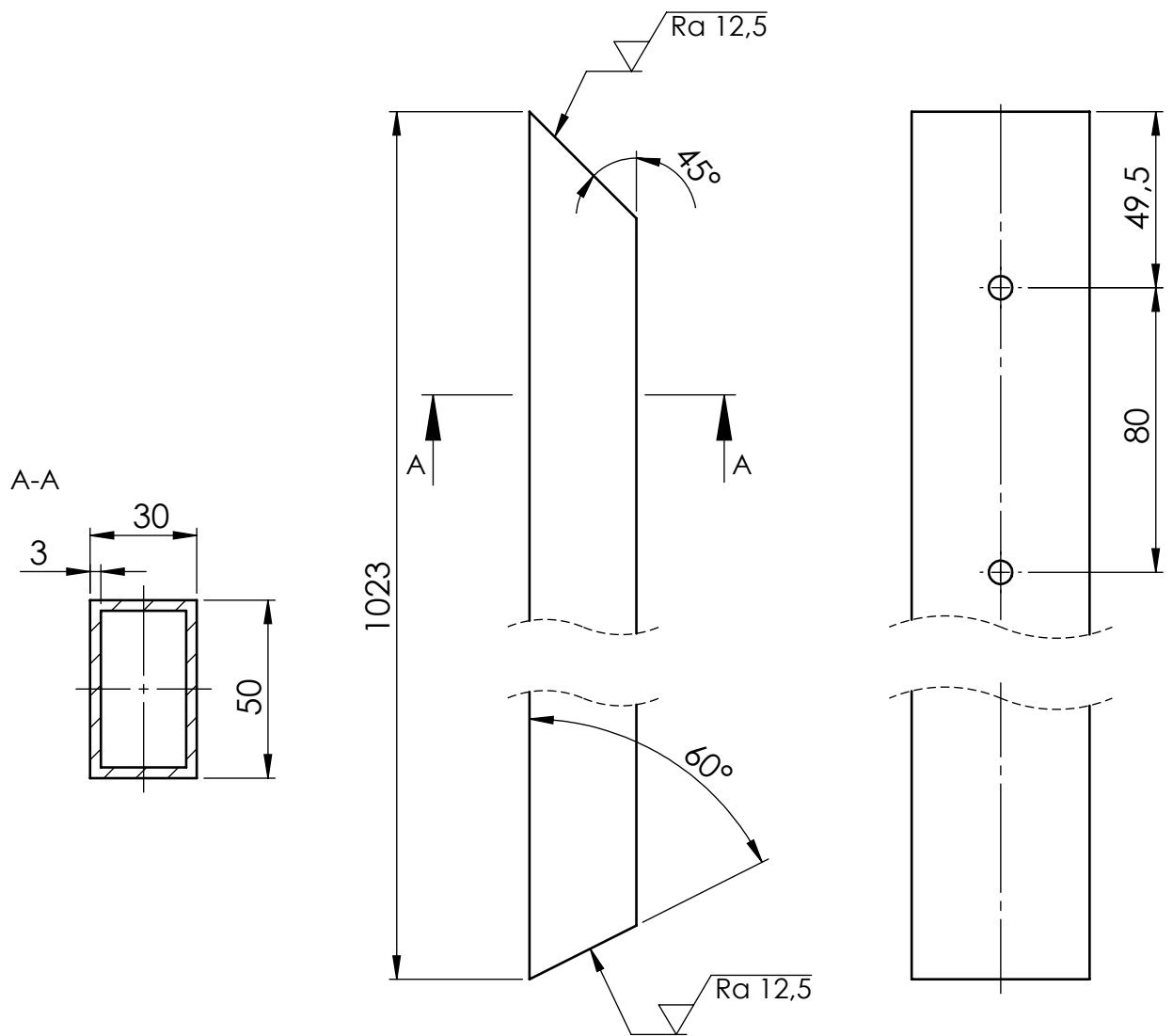


Napomena:

1. Skinuti oštre rubove nakon rezanja
2. točnost: srednji HRN M.A1.410.



Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb	
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković			
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković			
	Pregledao					
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:		
				R. N. broj:		
	Napomena:				Kopija	
	Materijal: S235JR		Masa: 1,2 kg			
		Naziv: Profil102			Pozicija: 2	Format: A4
	Mjerilo originala					Listova: 1
	1:2	Crtež broj: 22-MB-102				List: 1

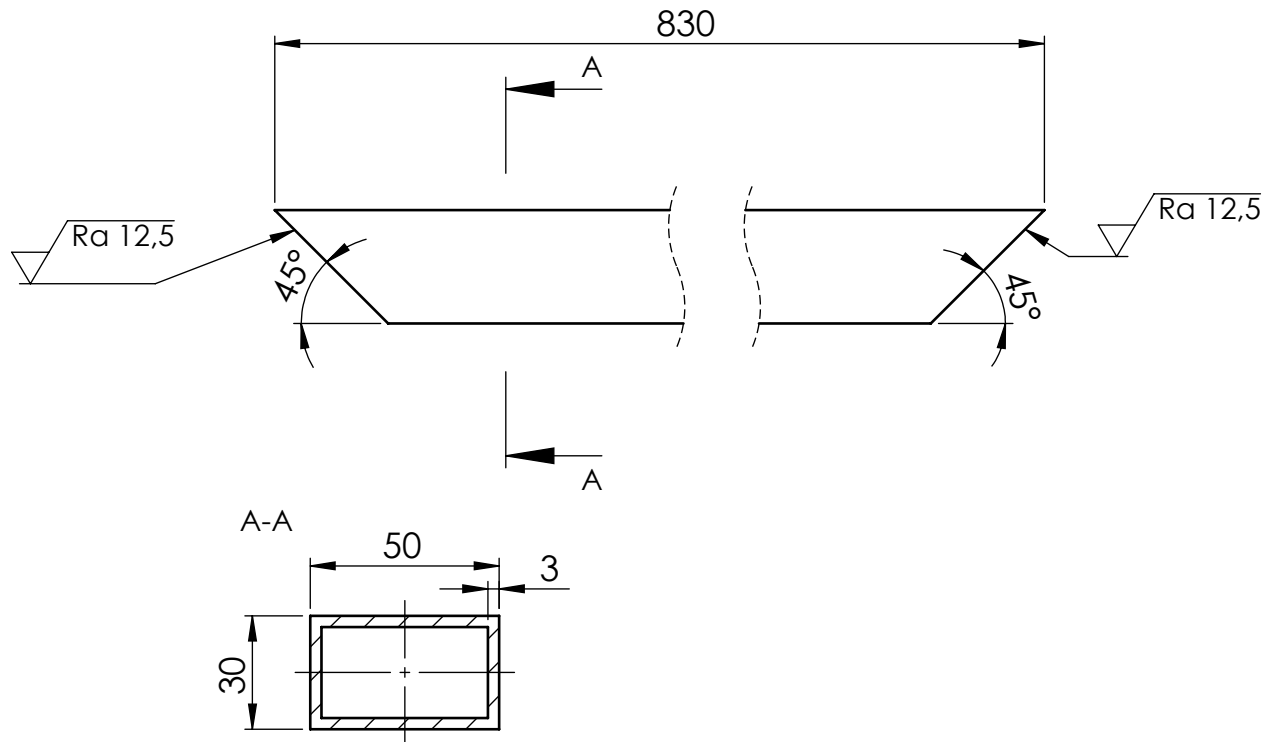
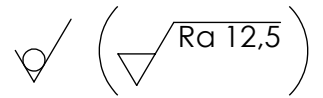
✓ ( Ra 12,5 )



Napomena:

1. Svi nekotirani provrti su  $\varnothing 6,6$
2. Skinuti oštre rubove nakon rezanja
3. točnost: srednji HRN M.A1.410.

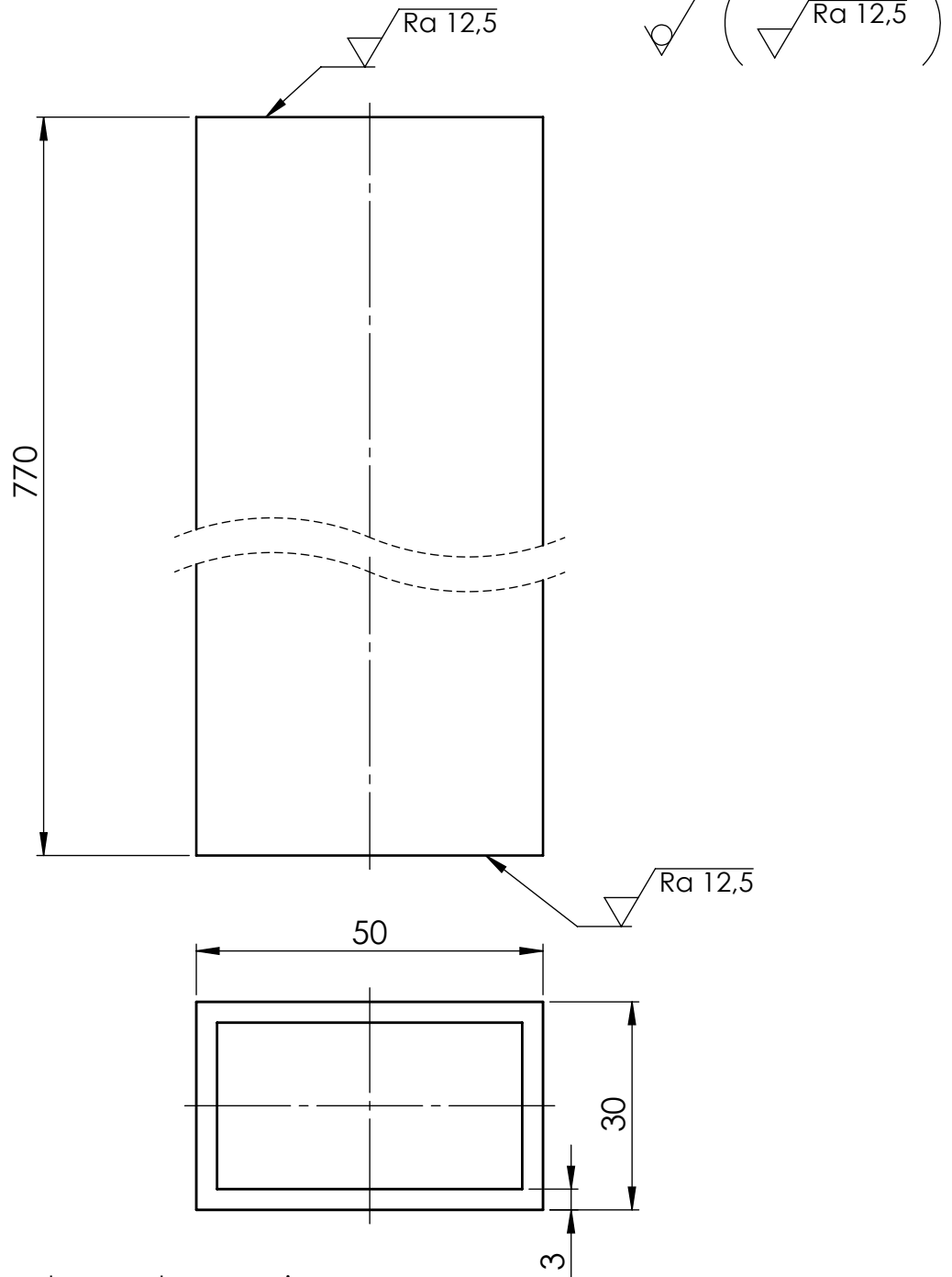
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR		Masa: 3,4 kg		
			Naziv:		Pozicija:
	Mjerilo originala		Profil103		3
	1:2		Crtež broj: 22-MB-103		Format: A4
					Listova: 1
					List: 1



Napomena:

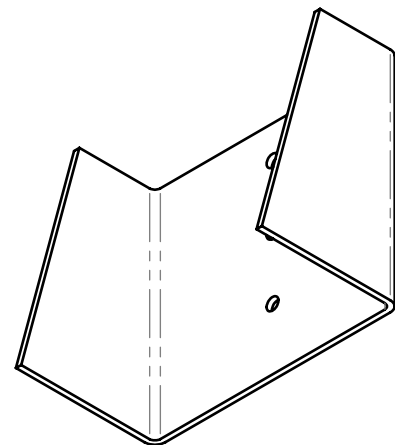
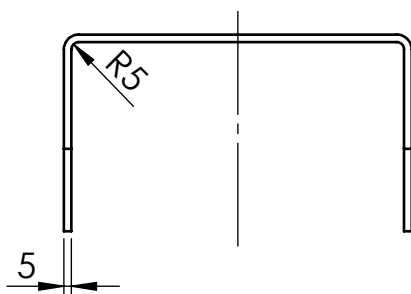
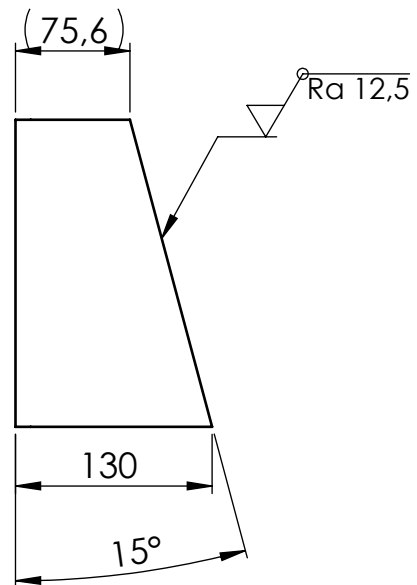
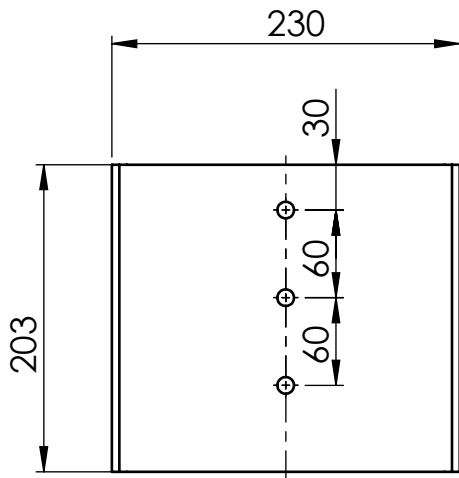
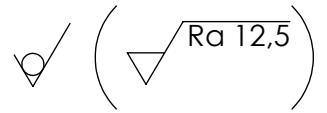
1. Skinuti oštre rubove nakon rezanja
2. točnost: srednji HRN M.A1.410.

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 2,7 kg			
		Naziv: Profil104			Pozicija: 4
	Mjerilo originala				Format: A4
	1:2	Crtež broj: 22-MB-104			Listova: 1
					List: 1



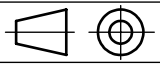
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 2,6 kg			
		Naziv:			Pozicija:
	Mjerilo originala	Ojcanje			5
	1:1	Crtež broj: 22-MB-105			Format: A4
					Listova: 1
					List: 1

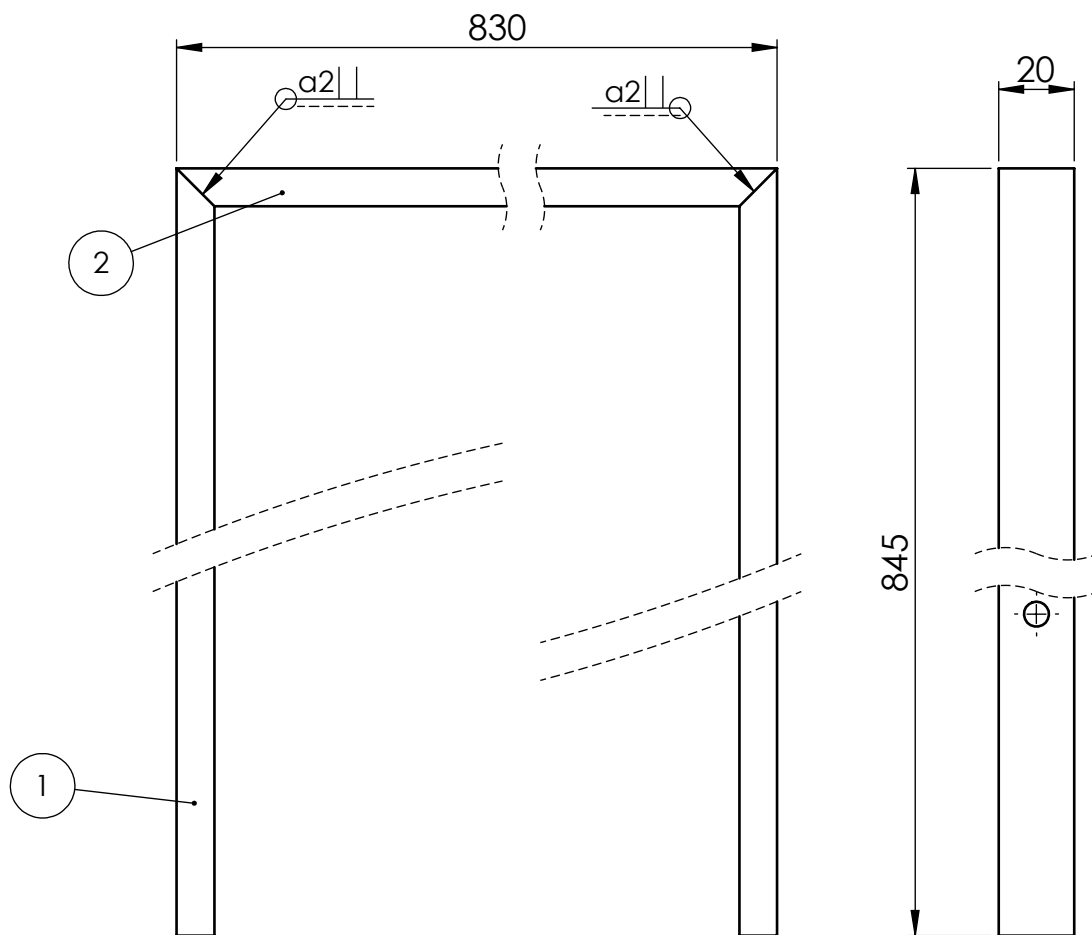




Napomena:

1. dio se izrezuje iz lima 5mm
2. prije savijanja dimenzije lima su 500x203x5
3. svi nekotirani provrti su  $\varnothing 11$
4. skinuti oštre rubove nakon rezanja
5. točnost: srednji HRN M.A1.410.

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 3,4 kg			
		Naziv: Profil106		Pozicija: 6	Format: A4
	Mjerilo originala				Listova: 1
	1:5	Crtež broj: 22-MB-106			List: 1



Napomena:

1. Preporučena tehnika zavarivanja: 111-elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom
2. točnost: srednji HRN M.A1.410.

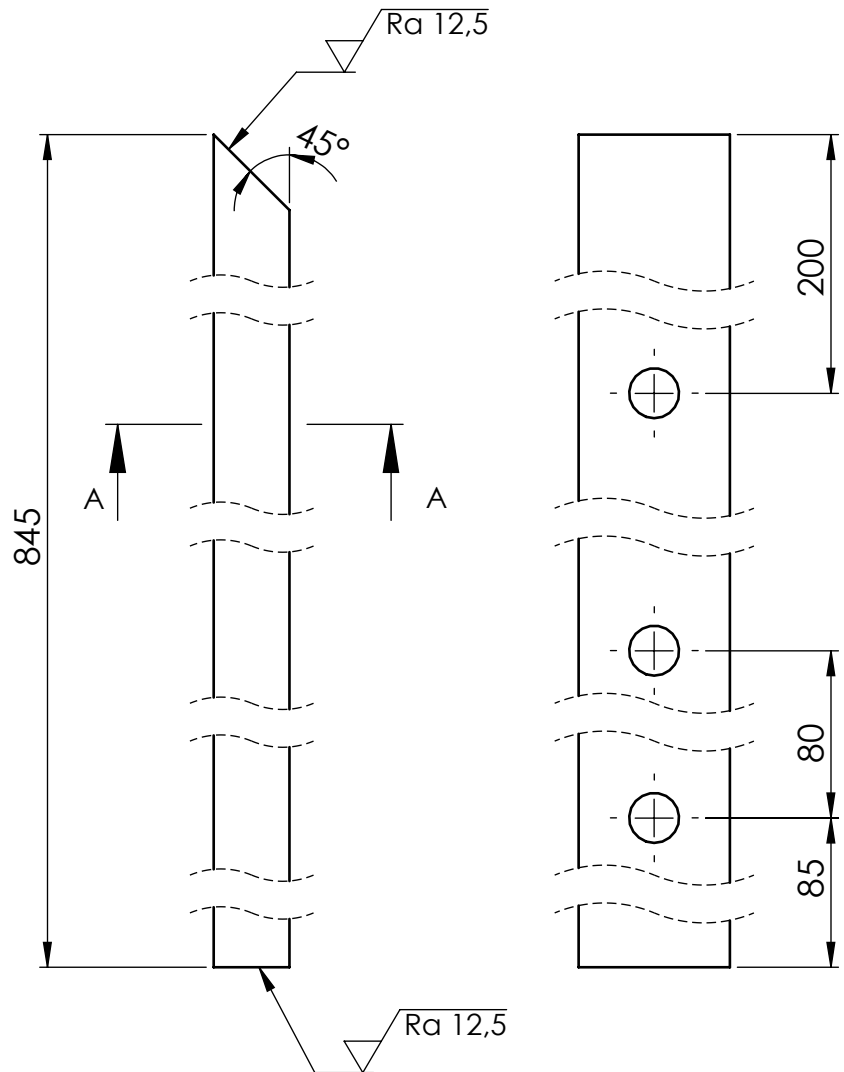
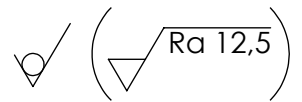
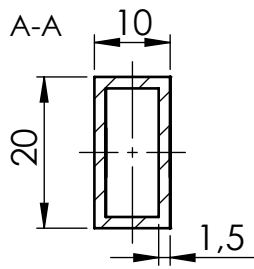
2	Profil202	1	22-MB-202	S235JR	830x20x10
1	Profil201	2	22-MB-201	S235JR	845x20x10
Pozicija	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				

ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:
		R. N. broj:

Napomena:	Kopija
Materijal:	Masa:

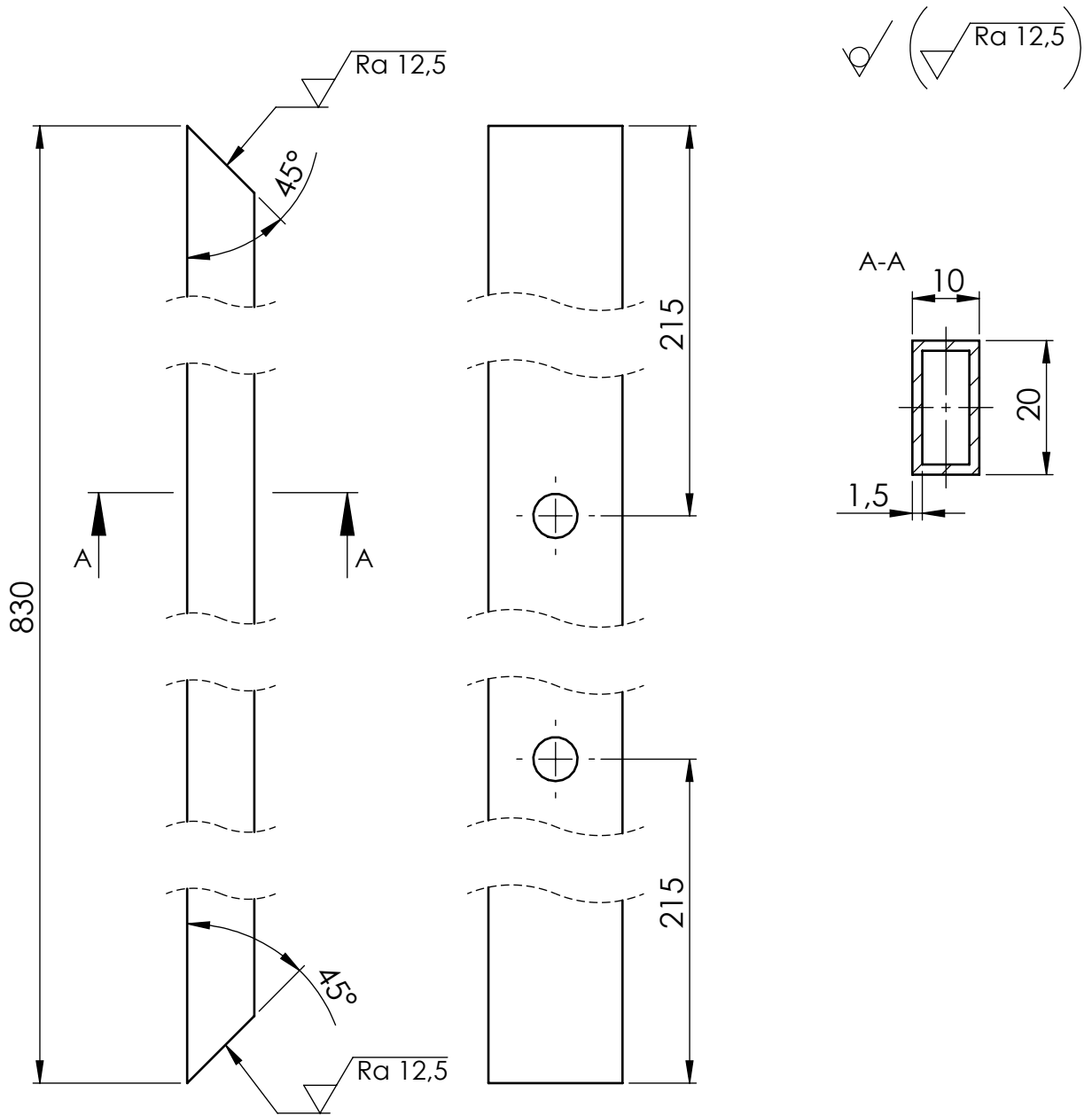
Mjerilo originala 1:2	Naziv:	Pozicija:	Format: A4
	Profil200		Listova: 1
	Crtež broj:	22-MB-200	List: 1



Napomena:

1. Svi nekotirani provrti su  $\phi 6,6$
2. Skinuti oštre rubove nakon rezanja
3. točnost: srednji HRN M.A1.410.

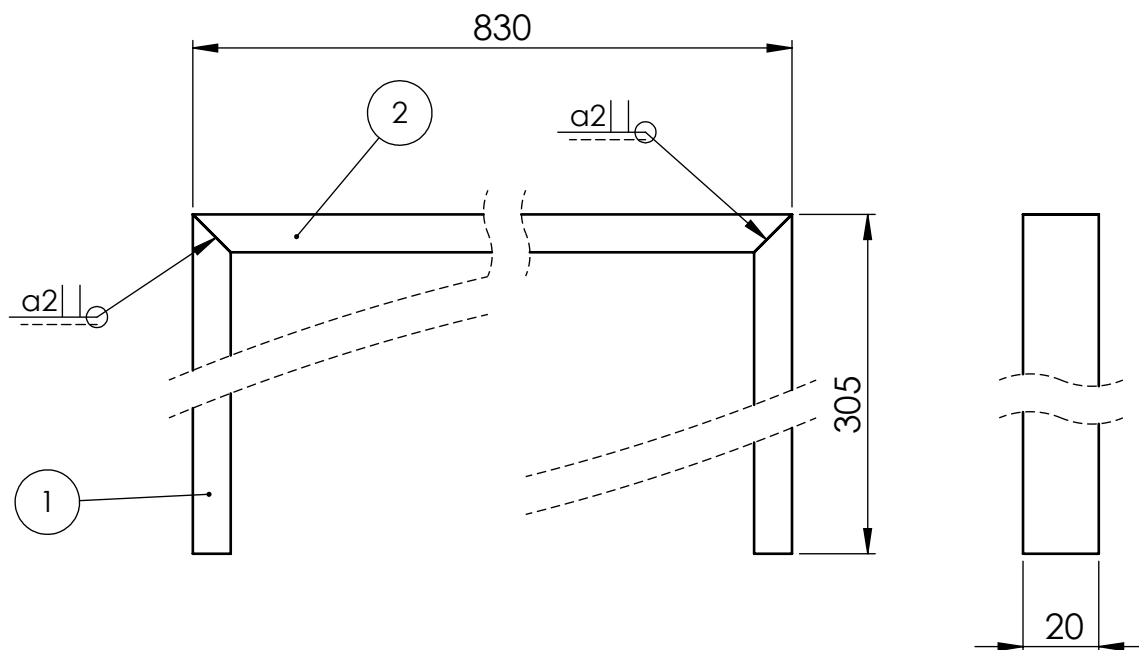
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 0,6 kg			
		Naziv: Profil201			Pozicija: 1
	Mjerilo originala				Format: A4
	1:1	Crtež broj: 22-MB-201			Listova: 1
					List: 1



Napomena:

1. svi nekotirani provrti su  $\phi 6,6$
2. skinuti oštre rubove nakon rezanja
3. točnost: srednji HRN M.A1.410.

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR		Masa: 0,6 kg		
		Naziv:			Pozicija:
	Mjerilo originala	Profil202			2
	1:1	Crtež broj: 22-MB-202			Format: A4
					Listova: 1
					List: 1



Napomena:

- Preporučena tehnika zavarivanja: 111-elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom
- Točnost: srednji HRN M.A1.410.

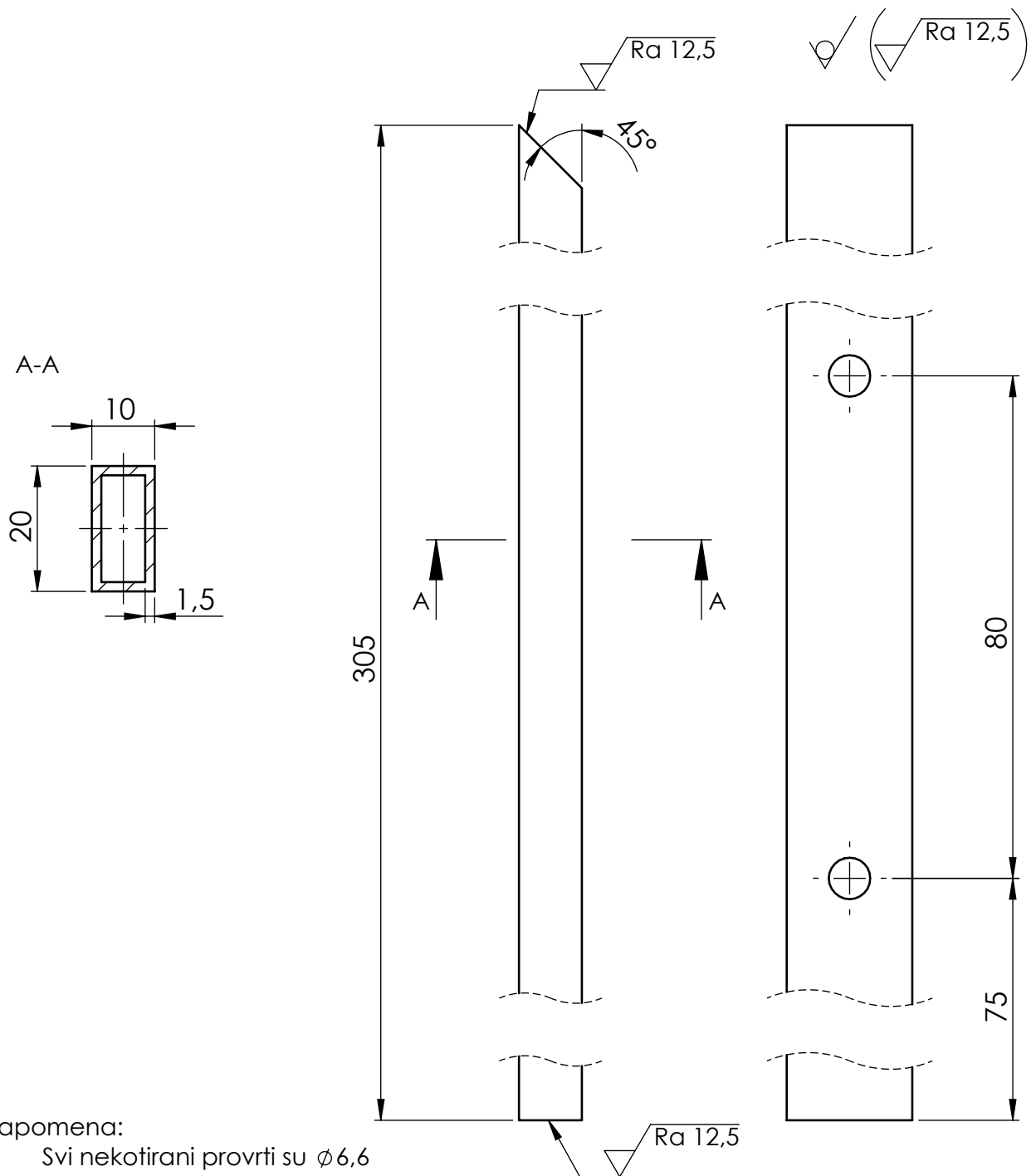
2	Profil202	1	22-MB-202	S235JR	830x20x10
1	Profil301	2	22-MB-301	S235JR	305x20x10
Pozicija	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				

ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:
		R. N. broj:

Napomena:	Kopija
Materijal:	Masa:

Mjerilo originala 1:2	Naziv:	Pozicija:	Format: A4
	Profil300		Listova: 1
	Crtež broj:	22-MB-300	List: 1

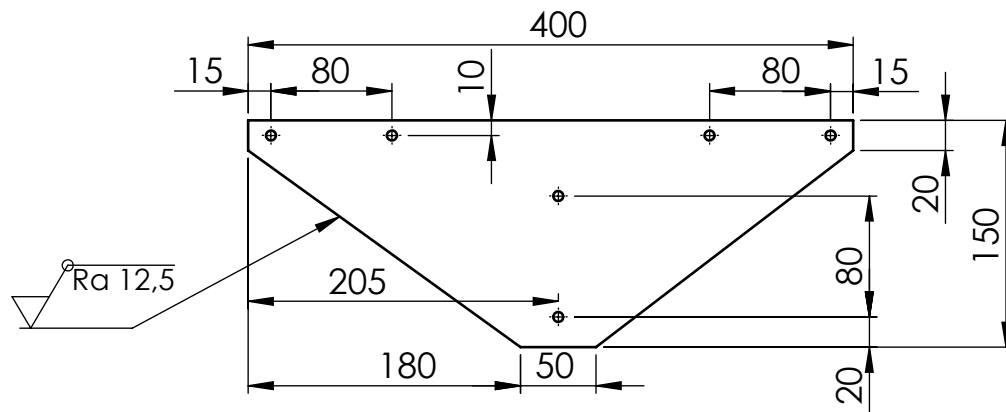


**Napomena:**

1. Svi nekotirani provrti su  $\phi 6,6$
2. Skinuti oštre rubove nakon rezanja
3. točnost: srednji HRN M.A1.410.

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 0,2 kg			
		Naziv: Profil301			Pozicija: 1
	Mjerilo originala				Format: A4
	1:1	Crtež broj: 22-MB-301			Listova: 1
					List: 1

Design by CADLlab

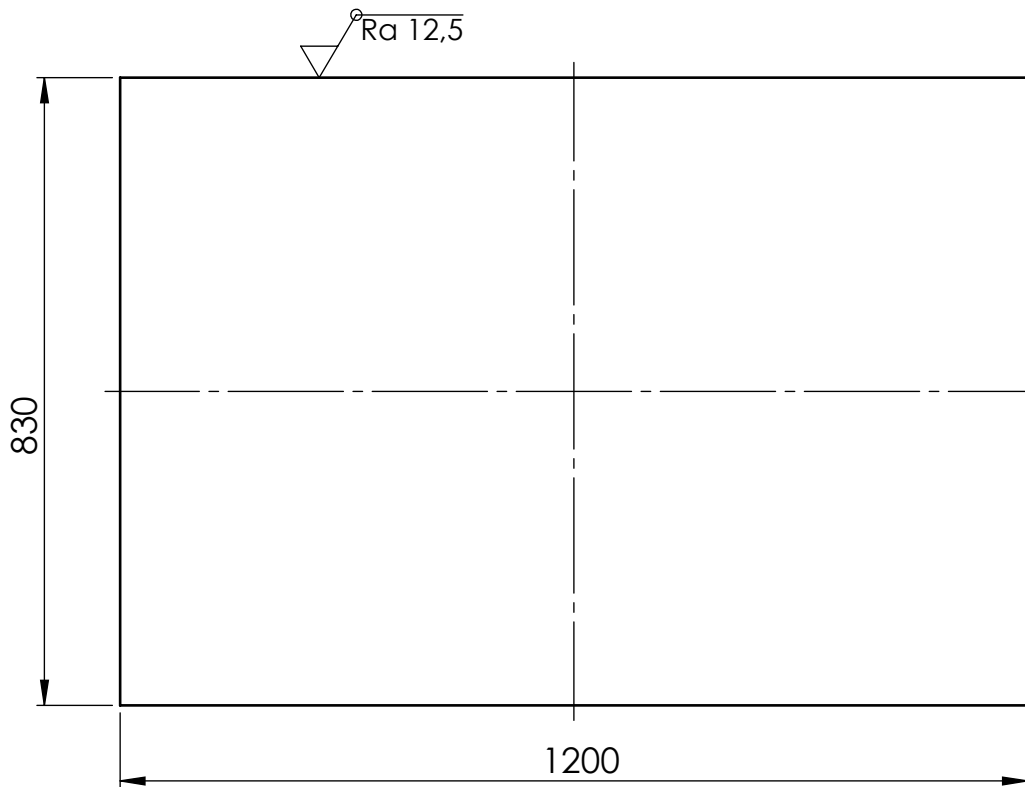


Napomena:

1. Svi nekotirani provrti su  $\varnothing 6,6$
2. Dio se izrezuje iz lima 3mm
3. Skinuti oštre rubove nakon rezanja
4. točnost: srednji HRN M.A1.410.

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR	Masa: 0,9 kg			
		Naziv:			Pozicija:
	Mjerilo originala	Ukruta			1
	1:5	Crtež broj: 22-MB-001			Format: A4
					Listova: 1
					List: 1

✓ (✓ Ra 12,5)

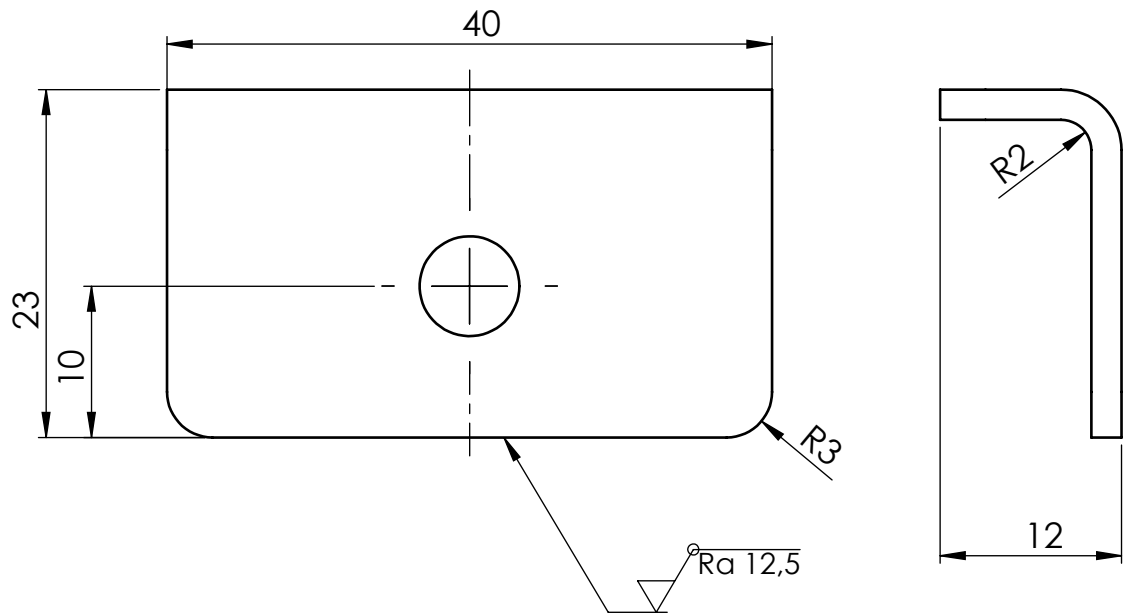
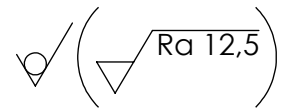


Napomena:

1. skinuti oštre rubove nakon rezanja
2. dio se izrezuje iz lima debljine 0,5mm
3. točnost: srednji HRN M.A1.410.

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Kopija	
	Materijal: 1.4301	Masa: 4 kg			
				Naziv:	
	Mjerilo originala			Ploca	
	1:10			Pozicija: 2	
				Format: A4	
				Listova: 1	
				Crtež broj: 22-MB-002	
				List: 1	





Napomena:

1. dio se izrezuje iz lima 2mm
2. prije savijanja dimenzije lima su 40x37x2
3. svi nekotirani provrti su  $\phi 6,6$
4. skinuti oštre rubove nakon rezanja
5. točnost: srednji HRN M.A1.410.

Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Razradio	06.09.22	Matej Bošković		
	Crtao	06.09.22	Matej Bošković		
	Pregledao				
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal: S235JR		Masa: 0,02 kg		
		Naziv:			Pozicija:
	Mjerilo originala	L profil			10
	2:1	Crtež broj: 22-MB-010			Format: A4
					Listova: 1
					List: 1