

# Zaštitno gazište oko preše

---

Širanović, Borna

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:235:258773>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-25**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Borna Širanović**

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Dr. sc. Milan Kostelac, dipl. ing.

Student:

Borna Širanović

Zagreb, 2022.

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

Zahvaljujem se svom mentoru Dr. sc. Milanu Kostelcu na ukazanoj pomoći i razumijevanju tijekom izrade ovog zadatka.

Također, zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima na pruženoj ljubavi i podršci tijekom cijelog studija. Bez njih ovaj rad ne bi bio moguć.

Borna Širanović



|                                                              |        |
|--------------------------------------------------------------|--------|
| Sveučilište u Zagrebu<br>Fakultet strojarstva i brodogradnje |        |
| Datum                                                        | Prilog |
| Klasa: 602 – 04 / 22 – 6 / 1                                 |        |
| Ur.broj: 15 - 1703 - 22 -                                    |        |

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Borna Širanović**

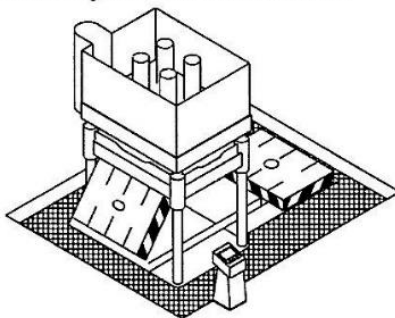
JMBAG: 0035214707

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Zaštitno gazište oko preše**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Protective tread around the press**

Opis zadatka:

Da bi mosni granik imao područje rada preko cijele hale, preša za kontrolu nalijeganja alata za tlačni lijev sidrena je na dubini 1 m od gornjeg ruba poda hale s ciljem da donji rub kuke granika kad je u gornjem položaju bude 100 mm iznad gornjeg ruba preše. Oko preše ostavljen je nezaštićeni slobodni prostor do 1 m širine što je potencijalna opasnost od pada u dubinu. Kako se radi o alatima različitih dimenzija potrebno je tijekom rada prilagoditi visinu podesta na kojem se nalazi alatničar.



Potrebno je:

- dimenzionirati nepokretni dio gazišta za opterećenje od  $q=2 \text{ kN/m}^2$ ;
- dimenzionirati pokretni dio gazišta za opterećenje od  $q=1 \text{ kN/m}^2$  s mehanizmom za visinsko pomicanje;
- konstruirati mehanizam za visinsko pomicanje na dijelu gazišta uz alat prema zahtjevu korisnika pokretanog ručnim alatom - akumulatorskom bušilicom;
- izraditi radioničku dokumentaciju u dogovoru s mentorom.

Svi potrebni podaci bit će dostavljeni od mentora.

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

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

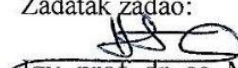
Predvideni datumi obrane:

30. 11. 2021.

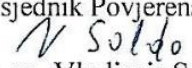
1. rok: 24. 2. 2022.  
2. rok (izvanredni): 6. 7. 2022.  
3. rok: 22. 9. 2022.

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

Zadatak zadao:

  
Izv. prof. dr. sc. Milan Kostelac

Predsjednik Povjerenstva:

  
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    |
| 2. POKRETNI DIO GAZIŠTA .....                           | 3    |
| 2.1. Zahtjevi naručitelja .....                         | 3    |
| 2.2. Konceptualna razrada.....                          | 3    |
| 2.3. Izrada 3D modela .....                             | 4    |
| 2.4. Proračun čvrstoće .....                            | 6    |
| 2.4.1. Nazivna opterećenja .....                        | 6    |
| 2.4.2. Proračun krutosti nosača .....                   | 7    |
| 2.4.3. Proračun i odabir vodilica .....                 | 9    |
| 2.4.4. Proračun zavara nosača .....                     | 11   |
| 2.4.5. Proračun izvijanja vretena.....                  | 13   |
| 2.4.6. Proračun momenta podizanja/spuštanja.....        | 15   |
| 2.4.7. Proračun krutosti središnjeg nosača .....        | 19   |
| 2.4.8. Proračun zavara središnjeg nosača.....           | 21   |
| 2.4.9. Proračun rešetkastih ploča .....                 | 23   |
| 3. NEPOKRETNI DIO GAZIŠTA .....                         | 25   |
| 3.1. Zahtjevi naručitelja .....                         | 25   |
| 3.2. Konceptualna razrada.....                          | 25   |
| 3.3. Izrada 3D modela .....                             | 25   |
| 3.4. Proračun čvrstoće nepokretnog dijela gazišta ..... | 26   |
| 3.4.1. Nazivna opterećenja .....                        | 26   |
| 3.4.2. Proračun sidrenih vijaka .....                   | 26   |
| 3.4.3. Proračun nosača konstrukcije.....                | 28   |
| 3.4.4. Proračun rešetkastih ploča .....                 | 30   |
| 4. Ljestve.....                                         | 33   |
| LITERATURA.....                                         | 35   |
| PRILOZI.....                                            | 36   |

**POPIS SLIKA**

|           |                                                                 |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1.  | Prvi poznati prikaz ljestvi.....                                | 1  |
| Slika 2.  | Primjer svakodnevne upotrebe transportnih uređaja .....         | 2  |
| Slika 3.  | Koncept mehanizma podizanja/spuštanja .....                     | 3  |
| Slika 4.  | Konačni koncept.....                                            | 4  |
| Slika 5.  | Gornji pogled 3D modela pokretnog dijela gazišta.....           | 5  |
| Slika 6.  | Donji pogled 3D modela pokretnog dijela gazišta .....           | 5  |
| Slika 7 . | Rešetkasta ploča .....                                          | 6  |
| Slika 8.  | Dimenzije sklopa pokretnog dijela konstrukcije .....            | 8  |
| Slika 9.  | Momenti savijanja vodilica .....                                | 9  |
| Slika 10. | Kataloške oznake opterećenja vodilica .....                     | 10 |
| Slika 11. | Opterećenja na poprečnom presjeku zavara .....                  | 12 |
| Slika 12. | Četiri osnovna modela izvijanja .....                           | 14 |
| Slika 13. | Središnji nosač.....                                            | 19 |
| Slika 14. | Krakovi momenata na središnjem nosaču .....                     | 20 |
| Slika 15. | Geometrijske karakteristike presjeka središnjeg nosača .....    | 20 |
| Slika 16. | Presjek zavara osovine i središnjeg nosača .....                | 22 |
| Slika 17. | Koncept nepokretnog dijela gazišta .....                        | 25 |
| Slika 18. | 3D model nepokretnog dijela gazišta .....                       | 26 |
| Slika 19. | Krakovi udaljenosti nosača nepokretnog dijela konstrukcije..... | 27 |
| Slika 20. | GS - Protuklizna površina .....                                 | 32 |
| Slika 21. | Shematski prikaz ljestvi prema normi ISO 14122.....             | 33 |
| Slika 22. | Cijela konstrukcija zaštitnog gazišta .....                     | 34 |

**POPIS TABLICA**

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1. Geometrijske karakteristike nosača .....                           | 8  |
| Tablica 2. Vrijednosti dopuštenog opterećenja vodilice .....                  | 10 |
| Tablica 3. Geometrijske karakteristike presjeka zavara .....                  | 12 |
| Tablica 4. Tehničke specifikacije osnovnog modela akumulatorske bušilice..... | 17 |
| Tablica 5. Dimenzije elemenata KLASIK rešetke .....                           | 23 |
| Tablica 6. Dopušteno opterećenje KLASIK rešetke .....                         | 24 |
| Tablica 7. Geometrijske karakteristike potporne cijevi.....                   | 29 |
| Tablica 8. Dimenzije elemenata STABIL rešetke.....                            | 30 |
| Tablica 9. Dopušteno opterećenje STABIL rešetke.....                          | 31 |



**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

| BROJ CRTEŽA  | Naziv iz sastavnice              |
|--------------|----------------------------------|
| SB-ZR-22-000 | Zaštitno gazište                 |
| SB-ZR-22-001 | Sklop podiznog gazišta 1         |
| SB-ZR-22-02  | Navojno vreteno                  |
| SB-ZR-22-04  | Lijeva pričvrsna ploča           |
| SB-ZR-22-05  | Kvadratna cijev SHS 60x3,2       |
| SB-ZR-22-12  | Sklop središnjeg nosača          |
| SB-ZR-22-15  | Desna pričvrsna ploča            |
| SB-ZR-22-20  | Nosač RHS 80x80x8                |
| SB-ZR-22-21  | Navojna čahura                   |
| SB-ZR-22-22  | Pločica                          |
| SB-ZR-22-23  | Osovina                          |
| SB-ZR-22-32  | Zavareni sklop središnjeg nosača |

## POPIS OZNAKA

| Oznaka                        | Jedinica        | Opis                                        |
|-------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|
| $A_j$                         | $\text{mm}^2$   | Površina jezgre presjeka                    |
| $a$                           | mm              | Debljina zavara                             |
| $d_2, d_3$                    | mm              | Promjeri jezgre vretena                     |
| $E$                           | $\text{N/mm}^2$ | Young-ov modul elastičnosti                 |
| $F, F_1, F_n, F_{n1}, F_{n2}$ | N               | Koncentrirano opterećenje                   |
| $F_v$                         | N               | Vertikalna sila                             |
| $F_{v1}, F_{v2}$              | N               | Sile u vijku                                |
| $F_p$                         | N               | Dopuštena sila podloge                      |
| $f$                           | mm              | Progib                                      |
| $f_{dop}$                     | mm              | Dopušteni progib                            |
| $G$                           | N               | Težina                                      |
| $g$                           | $\text{m/s}^2$  | Ubrzanje sile teže                          |
| $I, I_y$                      | $\text{mm}^4$   | Aksijalni moment tromosti površine presjeka |
| $i$                           | mm              | Polumjer inercije poprečnog presjeka        |
| $k$                           | mm              | Krak momenta                                |
| $l$                           | mm              | Duljina                                     |
| $l_0$                         | mm              | Početna duljina                             |
| $l_{max}$                     | mm              | Maksimalna duljina                          |
| $M_f, M_1, M_2$               | Nm              | Moment savijanja                            |
| $M_y, M_{zd}, M_{zs}$         | Nm              | Kataloški moment savijanja                  |
| $m$                           | kg              | Masa                                        |
| $n$                           | $\text{s}^{-1}$ | Brzina vrtnje u jedinici vremena            |
| $P_h$                         | mm              | Ušpon navoja                                |
| $R$                           | -               | Razred protukliznosti površine              |
| $R_e$                         | $\text{N/mm}^2$ | Granica tečenja                             |
| $S$                           | -               | Faktor sigurnosti                           |
| $S_{Eul}, S_{potr}, S_{Eul}$  | -               | Eulerov faktor sigurnosti na izvijanje      |
| $s_1, s_2, s_3$               | mm              | Hod vretena                                 |
| $T_p$                         | Nm              | Moment podizanja navojne čahure             |
| $t_1, t_2, t_3$               | s               | Vrijeme podizanja                           |
| $v_h$                         | m/s             | Brzina podizanja                            |
| $q$                           | $\text{N/m}^2$  | Površinsko opterećenje                      |
| $W, W_1$                      | $\text{mm}^3$   | Polarni moment otpora presjeka              |
| $\alpha$                      | °               | Kut uspona navoja                           |
| $\beta$                       | °               | Kut boka navoja                             |
| $\lambda$                     | -               | Vitkost                                     |
| $\lambda_p$                   | -               | Vitkost na granici proporcionalnosti        |

---

|                      |                   |                                         |
|----------------------|-------------------|-----------------------------------------|
| $\mu$                | -                 | Faktor trenja                           |
| $\rho'$              | °                 | Korigirani kut trenja                   |
| $\sigma$             | N/mm <sup>2</sup> | Normalno naprezanje                     |
| $\sigma_f, \sigma_1$ | N/mm <sup>2</sup> | Svojno naprezanje                       |
| $\sigma_{red,HMH}$   | N/mm <sup>2</sup> | Reducirano naprezanje prema HMH teoriji |
| $\sigma_{zav,dop}$   | N/mm <sup>2</sup> | Dopušteno naprezanje zavora             |
| $\tau_1, \tau_s$     | N/mm <sup>2</sup> | Smično naprezanje                       |
| $\tau_t$             | N/mm <sup>2</sup> | Uvijanje                                |

## **SAŽETAK**

U radu je obuhvaćena konstrukcijska razrada i proračun zaštitnog gazišta oko, u tlo spuštenog, industrijskog objekta. Gazište je podijeljeno na pomični i nepomični dio. Pomični dio gazišta sastoji se od vertikalno pomičnih stepenica pogonjenih ručnim alatom. Mehanizam podizanja osmišljen je pomoću navojnog vretena i vodilica te je pogonjen akumulatorskom bušilicom. Nepomični dio gazišta usidren je za betonsku konstrukciju i služi kao zaštita radnika od pada u jamu objekta.

**Ključne riječi:** Zaštitno gazište, mehanizam podizanja, akumulatorska bušilica

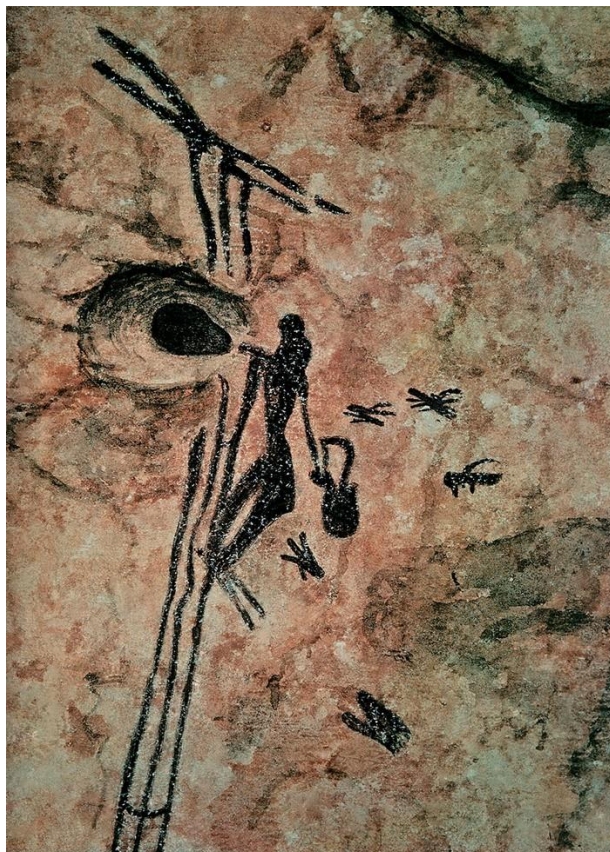
**SUMMARY**

This research paper shows the design and calculation process for a protective walkway. The protective walkway is situated around an industrial site deep in the ground. The walkway consists of movable and stationary part. A power drill is being used as a source of power for a lifting mechanism in a movable part of the walkway. The stationary part of the walkway is anchored to the concrete walls of the industrial site and serves as a protection from falling into an unprotected pit.

Key words: Protective walkway, lifting mechanism, power drill

## 1. UVOD

Potreba za svladavanjem visinskih prepreka navela je čovjeka da još prije 10 000 g. Pr. Kr. izumi pomagalo koje danas nazivamo ljestvama. Najstariji poznati prikaz ljestvi nalazi se na zidnom crtežu u jednoj od špilja Caves de l'Aranya u Španjolskoj. Crtež, Slika 1, prikazuje sakupljača meda koji pomoću dugih elastičnih ljestvi uzima med iz pčelinje košnice.



**Slika 1. Prvi poznati prikaz ljestvi**

Važnost ovog izuma vidljiva je svuda oko nas. Ljestve su postale neizostavni dio svakog industrijskog postrojenja i gotovo svakog kućanstva. Konstrukcija ljestvi uvelike ovisi o njenoj namjeni, no konceptualno sve ljestve sadrže iste komponente: oslonac za udove te pripadajuću potpornu strukturu. Navedene komponente mogu biti izvedene od krutih i/ili elastičnih materijala. Ponekad je visinsku razliku potrebno savladati bez upotrebe ruku, što čovjeka dovodi u nestabilnu poziciju i pokazuje sigurnosni nedostatak osnovnog modela ljestvi. Iz tog razloga osmišljene su razne vrste stubišta i transportnih uređaja. Danas je rukovanje teretom većih težina gotovo nezamislivo bez upotrebe dizala i drugih vrsta transportnih uređaja. Važno

je napomenuti da korištenje osnovnog modela ljestvi iziskuje rad čovjeka dok kod transportnih uređaja taj rad vrši neka vrsta pogonskog agregata. Također, transportni uređaji nisu limitirani snagom ljudskih mišića te nam omogućuju pomicanje tereta znatno većih težina i dimenzija. Dizala i pokretne stepenice predstavljaju sigurniji i lakši način svladavanja visinskih razlika što potvrđuje njihova široka rasprostranjenost, ne samo u industriji već i u svakodnevnom životu, Slika 2.



**Slika 2. Primjer svakodnevne upotrebe transportnih uređaja**

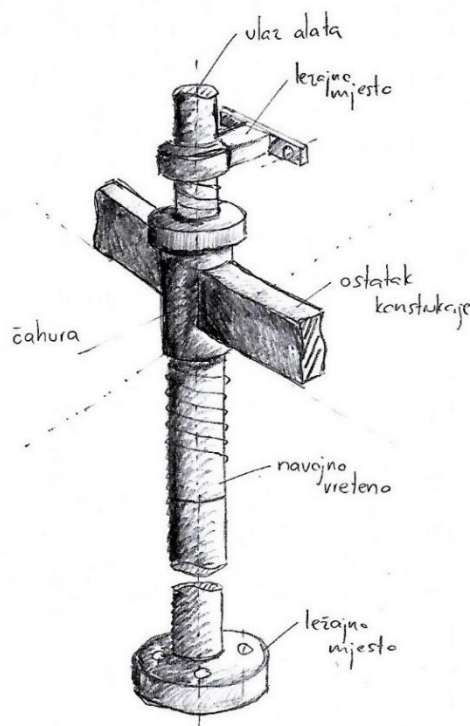
## 2. POKRETNI DIO GAZIŠTA

### 2.1. Zahtjevi naručitelja

Prema zahtjevu naručitelja, kao pogonski agregat mehanizma za podizanje/spuštanje, koristiti će se akumulatorska bušilica. Predviđeno opterećenje pokretnog dijela gazišta iznosi  $q = 1000 \text{ kN/m}^2$ . Zbog ograničenog manevarskog prostora, dodatna želja naručitelja je laka montaža i demontaža konstrukcije.

### 2.2. Konceptualna razrada

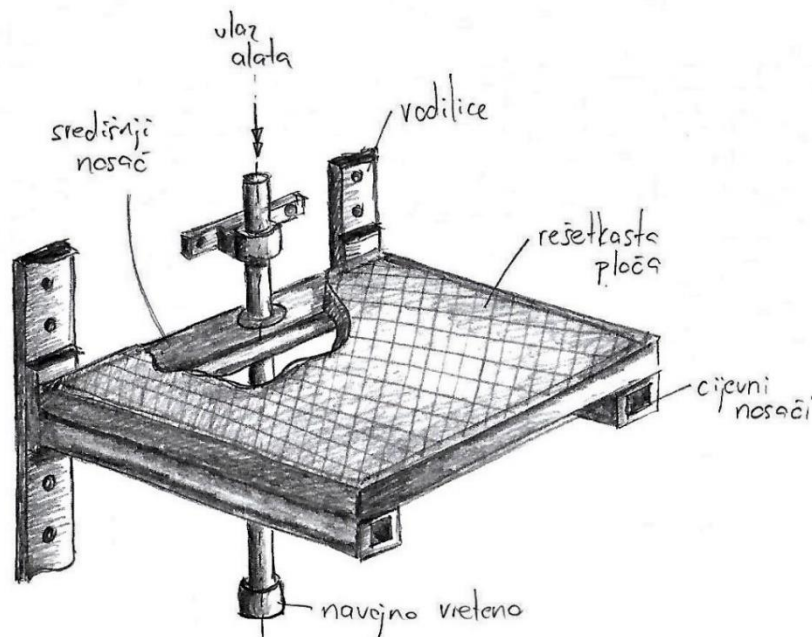
Budući da je cilj dobiti translaciju odnosno vertikalni pomak gazišta, a pogonski agregat vrši rotacijsko gibanje, potrebno je osmisliti mehanizam pretvorbe jednog gibanja u drugi. Zbog jednostavnosti izvedbe odabrano je navojno vreteno i navojna čahura. U ovom slučaju vreteno je uležišteno u dva oslonca, te mu je omogućena isključivo rotacija. Navojna čahura spojena je s ostatkom pomičnog dijela konstrukcije i giba se translatorno. Koncept mehanizma prikazan je na Slici 3.



Slika 3. Koncept mehanizma podizanja/spuštanja



Zbog velikog zareznog djelovanja nije preporučeno navojne elemente, u ovom slučaju navojno vreteno, opteretiti na savijanje. Stoga je još potrebno osmisliti mehanizam koji bi na sebe preuzeo moment savijanja te u isto vrijeme omogućio translatorno gibanje. Ovaj zahtjev riješen je pomoću linearnih vodilica i kvadratnih cijevi. Konačni koncept prikazan je na Slici 4.



Slika 4. Konačni koncept

### 2.3. Izrada 3D modela

Model je izrađen pomoću programskog paketa SolidWorks. Na Slici 5. i Slici 6. prikazan je 3D model pomičnog dijela gazišta. Princip rada ostao je isti kao i kod koncepta. Radnik, pomoću akumulatorske bušilice, pogoni navojno vreteno. Vreteno je uležišteno u dva ležajna mjesta. Gornje ležajno mjesto je slobodno, odnosno omogućen je mali vertikalni pomak u slučaju toplinske dilatacije. Donje ležajno mjesto izvedeno je kao čvrsto, a sastoji se od vlastitog kućišta

i aksijalno krutog ležaja. Okretanjem vretena, navojna čahura translacija u vertikalnom smjeru. Čahura je kruto povezana sa središnjim nosačem.

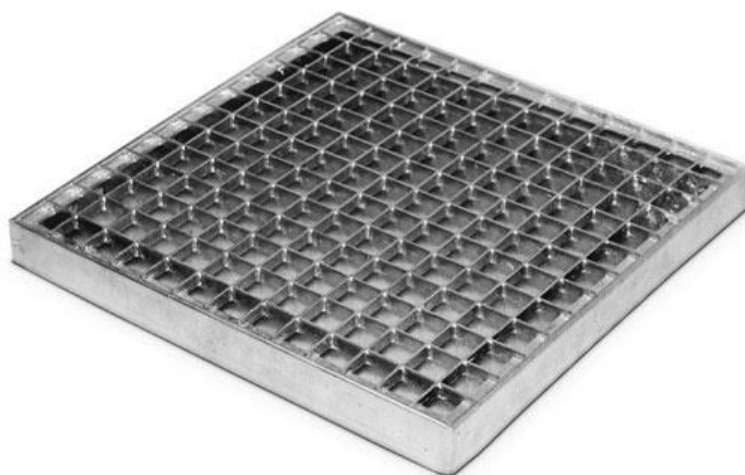


Slika 5. Gornji pogled 3D modela pokretnog dijela gazišta



Slika 6. Donji pogled 3D modela pokretnog dijela gazišta

Kako bi se izbjeglo savojno opterećenje vretena, središnji nosač slobodno rotira oko svoje uzdužne osi. Na taj način, cijeli moment savijanja preuzimaju kvadratne cijevi, kruto spojene s vodilicama. Vreteno je tada opterećeno isključivo na tlak. Vodilice se postavljaju direktno na stranice zida i učvršćene su sidrenim vijcima. Broj i raspored sidrenih vijaka dan je u katalogu proizvođača i biti će navedeni u kasnijem dijelu proračuna. Kvadratne cijevi služe kao glavni nosači. Krutost konstrukcije postiže se upotrebom zavara i vijčanih spojeva. Rešetkaste ploče, koje služe kao gazna podloga, preuzete su od proizvođača BENKOtehn [2]. Primjer rešetkaste ploče prikazan je na Slici 7. Rešetke su od pomicanja osigurane pričvršnim kopčama te vijcima spojene za kvadratne cijevi.



Slika 7. Rešetkasta ploča

## 2.4. Proračun čvrstoće

### 2.4.1. Nazivna opterećenja

Zadano opterećenje pokretnog dijela konstrukcije iznosi  $q = 1000 \text{ kN/m}^2$ . Standardna dimenzija rešetkaste ploče uzeta iz kataloga [2] je  $800 \times 800 \text{ mm}$ . Ukupna površina jedne ploče tada iznosi  $A = 0,64 \text{ m}^2$ . Iznos koncentriranog opterećenja dobiva se iz jednadžbe (1):

$$F_1 = q \cdot A = 1000 \cdot 0,64 = 640 \text{ N} \quad (1)$$

Budući da je sigurnost radnika na prvom mjestu, proračunom dobivena sila biti će uvećana za faktor sigurnosti od  $S = 1,5$ . U tom slučaju vrijednost koncentriranog opterećenja, koja će se koristiti u danjem proračunu, iznosi:

$$F_2 = 1000 \text{ N} \quad (2)$$

#### 2.4.2. Proračun krutosti nosača

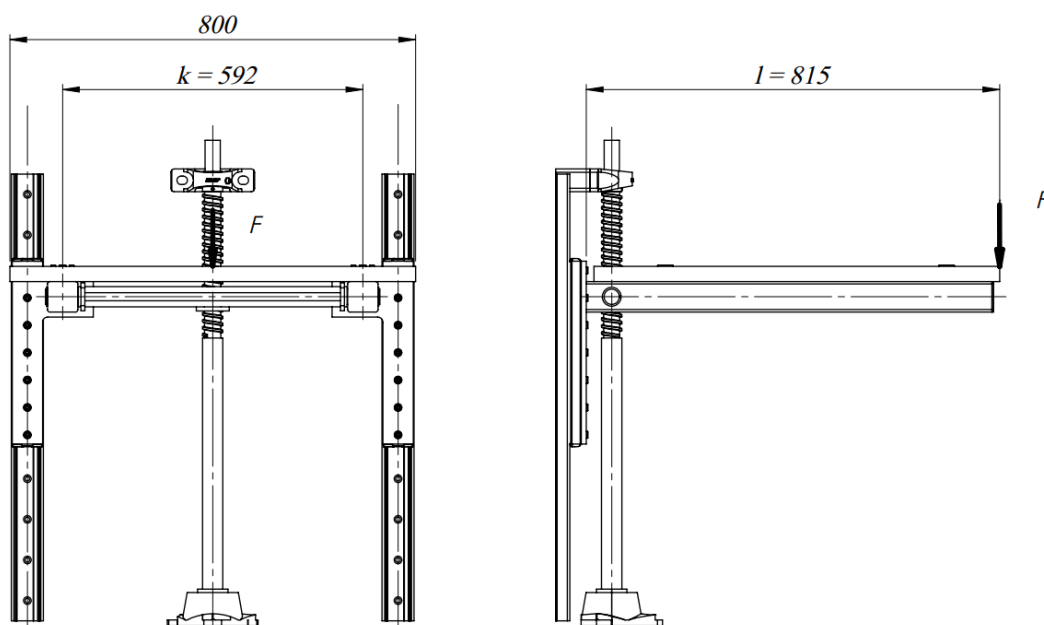
Na Slici 8. dane su konačne dimenzije sklopa pokretnog dijela konstrukcije. Na slici je također označena najnepovoljnija pozicija djelovanja koncentriranog opterećenja. Kako bi proračun krutosti cijevnih nosača bio točan, potrebno je još uzeti u obzir težinu rešetkaste ploče, pripadajućih pričvrstnih elemenata i težinu samih nosača. Masa navedenih elemenata iznosi  $m_{uk} = 15 \text{ kg}$ . Ukupna sila je tada:

$$F_{uk} = F_2 + (m_{uk} \cdot g) \quad (3)$$

$$F_{uk} = 1000 + (15 \cdot 9,81) \quad (4)$$

Nakon uvrštavanja vrijednosti, ukupna sila iznosi:

$$F_{uk} = F = 1150 \text{ N} \quad (5)$$



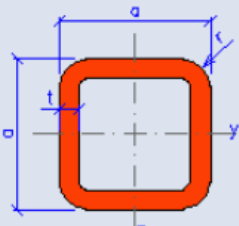
### Slika 8. Dimenzije sklopa pokretnog dijela konstrukcije

Jednadžba progiba nosača uklještenog na jednom kraju prema [3], dana je izrazom:

$$f = \frac{F}{EI} \cdot \frac{l^3}{3} \quad (6)$$

Young-ov modul elastičnosti  $E$  za čelik iznosi  $E = 210 \text{ MPa}$ . Proračunska duljina  $l$  vidljiva iz prethodne slike iznosi  $l = 815 \text{ mm}$ . Iznos sile  $F$  u izrazu (6) predstavlja polovinu ukupne sile  $F_{uk}$  zbog pretpostavke da svaki od nosača preuzima jednako opterećenje. Za nosač, odabran je profil SHS 60 x 3,2. Aksijalni moment tromosti presjeka  $I$  zajedno s ostalim geometrijskim karakteristikama preuzet je iz [4] i prikazan u Tablici 1.

Tablica 1. Geometrijske karakteristike nosača

| SHS 60x3.2                                    |                                                                                     | Section properties                                  |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Geometry                                      |                                                                                     |                                                     |
|                                               |  | $I_y = I_z = 3.82\text{E}+5 \text{ mm}^4$           |
| $a = 60 \text{ mm}$                           |                                                                                     | $W_{y,el} = W_{z,el} = 1.27\text{E}+4 \text{ mm}^3$ |
| $t = 3.2 \text{ mm}$                          |                                                                                     | $W_{y,pl} = W_{z,pl} = 1.52\text{E}+4 \text{ mm}^3$ |
| $r = 4.8 \text{ mm}$                          |                                                                                     | $i_y = i_z = 23.1 \text{ mm}$                       |
| $A = 716 \text{ mm}^2$                        |                                                                                     | $S_y = S_z = 7600 \text{ mm}^3$                     |
| $A_L = 0.232 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ |                                                                                     | $I_t = 6.02\text{E}+5 \text{ mm}^4$                 |
| $G = 5.62 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$     |                                                                                     | $C_t = 1.86\text{E}+4 \text{ mm}^3$                 |

Budući da se radi o simetričnom poprečnom presjeku, momenti tromosti presjeka poprečnih osi jednakih su iznosa. Iznos progiba nakon uvrštavanja poznatih vrijednosti u jednadžbu (6):

$$f = \frac{1150}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 3,82 \cdot 10^5} \cdot \frac{815^3}{3} \quad (7)$$

$$f = 1,29 \text{ mm} \quad (8)$$

Dopušteni progib, prema [5] iznosi:

$$f_{dop} = \frac{l}{600} = \frac{815}{600} = 1,35 \text{ mm} \quad (9)$$

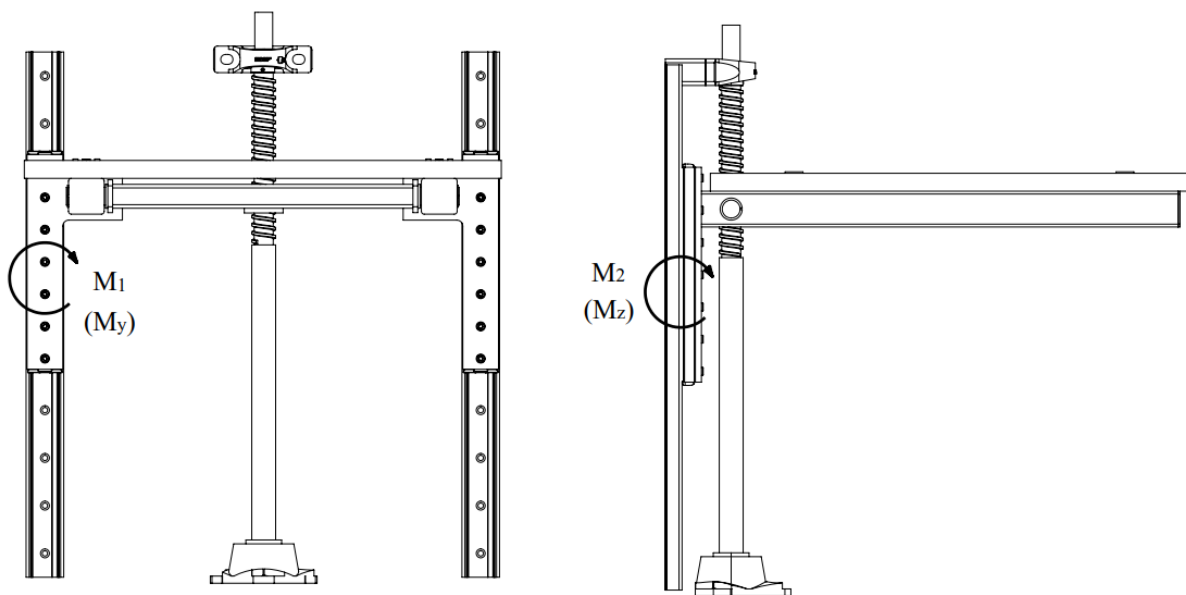
Iz prethodnog, vidi se da cijevni nosači zadovoljavaju uvjet krutosti, tj:

$$f_{dop} \geq f \quad (10)$$

$$1,35 \text{ mm} \geq 1,29 \text{ mm} \quad (11)$$

### 2.4.3. Proračun i odabir vodilica

Vodilice su opterećene silom danom u jednadžbi (5). I u ovom slučaju, pretpostavka je da je svaka od vodilica ravnomjerno opterećena. Na Slici 9. prikazani su momenti savijanja vodilica. U zagradama su označeni kataloški nazivi opterećenja, prikazani na Slici 10.



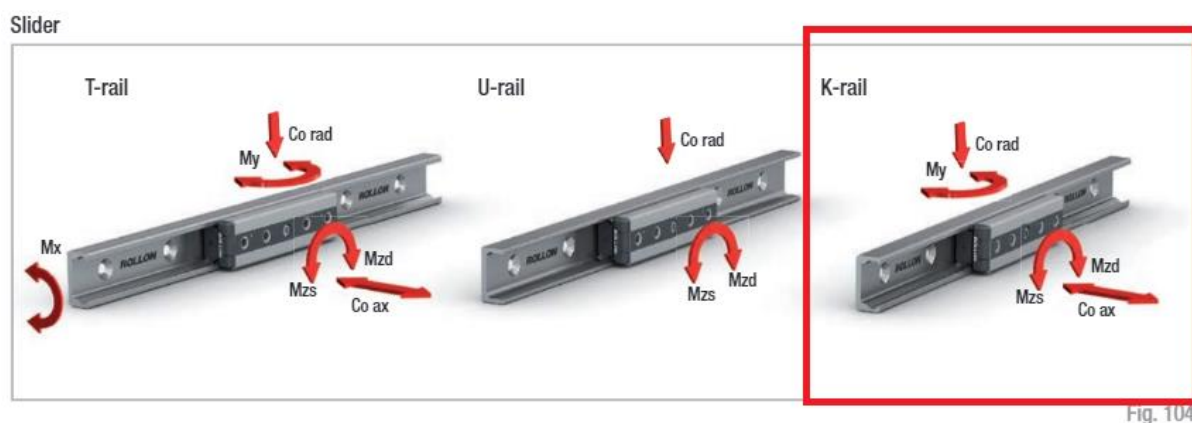
Slika 9. Momenti savijanja vodilica

Krakovi momenata označeni su simbolima  $l$  i  $k$ . Kod slučaja s dvije vodilice, momenti savijanja za pojedinu vodilicu iznose:

$$M_1 = \frac{F}{2} \cdot l = \frac{1150}{2} \cdot 815 = 469 \text{ Nm} \quad (12)$$

$$M_2 = \frac{F}{2} \cdot \frac{k}{2} = \frac{1150}{2} \cdot \frac{592}{2} = 171 \text{ Nm} \quad (13)$$

Za proizvođača vodilica uzeta je tvrtka Rollon. U njihovom katalogu [6], moguće je pronaći sve potrebne informacije o proračunu vodilica kao i dimenzije istih. Kataloške oznake opterećenja prikazane su na Slici 10.



**Slika 10. Kataloške oznake opterećenja vodilica**

Ranije izračunati moment savijanja  $M_1$  podudara se s kataloškom oznakom opterećenja  $M_y$ . Slično vrijedi i za moment savijanja  $M_2$  koji korespondira kataloškoj oznaci  $M_{zd}$  odnosno  $M_{zs}$ . Na temelju dopuštenih vrijednosti opterećenja, izabrana je vodilica NSW63-6A-2ZR. Iz Tablice 2. moguće je očitati dopuštene vrijednosti opterećenja.

**Tablica 2. Vrijednosti dopuštenog opterećenja vodilice**

| Type         | Number of rollers | Load capacities and moments |                       |                      |                     |                     |                     |                 | Weight [kg] |
|--------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------------|
|              |                   | C [N]                       | C <sub>Drad</sub> [N] | C <sub>0ax</sub> [N] | M <sub>x</sub> [Nm] | M <sub>y</sub> [Nm] | M <sub>z</sub> [Nm] |                 |             |
|              |                   |                             |                       |                      |                     |                     | M <sub>zd</sub>     | M <sub>zs</sub> |             |
| NSW63-3-2ZR  | 3                 | 30750                       | 12500                 | 6000                 | 125                 | 271                 | 367                 | 367             | 2.44        |
| NSW63-4A-2ZR | 4                 | 30750                       | 12500                 | 7200                 | 250                 | 413                 | 367                 | 1100            | 3.17        |
| NSW63-4B-2ZR | 4                 | 30750                       | 12500                 | 7200                 | 250                 | 413                 | 1100                | 367             | 3.17        |
| NSW63-5-2ZR  | 5                 | 36600                       | 15000                 | 8500                 | 250                 | 511                 | 1100                | 1100            | 3.89        |
| NSW63-6A-2ZR | 6                 | 36600                       | 15000                 | 10000                | 350                 | 689                 | 1100                | 1830            | 4.60        |
| NSW63-6B-2ZR | 6                 | 36600                       | 15000                 | 10000                | 350                 | 689                 | 1830                | 1100            | 4.60        |
| NSA63-3-2ZR  | 3                 | 30750                       | 11550                 | 5045                 | 0                   | 235                 | 335                 | 335             | 2.44        |
| NSA63-4A-2ZR | 4                 | 30750                       | 11550                 | 5045                 | 0                   | 294                 | 335                 | 935             | 3.17        |
| NSA63-4B-2ZR | 4                 | 30750                       | 11550                 | 5045                 | 0                   | 294                 | 935                 | 335             | 3.17        |
| NSA63-5-2ZR  | 5                 | 36600                       | 13745                 | 6000                 | 0                   | 589                 | 935                 | 935             | 3.89        |
| NSA63-6A-2ZR | 6                 | 36600                       | 13745                 | 6000                 | 0                   | 589                 | 935                 | 1560            | 4.60        |
| NSA63-6B-2ZR | 6                 | 36600                       | 13745                 | 6000                 | 0                   | 589                 | 1560                | 935             | 4.60        |

Tab. 37

Budući da su dolje navedeni uvjeti ispunjeni, vodilice zadovoljavaju proračun nosivosti.

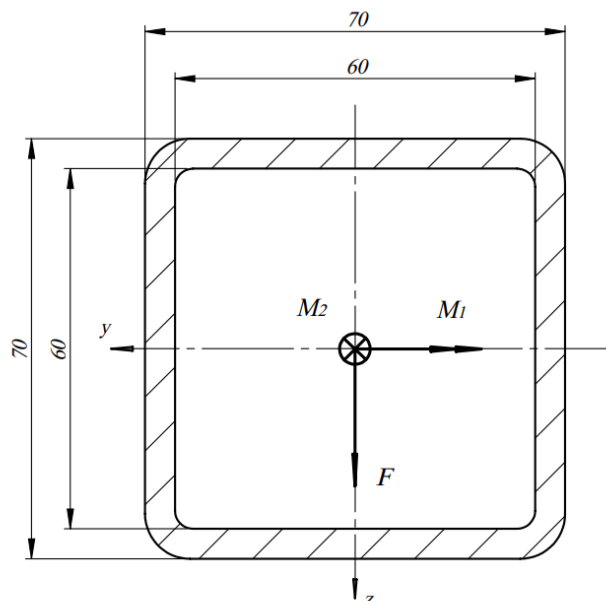
$$M_1 = 469 \text{ Nm} \leq M_y = 689 \text{ Nm} \quad (14)$$

$$M_2 = 171 \text{ Nm} \leq M_{zs} = 1100 \text{ Nm} \quad (15)$$

#### 2.4.4. Proračun zavar nosača

Prema Slici 8. zavar vodilice i cijevnih nosača opterećen je na savijanje, smik i torziju. Moment  $M_1$  uzrokuje savijanje oko poprečne osi  $y$ , moment  $M_2$  uzrokuje uvijanje oko uzdužne osi  $x$  te smično naprezanje uzrokuje djelovanje sile  $F$ . Opterećenja zavar na poprečnom presjeku prikazana su na Slici 11.





**Slika 11. Opterećenja na poprečnom presjeku zavora**

Budući da su poprečne dimenzije zavora gotovo jednake onima kod kvadratne cijevi SHS 70 x 5, s dovoljnom preciznosti iz Tablice 3. biti će preuzete sve potrebne geometrijske karakteristike poprečnog presjeka.

**Tablica 3. Aproksimacija geometrijskih karakteristika presjeka zavora**

| SHS 70x5                                      |  | Section properties                           |
|-----------------------------------------------|--|----------------------------------------------|
| Geometry                                      |  |                                              |
|                                               |  | $I_y = I_z = 8.85E+5 \text{ mm}^4$           |
| $a = 70 \text{ mm}$                           |  | $W_{y,el} = W_{z,el} = 2.53E+4 \text{ mm}^3$ |
| $t = 5 \text{ mm}$                            |  | $W_{y,pl} = W_{z,pl} = 3.08E+4 \text{ mm}^3$ |
| $r = 7.5 \text{ mm}$                          |  | $i_y = i_z = 26.4 \text{ mm}$                |
| $A = 1270 \text{ mm}^2$                       |  | $S_y = S_z = 1.54E+4 \text{ mm}^3$           |
| $A_L = 0.267 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ |  | $I_t = 1.42E+6 \text{ mm}^4$                 |
| $G = 9.99 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$     |  | $C_t = 3.68E+4 \text{ mm}^3$                 |

Savijanje:

$$\sigma_f = \frac{M_y}{W_y} = \frac{469 \cdot 10^3}{2,53 \cdot 10^4} = 19 \text{ Nmm}^{-2} \quad (16)$$

Uvijanje:

$$\tau_t = \frac{M_x}{S_y} = \frac{171 \cdot 10^3}{1,54 \cdot 10^4} = 12 \text{ Nmm}^{-2} \quad (17)$$

Smik:

$$\tau_s = \frac{F}{2A} = \frac{1150}{2 \cdot 1270} = 0,5 \text{ Nmm}^{-2} \quad (18)$$

Reducirano naprezanje prema HMH teoriji:

$$\sigma_{red,HMH} = \sqrt{(\sigma_f)^2 + 3 \cdot (\tau_t + \tau_s)^2} \quad (19)$$

$$\sigma_{red,HMH} = \sqrt{(19)^2 + 3 \cdot (12 + 0,5)^2} = 29 \text{ Nmm}^{-2} \quad (20)$$

Dopušteno naprezanje zavara za materijal S235 JR, prema [7] iznosi:

$$\sigma_{zav,dop} = 160 \text{ Nmm}^{-2} \quad (21)$$

Kutni zavar, debljine  $a = 5 \text{ mm}$ , zadovoljava kriterij nosivosti:

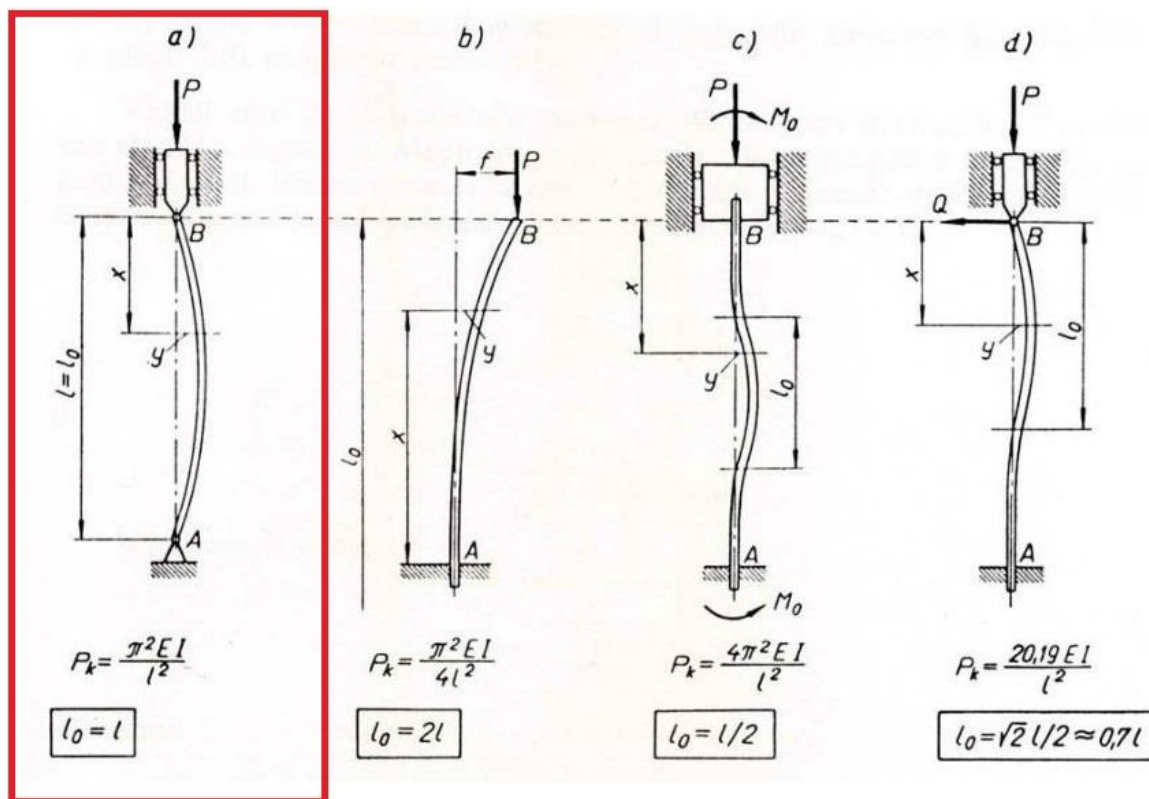
$$\sigma_{zav,dop} \geq \sigma_{red,HMH} \quad (22)$$

$$160 \text{ Nmm}^{-2} \geq 29 \text{ Nmm}^{-2} \quad (23)$$

#### 2.4.5. Proračun izvijanja vretena

Za vreteno, zbog dobre nosivosti i moguće samokočne karakteristike, odabran je trapezni navoj prvog reda Tr 30 x 3. Budući da je vreteno opterećeno isključivo na tlak, potrebno je napraviti kontrolu sigurnosti na izvijanje. Četiri osnovna modela izvijanja prikazana su

Slikom 12. Model koji odgovara uležištenju vretena kod pokretnog dijela gazišta i njegova pripadna maksimalna duljina  $l_{max}$  prikazani su pod slučajem a).



Slika 12. Četiri osnovna modela izvijanja

Vitkost vretena prema [8], računa se prema jednadžbi:

$$\lambda = \frac{l_{max}}{i} \quad (24)$$

Gdje  $l_{max}$  prema modelu izvijanja a) predstavlja stvarnu duljinu vretena, a  $i$  polumjer inercije površine poprečnog presjeka štapa. Za kružni poprečni presjek štapa izraz za  $i$  dan je kao:

$$i = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{d_3^4 \cdot \pi}{64}}{\frac{d_3^2 \cdot \pi}{4}}} = \frac{d_3}{4} = \frac{28,5}{4} = 7,125 \quad (25)$$

Duljina vretena iznosi:  $l = 950$  mm, a promjer jezgre vretena  $d_3$ , prema [3]:  $d_3 = 28,5$  mm. Nakon uvrštavanja vrijednosti, proračunska vitkost vretena ispada:

$$\lambda = \frac{950}{7,125} = 133 \quad (26)$$

Vitkost štapa koja odgovara kritičnom naprezanju jednakom granici proporcionalnosti  $\lambda_p$  za vretena iz čelika E295 i E355 prema [8] iznosi:

$$\lambda_p = 89 \quad (27)$$

Kako je omjer vitkosti  $\lambda \geq \lambda_p$ , radi se o vitkom vretenu te je u tom slučaju potrebna kontrola na izvijanje dana jednadžbom:

$$S_{Eul} = \frac{\sigma_{krit}}{\sigma} = \frac{E \cdot \pi^2}{\lambda^2 \cdot \sigma} \quad (28)$$

U ovom slučaju  $\sigma$  predstavlja tlačno opterećenje presjeka vretena, koje se računa prema izrazu:

$$\sigma = \frac{F}{d_3} = \frac{1150}{28,5} = 41 \text{ Nmm}^{-2} \quad (29)$$

Da bi vreteno zadovoljilo kontrolu na izvijanje, prema [8], preporuča se faktor sigurnosti u području od  $S_{potr.Eul} = 2,6 \dots 6$ . Uvrštavanjem vrijednosti u jednadžbu (28), dobivena vrijednost iznosi:

$$S_{Eul} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot \pi^2}{126^2 \cdot 41} = 3,1 \quad (30)$$

Vreteno zadovoljava kontrolu na izvijanje.

#### 2.4.6. Proračun momenta podizanja/spuštanja

Okretanjem vretena, navojna čahura giba se translatorno u vertikalnom smjeru. Pritom svladava trenje na bokovima navoja. Budući da je opterećenje konstrukcije usmjereno vertikalno prema dolje, podizanje navojne čahure zahtjeva okretni moment veći od onog tijekom njezina spuštanja. Proračun je zato dovoljno provesti samo za situaciju podizanja konstrukcije. Jednadžba potrebnog okretnog momenta za podizanje navojne čahure, prema [8] glasi:

$$T_p = F_V \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho') \quad (31)$$

Sila  $F_V$  jednaka je ranije izračunatoj sili  $F$ . Srednji promjer presjeka navoja  $d_2$ , za vreteno Tr 30 x 3, iznosi  $d_2 = 30,5$  mm. Kut uspona navoja na srednjem promjeru  $\alpha$  i koriginarni kut trenja za trapezni navoj  $\rho'$  računaju se prema dolje navedenim izrazima:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{P_h}{d_2 \cdot \pi}\right) \quad (32)$$

$$\rho' = \tan^{-1}\left(\frac{\mu}{\cos \beta}\right) \quad (33)$$

U kojima;  $P_h$  označava uspon navoja, koji za odabrano vreteno iznosi  $P_h = 3$  mm.  $\mu$  predstavlja faktor trenja navoja. Okvirno uzeta vrijednost prema [1] iznosi  $\mu = 0.5$ . Kut boka navoja  $\beta$ , za trapezni navoj definiran je kao  $\beta = 15^\circ$ . Uvrštavanjem ovih vrijednosti u gore navedene jednadžbe dobivene su vrijednosti:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{3}{30,5 \cdot \pi}\right) \quad (34)$$

$$\alpha = 1,79^\circ \quad (35)$$

Korigirani kut:

$$\rho' = 27,36^\circ \quad (37)$$

Kako bi se izbjeglo spuštanje konstrukcije pod utjecajem vlastite težine, potrebno je da kombinacija navojnog vretena i navojne čahure zadovoljava uvjet samokočnosti zadan izrazom:

$$\alpha \leq \rho' \quad (38)$$

$$1,79^\circ \leq 27,36^\circ \quad (39)$$

Iz priloženog, vidi se da je taj uvjet zadovoljen. Uvrštavanjem vrijednosti  $\alpha$  i  $\rho'$  u jednadžbu (31), potrebni okretni moment za podizanje konstrukcije iznosi:

$$T_p = 1150 \cdot \frac{30,5}{2} \cdot \tan (1,79 + 27,36) \quad (40)$$

$$T_p = 9,8 \text{ Nm} \quad (41)$$

Zadani pogonski agregat, akumulatorska bušilica, i kod najslabijih modela postiže okretni moment od 14 Nm. Budući da se konstrukcija koristi u industrijskom okruženju gdje se u pravilu koriste profesionalni modeli aku-bušilica, koji postižu okretne momente čak do 150 Nm, zaključak je da se konstrukcija bez ikakvih problema može podići s gotovo svakim modelom aku-bušilice. Primjer i tehničke specifikacije osnovnog modela aku-bušilice prikazane su Tablicom 4.

**Tablica 4. Tehničke specifikacije osnovnog modela akumulatorske bušilice**

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| Napon akumulatora            | 10,8 V                      |
| Kapacitet akumulatora        | 1,3 Ah                      |
| Vrsta akumulatora            | Li-ION                      |
| Br. okr. u slob. hodu 1. br. | 0 - 350 min <sup>-1</sup>   |
| Br. okr. u slob. hodu 2. br. | 0 - 1.300 min <sup>-1</sup> |
| Kapacitet stezne glave       | 0,8 - 10 mm                 |
| Maks. pro. bušenja (čelik Ø) | 10 mm                       |
| Maks. pro. bušenja (drvo Ø)  | 21 mm                       |
| Postavke momenta             | 18 + D                      |
| Postavka momenta spojke      | 0,5 - 3,5 Nm                |
| Maks. okretni moment (tvrdo) | 24 Nm                       |
| Maks. okretni moment (meko)  | 14 Nm                       |
| Broj mehaničkih brzina       | 2                           |
| Buka: zvučni tlak            | 70 dB(A)                    |
| Buka: odstupanje (K)         | 3 dB(A)                     |
| Vibracije: bušenje metala    | 2,5 m/s <sup>2</sup>        |
| Vibracije: odstupanje (K)    | 1,5 m/s <sup>2</sup>        |
| Dimenzije (D x Š x V)        | 189 x 53 x 183 mm           |
| Masa (prema EPTA)            | 1 kg                        |

Brzina podizanja/spuštanja konstrukcije definirana je brzinom vrtnje u jedinici vremena i usponom navojnog vretena. Za vrijednost brzine vrtnje aku-bušilice uzeta je vrijednost u modu najvećeg okretnog momenta. Iz primjera osnovnog modela aku-bušilice, biti će uzeta vrijednost od  $n = 350 \text{ min}^{-1}$ . Brzina podizanja  $v_h$  za tako definirane parametre iznosi:

$$v_h = P \cdot n = 3 \cdot 350 = 17,5 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad (42)$$

Vrijeme potrebno za podizanje/spuštanje dobiva se iz brzine podizanja/spuštanja  $v_h$  i hoda svake pojedine stepenice  $s_n$ . Vremena iznose:

Prva stepenica:

$$t_1 = \frac{s_1}{v_h} = \frac{235}{17,5} \approx 14 \text{ s} \quad (43)$$

Druga stepenica:

$$t_2 = \frac{s_2}{v_h} = \frac{437}{17,5} \approx 25 \text{ s} \quad (44)$$

Treća stepenica:

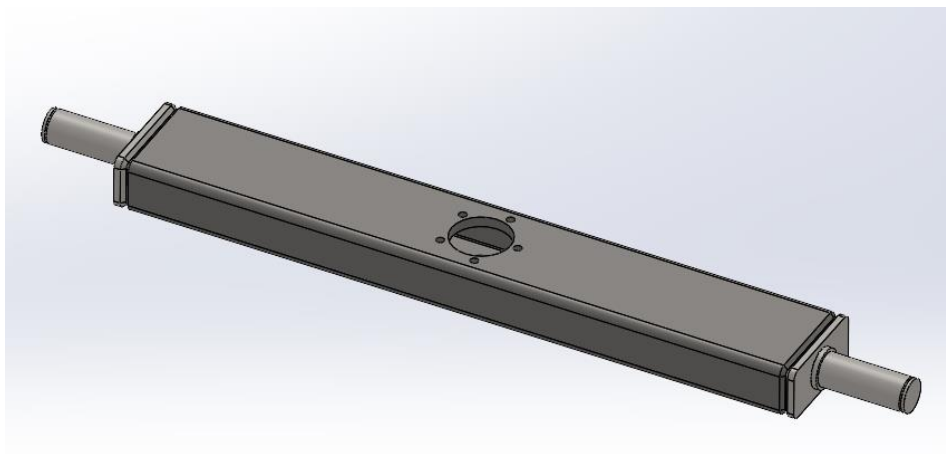
$$t_3 = \frac{s_3}{v_h} = \frac{630}{17,5} \approx 36 \text{ s} \quad (45)$$

Ukupno vrijeme spuštanja iznosi:

$$t_{uk} = 75 \text{ s} \quad (46)$$

#### 2.4.7. Proračun krutosti središnjeg nosača

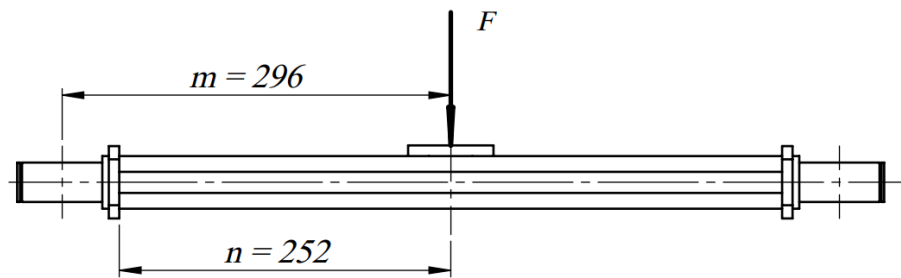
Središnji nosač, prikazan na Slici 13., slobodno rotira oko svoje uzdužne osi. Na taj način, cjelokupni moment savijanja prenosi se isključivo na vodilice. Uzdužna rotacija središnjeg nosača omogućena je osovinama koje su sa svake strane zavarene na nosač.



Slika 13. Središnji nosač

Budući da se čahura nalazi u središnjem provrtu nosača, poprečni presjek je oslabljen i potrebno je izvršiti kontrolu krutosti. Krakovi momenata savijanja  $m$  i  $n$  prikazani su na Slici 14. Pretpostavka je da u središtu nosača djeluje ranije izračunata sila  $F$ .



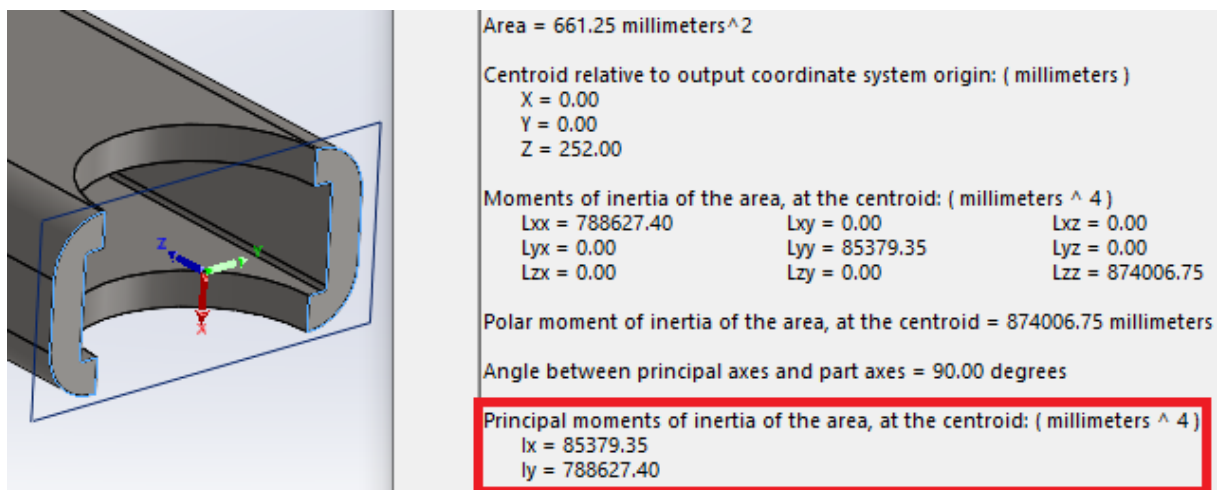


Slika 14. Krakovi momenata na središnjem nosaču

Moment savijanja presjeka je tada:

$$M_f = \frac{F}{2} \cdot m = \frac{1150}{2} \cdot 296 = 171 \text{ Nm} \quad (47)$$

Geometrijske karakteristike presjeka središnjeg nosača, izračunate su putem programa SolidWorks i prikazane na Slici 15.



Slika 15. Geometrijske karakteristike presjeka središnjeg nosača

Izraz za progib nosača uklještenog na jednom i opterećenog koncentriranom silom na drugom kraju, zadan je izrazom (6). Nakon uvrštavanja vrijednosti:

$$f = \frac{F \cdot l^3}{EI \cdot 3} \quad (48)$$

$$f = \frac{1150}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 788627} \cdot \frac{296^3}{3} = 0,03 \text{ mm} \quad (49)$$

Dopušteni progib:

$$f_{dop} = \frac{l}{1000} = \frac{296}{1000} = 0,29 \text{ mm} \quad (50)$$

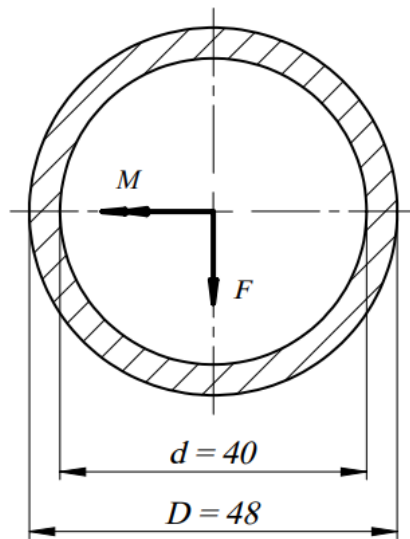
Vrijedi:

$$f_{dop} \geq f \quad (51)$$

$$0,29 \text{ mm} \geq 0,03 \text{ mm} \quad (52)$$

#### 2.4.8. Proračun zavora središnjeg nosača

Na Slici 16. prikazan je poprečni presjek zavora osovina i središnjeg nosača.



**Slika 16. Presjek zavora osovine i središnjeg nosača**

Moment otpora presjeka kružnog vijenca  $W_1$  i pripadajuća naprezanja računaju se prema izrazima:

Moment otpora presjeka:

$$W_1 = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} = 5621 \text{ mm}^3 \quad (53)$$

Savijanje:

$$\sigma_1 = \frac{M_f}{W_1} = \frac{171 \cdot 10^3}{5621} = 31 \text{ Nmm}^{-2} \quad (54)$$

Smik:

$$\tau_1 = \frac{F}{A} = \frac{1150}{552} = 2,1 \text{ Nmm}^{-2} \quad (55)$$

Reducirano naprezanje prema HMH teoriji:

$$\sigma_{red,HMH} = \sqrt{(31)^2 + 3 \cdot (2,1)^2} = 31,3 \text{ Nmm}^{-2} \quad (56)$$

Budući da vrijedi dolje navedena nejednakost, zavar zadovoljava uvjet čvrstoće:

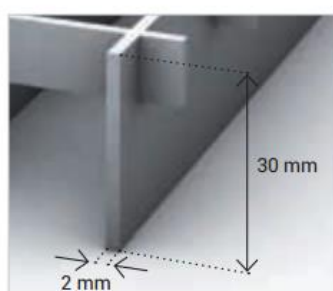
$$\sigma_{zav,dop} \geq \sigma_{red,HMH} \quad (57)$$

$$160 \text{ Nmm}^{-2} \geq 31,3 \text{ Nmm}^{-2} \quad (58)$$

### 2.4.9. Proračun rešetkastih ploča

Kao što je i ranije navedeno, za proizvođača rešetkastih ploči odabrana je tvrtka BENKOtehma. Iako vanjske dimenzije rešetkastih ploča za pokretni dio gazišta odstupaju od kataloški standardnih dimenzija, proizvođač nudi izradu istih prema narudžbi. Potrebne dimenzije iznose 800 x 800 x 30 mm. Proizvođač također nudi i uslugu rezanja te obrublivanja izrezanih dijelova. Prema katalogu [2] odabrana je vrsta rešetke „KLASIK“. Dimenzije elemenata „KLASIK“ rešetke prikazane su Tablicom 5.

Tablica 5. Dimenzije elemenata KLASIK rešetke

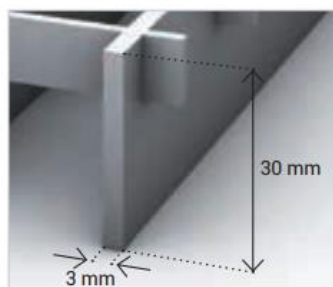


#### KLASIK

Nosilni trak: 30/2 mm

Prečni trak: 10/2 mm

|          | Okence     | Teža rešetke         |
|----------|------------|----------------------|
| <b>L</b> | 33 × 33 mm | 20 kg/m <sup>2</sup> |
| <b>S</b> | 33 × 11 mm | 26 kg/m <sup>2</sup> |
| <b>M</b> | 22 × 22 mm | 30 kg/m <sup>2</sup> |

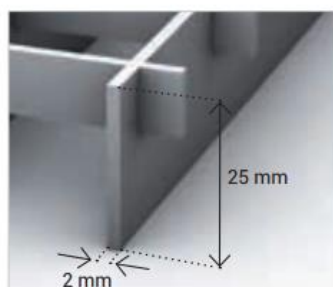


#### STABIL

Nosilni trak: 30/3 mm

Prečni trak: 10/2 mm

|          | Okence     | Teža rešetke         |
|----------|------------|----------------------|
| <b>L</b> | 33 × 33 mm | 28 kg/m <sup>2</sup> |
| <b>S</b> | 33 × 11 mm | 35 kg/m <sup>2</sup> |
| <b>M</b> | 22 × 22 mm | 42 kg/m <sup>2</sup> |

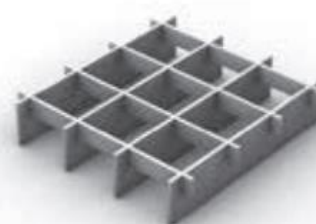


#### DOM

Nosilni trak: 25/2 mm

Prečni trak: 10/2 mm

|          | Okence     | Teža rešetke         |
|----------|------------|----------------------|
| <b>L</b> | 33 × 33 mm | 18 kg/m <sup>2</sup> |
| <b>S</b> | 33 × 11 mm | 23 kg/m <sup>2</sup> |
| <b>M</b> | 22 × 22 mm | 25 kg/m <sup>2</sup> |



Okence **L**  
33 × 33 mm

| Okence         | Nosilni trak  | Teža                       |
|----------------|---------------|----------------------------|
| 33 × 33        | 20 × 2        | 15 kg/m <sup>2</sup>       |
| 33 × 33        | 25 × 2        | 18 kg/m <sup>2</sup>       |
| <b>33 × 33</b> | <b>30 × 2</b> | <b>20 kg/m<sup>2</sup></b> |
| 33 × 33        | 35 × 2        | 23 kg/m <sup>2</sup>       |
| 33 × 33        | 40 × 2        | 26 kg/m <sup>2</sup>       |
| 33 × 33        | 50 × 2        | 31 kg/m <sup>2</sup>       |
| 33 × 33        | 20 × 3        | 20 kg/m <sup>2</sup>       |
| 33 × 33        | 25 × 3        | 24 kg/m <sup>2</sup>       |
| 33 × 33        | 30 × 3        | 28 kg/m <sup>2</sup>       |
| 33 × 33        | 35 × 3        | 32 kg/m <sup>2</sup>       |
| 33 × 33        | 40 × 3        | 36 kg/m <sup>2</sup>       |
| 33 × 33        | 50 × 3        | 45 kg/m <sup>2</sup>       |

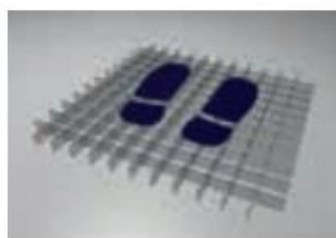
Proračun nosivosti rešetke prema [2] ovisi o: tipu rešetke, udaljenosti potpornih točki i iznosu koncentriranog opterećenja. Opterećenje  $F$  ranije je izračunato i iznosi  $F = 1,15$  kN. Udaljenost nosača prikazana je slikom 6. i iznosi  $l = 952$  mm. U Tablici 6. prikazana su dopuštena opterećenja u ovisnosti o ranije navedenim parametrima.

**Tablica 6. Dopušteno opterećenje KLASIK rešetke**



**F<sub>v</sub>** v kN/m<sup>2</sup>

Nosilnost pri enakomerno rasporejeni obremenitvi kN/m<sup>2</sup>



**F<sub>p</sub>** v kN

Nosilnost pri obremenitvi na površino 200 × 200 mm v osrednjem delu rešetke

| Tip<br>Nosilni trak           | DOM<br>25 × 2 mm |                | KLASIK<br>30 × 2 mm |                | STABIL<br>30 × 3 mm |                | 40 × 2 mm      |                | 35 × 3 mm      |                |
|-------------------------------|------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                               | F <sub>v</sub>   | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub>      | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub>      | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub> | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub> | F <sub>p</sub> |
| Razdalja med opornimi točkami |                  |                |                     |                |                     |                |                |                |                |                |
| 300 mm                        | 73,64            | 4,94           | 106,05              | 7,06           | 159,07              | 10,58          | 188,53         | 12,31          | 216,52         | 14,26          |
| 400 mm                        | 41,43            | 3,30           | 59,65               | 4,70           | 89,48               | 7,06           | 106,05         | 8,21           | 121,79         | 9,51           |
| 500 mm                        | 26,51            | 2,47           | 38,18               | 3,53           | 57,27               | 5,29           | 67,87          | 6,16           | 77,95          | 7,13           |
| 600 mm                        | 18,41            | 1,98           | 26,51               | 2,82           | 39,77               | 4,23           | 47,13          | 4,92           | 54,13          | 5,71           |
| 700 mm                        | 13,53            | 1,65           | 19,48               | 2,35           | 29,22               | 3,53           | 34,63          | 4,10           | 39,77          | 4,75           |
| 800 mm                        | 10,36            | 1,41           | 14,91               | 2,02           | 22,37               | 3,02           | 26,51          | 3,52           | 30,45          | 4,08           |

Iz priloženog, vidljivo je da vrijedi nejednakost:

$$F_p \geq F \quad (59)$$

$$2,82 \text{ kN} \geq 1,15 \text{ kN} \quad (60)$$

Rešetka zadovoljava uvjet nosivosti.

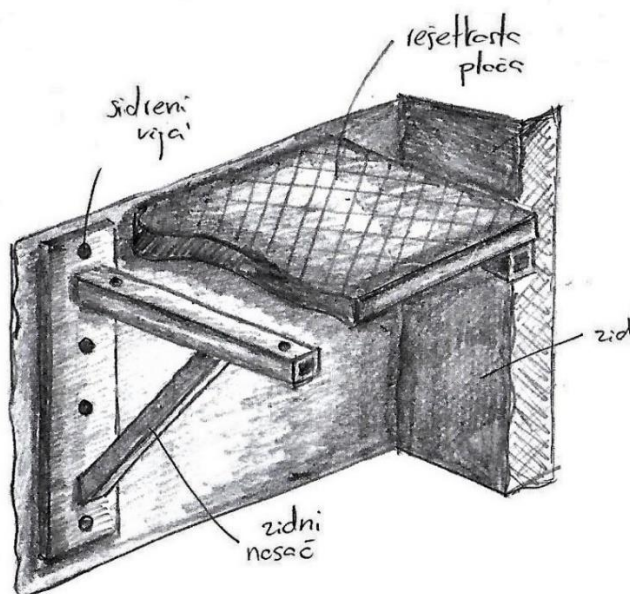
### 3. NEPOKRETNI DIO GAZIŠTA

#### 3.1. Zahtjevi naručitelja

Za nepokretni dio gazišta definirano je opterećenje od  $q = 2000 \text{ kN/m}^2$ . Dodatni zahtjev naručitelja je jednostavna montaža i demontaža konstrukcije.

#### 3.2. Konceptualna razrada

Uz uvjet nosivosti, primarni fokus tijekom izrade koncepta nepokretnog dijela gazišta bio je na jednostavnosti konstrukcije. Jednostavna konstrukcija i velik udio standardnih komponenti omogućuje laku montažu i demontažu te raspoloživost potrebnih dijelova. Konceptualno, konstrukciju nepokretnog dijela gazišta čine tri dijela: nosač konstrukcije, posredni element te rešetkasta ploča. Konačni koncept prikazan je Slikom 17.

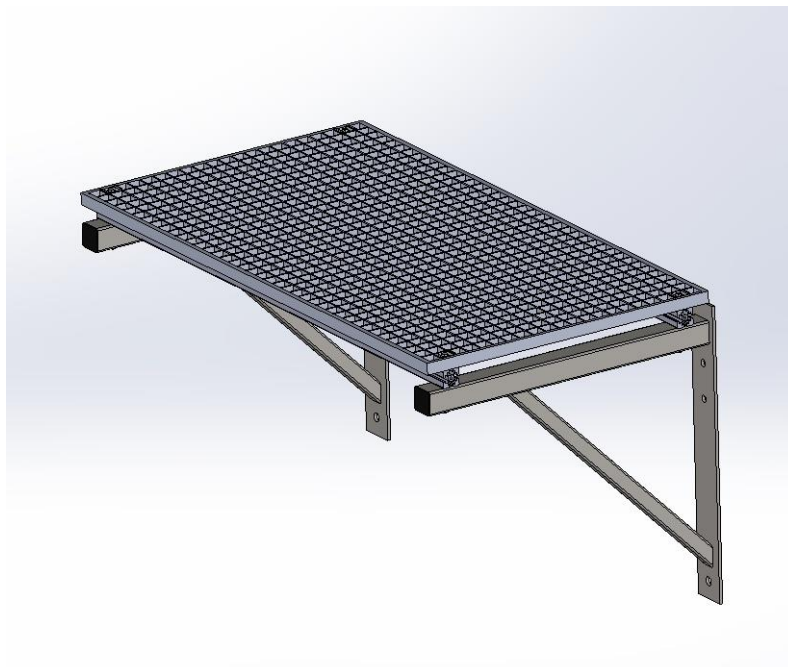


Slika 17. Koncept nepokretnog dijela gazišta

#### 3.3. Izrada 3D modela

3D model nepokretnog dijela gazišta prikazan je Slikom 18. Nosač konstrukcije sidrenim je vijcima učvršćen za betonski zid. Na njega se spaja kvadratni profil, u ovom slučaju aluminijski profil Bosch-Rexroth 45 x 45. Razlog odabira upravo tog profila je mogućnost podešavanja elementa za pričvršćivanje po njegovoj cijeloj dužini. Na taj način nije potrebno voditi računa o provrtima u profilu koji bi tada fiksno definirali položaj odnosno međusobnu udaljenost

zidnih nosača i rešetkastih ploča. Ukoliko naručitelj nije zadovoljan ili ima potrebu za drugačijim rasporedom rešetkastih ploča, njihova zamjena lako je izvediva pomicanjem pripadajućih pričvrstnih elemenata.



Slika 18. 3D model nepokretnog dijela gazišta

### 3.4. Proračun čvrstoće nepokretnog dijela gazišta

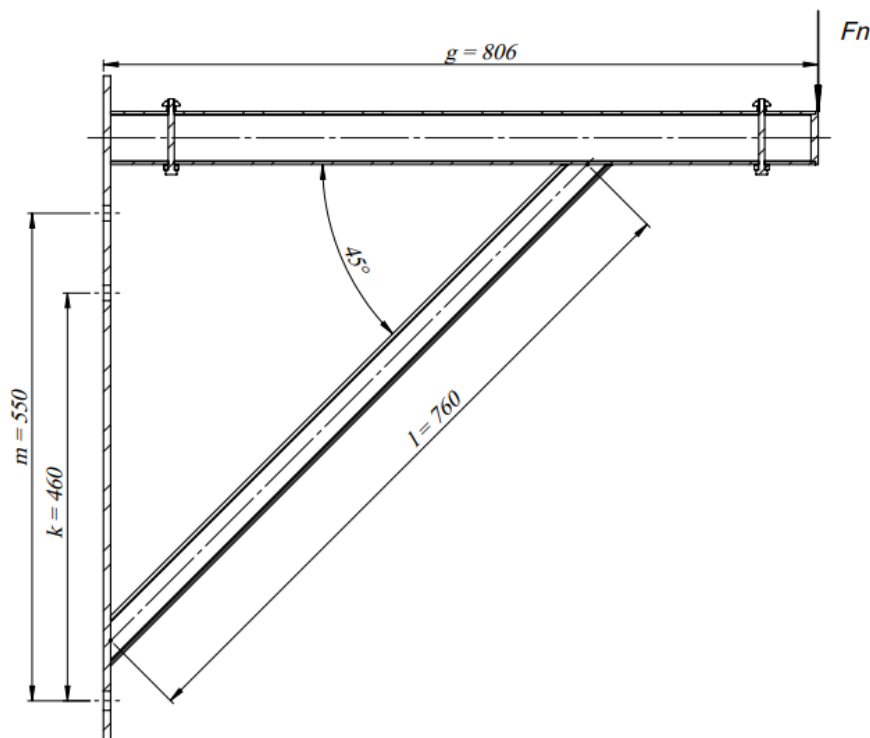
#### 3.4.1. Nazivna opterećenja

Koncentrirano opterećenje  $F_n$  nepomičnog dijela gazišta računa se na isti način kao što je prikazano jednačbom (1) u proračunu pokretnog dijela gazišta. Za površinski najveću rešetku, koncentrirano opterećenje iznosi:

$$F_n = q \cdot A = 2000 \cdot 1,2 = 2400 \text{ N} \quad (61)$$

#### 3.4.2. Proračun sidrenih vijaka

Sidreni vijci temeljeni su u betonskom zidu konstrukcije. Strojarski dio proračuna odnosi se samo na dio vijka izvan betonskog zida. Ranije izračunato koncentrirano opterećenje  $F_n$  uzrokuje savijanje nosača konstrukcije. Krakovi momenta savijanja kao i položaj sidrenih vijaka prikazani su na Slici 19.



Slika 19. Krakovi udaljenosti nosača nepokretnog dijela konstrukcije

Moment savijanja iznosi:

$$M_n = F_n \cdot g = 2400 \cdot 806 = 1935 \text{ Nm} \quad (62)$$

Sidreni vijci neravnomjerno preuzimaju moment savijanja. Prva pretpostavka: vijak 1, vertikalno najbliži koncentriranom opterećenju, najviše je opterećen. Druga pretpostavka: vijak 3, vertikalno najudaljeniji od koncentriranog opterećenja, na sebe ne preuzima moment savijanja. Za tako pretpostavljenu situaciju jednačba momenata zadana je kao:

$$M_n = F_{v1} \cdot m + F_{v2} \cdot k \quad (63)$$

Iz sličnosti trokuta, omjer sila vijka 1 i vijka 2 iznosi:

$$\frac{F_{v1}}{550} = \frac{F_{v2}}{460} \quad (64)$$

Uvrštavanjem izraza (64) u jednačbu (63) dobiva se iznos sile  $F_{v1}$ :



$$F_{v1} = 3520 \text{ N} \quad (65)$$

Za vijak M10, površina jezgre  $A_j$  iznosi  $A_j = 52,3 \text{ mm}^2$ . Iznos vlačnog naprezanja vijka 1:

$$\sigma_v = \frac{F_{v1}}{A_j} = \frac{3520}{52,3} = 68 \text{ Nmm}^{-2} \quad (66)$$

Za kvalitetu vijka 5.6, dopušteno vlačno naprezanje  $\sigma_{v,dop}$  prema [3] iznosi:

$$\sigma_{v,dop} = 0,3 \cdot R_e = 0,3 \cdot 300 = 90 \text{ Nmm}^{-2} \quad (67)$$

Vijci zadovoljavaju uvjet nosivosti:

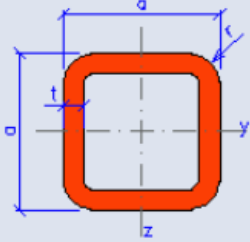
$$\sigma_{v,dop} \geq \sigma_v \quad (68)$$

$$90 \text{ Nmm}^{-2} \geq 68 \text{ Nmm}^{-2} \quad (69)$$

### 3.4.3. Proračun nosača konstrukcije

Nosač konstrukcije sastoji se od dvije kvadratne cijevi i pravokutne ploče s provrtima za sidrene vijke. Nosiva cijev je SHS 60 x 3,2, a potporna cijev je SHS 40 x 2,6. Cijevi su zavarene na pravokutnu ploču i tako čine krutu konstrukciju. Potporna cijev, najopterećeniji je dio te konstrukcije te je za nju potrebno izvršiti kontrolu na izvijanje i maksimalni dopušteni tlak. Geometrijske karakteristike presjeka potporne cijevi prikazane su na Tablici 7.

Tablica 7. Geometrijske karakteristike potporne cijevi

| SHS 40x2.6                                                                                    |  | Section properties                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------|
| Geometry<br> |  | $I_y = I_z = 8.80E+4 \text{ mm}^4$        |
|                                                                                               |  | $W_{y,el} = W_{z,el} = 4400 \text{ mm}^3$ |
| $a = 40 \text{ mm}$                                                                           |  | $W_{y,pl} = W_{z,pl} = 5310 \text{ mm}^3$ |
| $t = 2.6 \text{ mm}$                                                                          |  | $i_y = i_z = 15.2 \text{ mm}$             |
| $r = 3.9 \text{ mm}$                                                                          |  | $S_y = S_z = 2655 \text{ mm}^3$           |
| $A = 382 \text{ mm}^2$                                                                        |  | $I_t = 1.40E+5 \text{ mm}^4$              |
| $A_L = 0.153 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$                                                 |  | $C_t = 6410 \text{ mm}^3$                 |
| $G = 3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$                                                        |  |                                           |

Proračun na izvijanje biti će proveden na sličan način kao i u proračunu pokretnog dijela gazišta. Model izvijanja prikazan je pod slučajem *b*) na slici 12. Stvarna duljina  $l_{max}$  zadana je kao:

$$l_{max} = 2 l_0 = 2 \cdot 806 = 1612 \text{ mm} \quad (70)$$

Polumjer inercije površine:

$$i = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{8,8 \cdot 10^4}{382}} = 15,2 \text{ mm} \quad (71)$$

Vitkost:

$$\lambda = \frac{l_{max}}{i} = \frac{1612}{15,2} = 106 \quad (72)$$

Naprezanje:

$$\sigma = \frac{F_n}{A} = \frac{2400}{382} = 7 \text{ Nmm}^{-2} \quad (73)$$

Postojeća sigurnost:

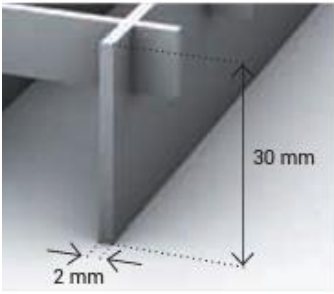
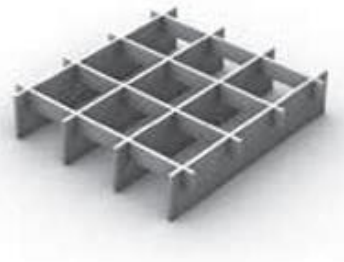
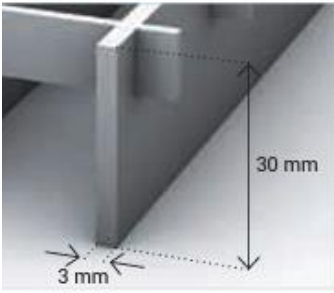
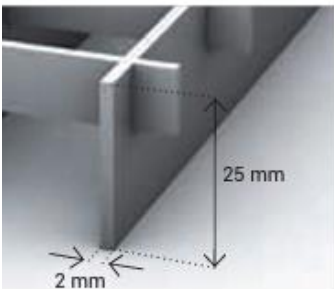
$$S_{Eul} = \frac{\sigma_{krit}}{\sigma} = \frac{E \cdot \pi^2}{\lambda^2 \cdot \sigma} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot \pi^2}{106^2 \cdot 7} = 26 \quad (74)$$

Potporna cijev zadovoljava nosivost konstrukcije.

### 3.4.4. Proračun rešetkastih ploča

Budući da je zahtjev za nosivosti kod nepokretnog dijela gazišta veći u odnosu na pokretni, odabran je i čvršći tip rešetke pod nazivom „STABIL“. Okna STABIL tipa rešetke jednakih su dimenzija kao i kod tipa KLASIK, stoga se za oba dijela gazišta mogu koristiti iste kopče i ostali prčvrnsni materijal. Za dimenzije STABIL rešetki uzete su kataloški standardne dimenzije od 1000 x 800 x 30 mm. Izuzetak su tri ploče većih duljina. Dimenzije elemenata STABIL rešetke prikazane su Tablicom 8.

Tablica 8. Dimenzije elemenata STABIL rešetke

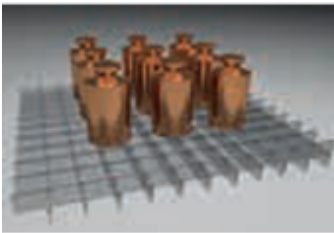
|   | <p><b>KLASIK</b><br/>           Nosilni trak: 30/2 mm<br/>           Prečni trak: 10/2 mm</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Okence</th> <th>Teža rešetke</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>33 × 33 mm</td> <td>20 kg/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>33 × 11 mm</td> <td>26 kg/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>22 × 22 mm</td> <td>30 kg/m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table> |                      | Okence | Teža rešetke | L | 33 × 33 mm | 20 kg/m <sup>2</sup> | S | 33 × 11 mm | 26 kg/m <sup>2</sup> | M | 22 × 22 mm | 30 kg/m <sup>2</sup> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------|--------------|---|------------|----------------------|---|------------|----------------------|---|------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|----------------------|
|                                                                                     | Okence                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Teža rešetke         |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| L                                                                                   | 33 × 33 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 20 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| S                                                                                   | 33 × 11 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 26 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| M                                                                                   | 22 × 22 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 30 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
|  | <p><b>STABIL</b><br/>           Nosilni trak: 30/3 mm<br/>           Prečni trak: 10/2 mm</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Okence</th> <th>Teža rešetke</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>33 × 33 mm</td> <td>28 kg/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>33 × 11 mm</td> <td>35 kg/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>22 × 22 mm</td> <td>42 kg/m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table> |                      | Okence | Teža rešetke | L | 33 × 33 mm | 28 kg/m <sup>2</sup> | S | 33 × 11 mm | 35 kg/m <sup>2</sup> | M | 22 × 22 mm | 42 kg/m <sup>2</sup> | <p>Okence <b>L</b><br/>           33 × 33 mm</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
|                                                                                     | Okence                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Teža rešetke         |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| L                                                                                   | 33 × 33 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 28 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| S                                                                                   | 33 × 11 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 35 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| M                                                                                   | 22 × 22 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 42 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
|  | <p><b>DOM</b><br/>           Nosilni trak: 25/2 mm<br/>           Prečni trak: 10/2 mm</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Okence</th> <th>Teža rešetke</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>33 × 33 mm</td> <td>18 kg/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>33 × 11 mm</td> <td>23 kg/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>22 × 22 mm</td> <td>25 kg/m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>    |                      | Okence | Teža rešetke | L | 33 × 33 mm | 18 kg/m <sup>2</sup> | S | 33 × 11 mm | 23 kg/m <sup>2</sup> | M | 22 × 22 mm | 25 kg/m <sup>2</sup> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Okence</th> <th>Nosilni trak</th> <th>Teža</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>33 × 33</td><td>20 × 2</td><td>15 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>25 × 2</td><td>18 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>30 × 2</td><td>20 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>35 × 2</td><td>23 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>40 × 2</td><td>26 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>50 × 2</td><td>31 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>20 × 3</td><td>20 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>25 × 3</td><td>24 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>30 × 3</td><td>28 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>35 × 3</td><td>32 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>40 × 3</td><td>36 kg/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>33 × 33</td><td>50 × 3</td><td>45 kg/m<sup>2</sup></td></tr> </tbody> </table> | Okence | Nosilni trak | Teža | 33 × 33 | 20 × 2 | 15 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 25 × 2 | 18 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 30 × 2 | 20 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 35 × 2 | 23 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 40 × 2 | 26 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 50 × 2 | 31 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 20 × 3 | 20 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 25 × 3 | 24 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 30 × 3 | 28 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 35 × 3 | 32 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 40 × 3 | 36 kg/m <sup>2</sup> | 33 × 33 | 50 × 3 | 45 kg/m <sup>2</sup> |
|                                                                                     | Okence                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Teža rešetke         |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| L                                                                                   | 33 × 33 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 18 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| S                                                                                   | 33 × 11 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 23 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| M                                                                                   | 22 × 22 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 25 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| Okence                                                                              | Nosilni trak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Teža                 |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 20 × 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 15 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 25 × 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 18 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 30 × 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 20 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 35 × 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 23 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 40 × 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 26 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 50 × 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 31 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 20 × 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 20 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 25 × 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 24 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 30 × 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 28 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 35 × 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 32 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 40 × 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 36 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |
| 33 × 33                                                                             | 50 × 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 45 kg/m <sup>2</sup> |        |              |   |            |                      |   |            |                      |   |            |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |              |      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |         |        |                      |

Proračun nosivosti biti će proveden za dva karakteristična slučaja.

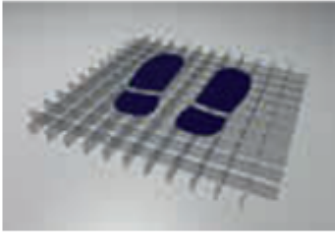
U prvom slučaju, radi se o rešetki s najvećom površinom i najvećim iznosom koncentriranog opterećenja, no manjim razmakom potpornih točki. Iznos koncentriranog opterećenja zadan je jednadžbom (61) i iznosi  $F_{n1} = 2,4$  kN. Udaljenost potpornih točki iznosi  $l_1 = 800$  mm.

U drugom slučaju, radi se o standardnim rešetkama manje površine, ali veće udaljenosti potpornih točki. Iznos koncentriranog opterećenja je  $F_{n2} = 1,6$  kN, a udaljenost potpornih točki iznosi  $l_2 = 1000$  mm. Dopuštene vrijednosti prikazane su u Tablici 9.

**Tablica 9. Dopušteno opterećenje STABIL rešetke**



**F<sub>v</sub>** v kN/m<sup>2</sup>  
Nosilnost pri  
enakomerno  
razporejeni  
obremenitvi  
kN/m<sup>2</sup>



**F<sub>p</sub>** v kN  
Nosilnost pri  
obremenitvi na  
površinu 200 × 200  
mm v osrednjem  
delu rešetke

| Tip<br>Nosilni trak                 | DOM<br>25 × 2 mm |                | KLASIK<br>30 × 2 mm |                | STABIL<br>30 × 3 mm |                | 40 × 2 mm      |                | 35 × 3 mm      |                |
|-------------------------------------|------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                     | F <sub>v</sub>   | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub>      | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub>      | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub> | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub> | F <sub>p</sub> |
| Razdalja med<br>opornimi<br>točkama | F <sub>v</sub>   | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub>      | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub>      | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub> | F <sub>p</sub> | F <sub>v</sub> | F <sub>p</sub> |
| 300 mm                              | 73,64            | 4,94           | 106,05              | 7,06           | 159,07              | 10,58          | 188,53         | 12,31          | 216,52         | 14,26          |
| 400 mm                              | 41,43            | 3,30           | 59,65               | 4,70           | 89,48               | 7,06           | 106,05         | 8,21           | 121,79         | 9,51           |
| 500 mm                              | 26,51            | 2,47           | 38,18               | 3,53           | 57,27               | 5,29           | 67,87          | 6,16           | 77,95          | 7,13           |
| 600 mm                              | 18,41            | 1,98           | 26,51               | 2,82           | 39,77               | 4,23           | 47,13          | 4,92           | 54,13          | 5,71           |
| 700 mm                              | 13,53            | 1,65           | 19,48               | 2,35           | 29,22               | 3,53           | 34,63          | 4,10           | 39,77          | 4,75           |
| 800 mm                              | 10,36            | 1,41           | 14,91               | 2,02           | 22,37               | 3,02           | 26,51          | 3,52           | 30,45          | 4,08           |
| 900 mm                              | 7,15             | 1,23           | 11,78               | 1,76           | 17,67               | 2,65           | 20,95          | 3,08           | 24,06          | 3,57           |
| 1000 mm                             | 4,69             | 0,89           | 8,11                | 1,53           | 12,16               | 2,29           | 16,97          | 2,74           | 19,31          | 3,17           |
| 1100 mm                             | 3,20             | 0,67           | 5,54                | 1,14           | 8,31                | 1,72           | 13,13          | 2,46           | 13,19          | 2,70           |
| 1200 mm                             | 2,26             | 0,51           | 3,91                | 0,88           | 5,86                | 1,32           | 9,27           | 2,04           | 9,31           | 2,07           |

Za prvi slučaj:

$$F_p \geq F_{n1} \quad (75)$$

$$3,02 \text{ kN} \geq 2,4 \text{ kN} \quad (76)$$

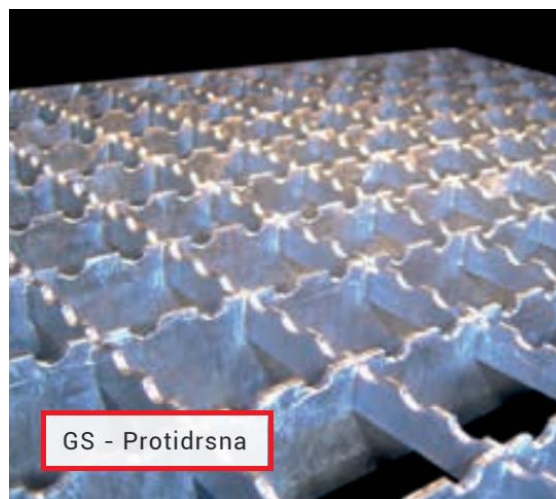
Za drugi slučaj:

$$F_p \geq F_{n2} \quad (77)$$

$$2,29 \text{ kN} \geq 1,6 \text{ kN} \quad (78)$$

Rešetke zadovoljavaju uvjet nosivosti.

Posebnu pozornost treba obratiti i na protukliznost podloge. Zbog upotrebe ulja i maziva u pogonu, glatke površine mogu postati skliske i kao takve predstavljaju potencijalnu opasnost za radnike. Da bi se izbjegle moguće ozljede, potrebno je izabrati razred protukliznosti (u katalogu naveden pod „R“) veći od R10. Zbog toga je za površinski tip rešetke odabrana „GS-Protuklizna“ površina, Slika 20.

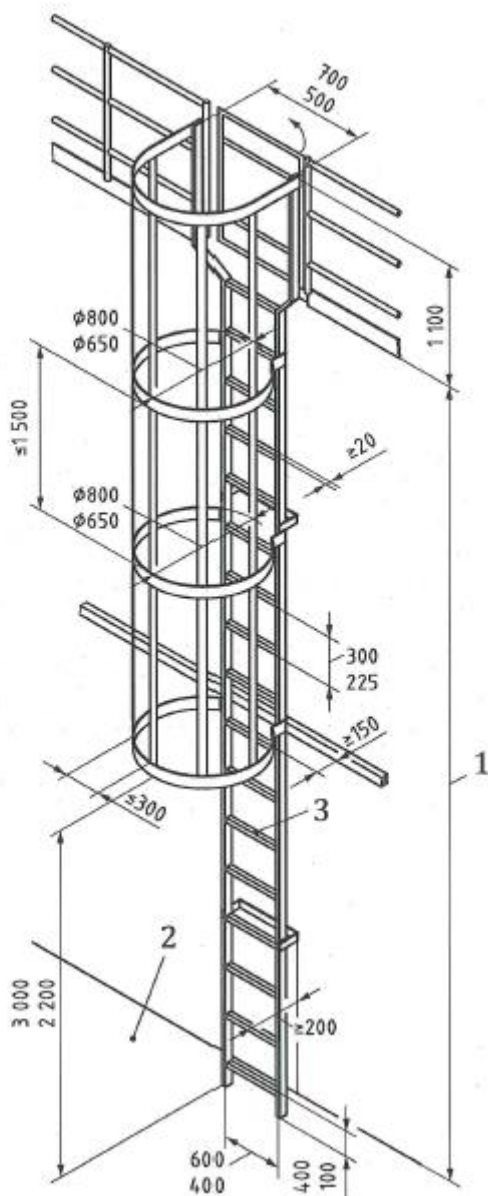


**Slika 20. GS - Protuklizna površina**

Ovime je završen proračun pokretnog i nepokretnog dijela gazišta.

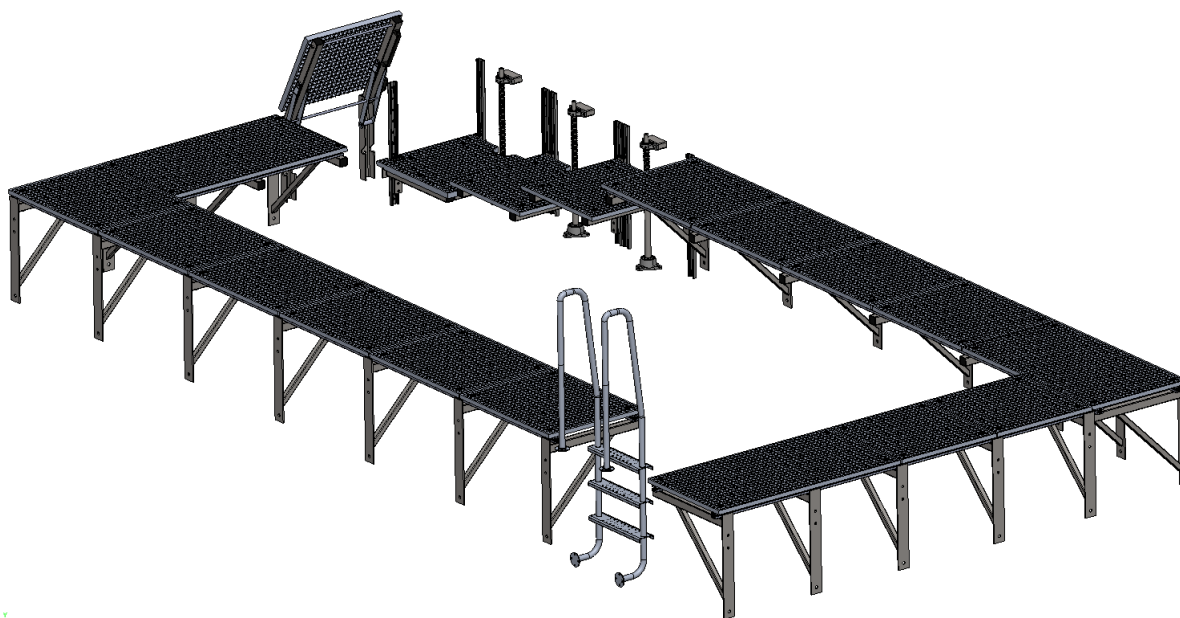
## 4. Ljestve

Kao dodatak, uz pokretno gazište naručitelj je naveo potrebu za dodatnom mogućnosti spuštanja u jamu objekta. Ovaj zahtjev riješen je pomoću ugradbenih ljestvi. Pridržavajući se norme ISO 14122, zadovoljeni su ergonomski i sigurnosni uvjeti. Norma je preuzeta iz izvora [9] i shematski prikazana na Slici 21.



Slika 21. Shematski prikaz ljestvi prema normi ISO 14122

Ovime su izvršeni svi zahtjevi naručitelja. Konačni prikaz cijele konstrukcije zaštitnog gazišta prikazan je na Slici 22.



**Slika 22.** Cijela konstrukcija zaštitnog gazišta

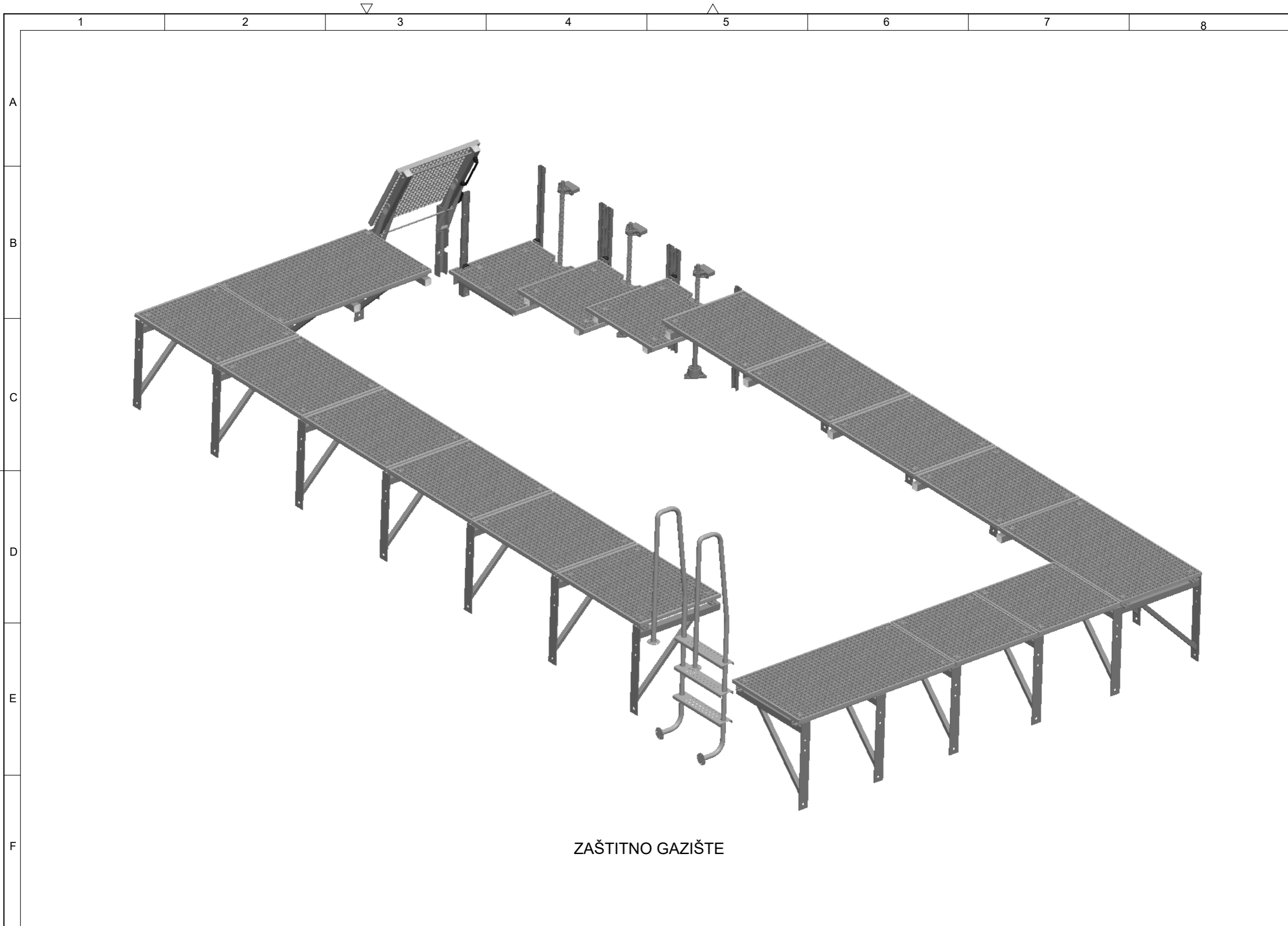
**LITERATURA**

- [1] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 2006.
- [2] <https://www.benkotehna.si/katalog/download/katalog-izdaja5-2014-web.pdf>
- [3] Krautov strojarski priručnik, Sajema Zagreb, 2009.
- [4] <http://www.staticstools.eu/en>
- [5] Ščap, D.: Transportni uređaji, Zagreb, 2004.
- [6] <https://rollon.cld.bz/linear-line-EN/30/>
- [7] Kranjčević, N.: Elementi strojeva, Zagreb, 2012.
- [8] Kranjčević, N.: Vijci i navojna vretena, Zagreb, 2014.
- [9] <https://www.gt-engineering.it/en/en-iso-standards/scale-fisse-14122-4>

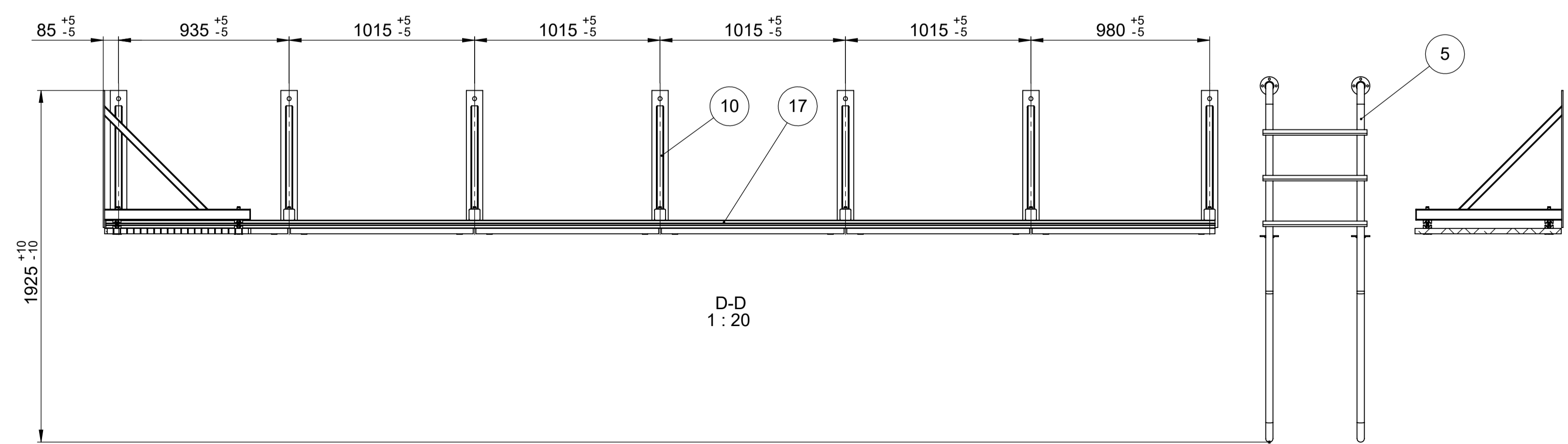
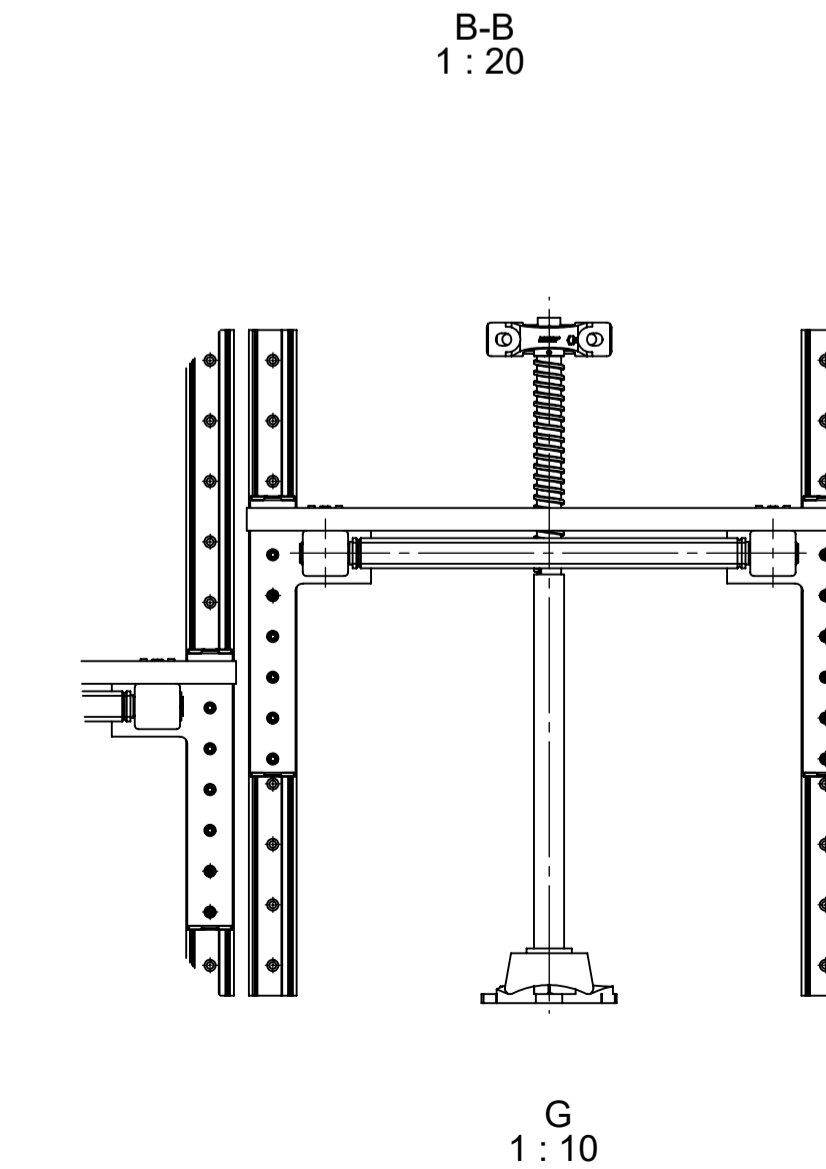
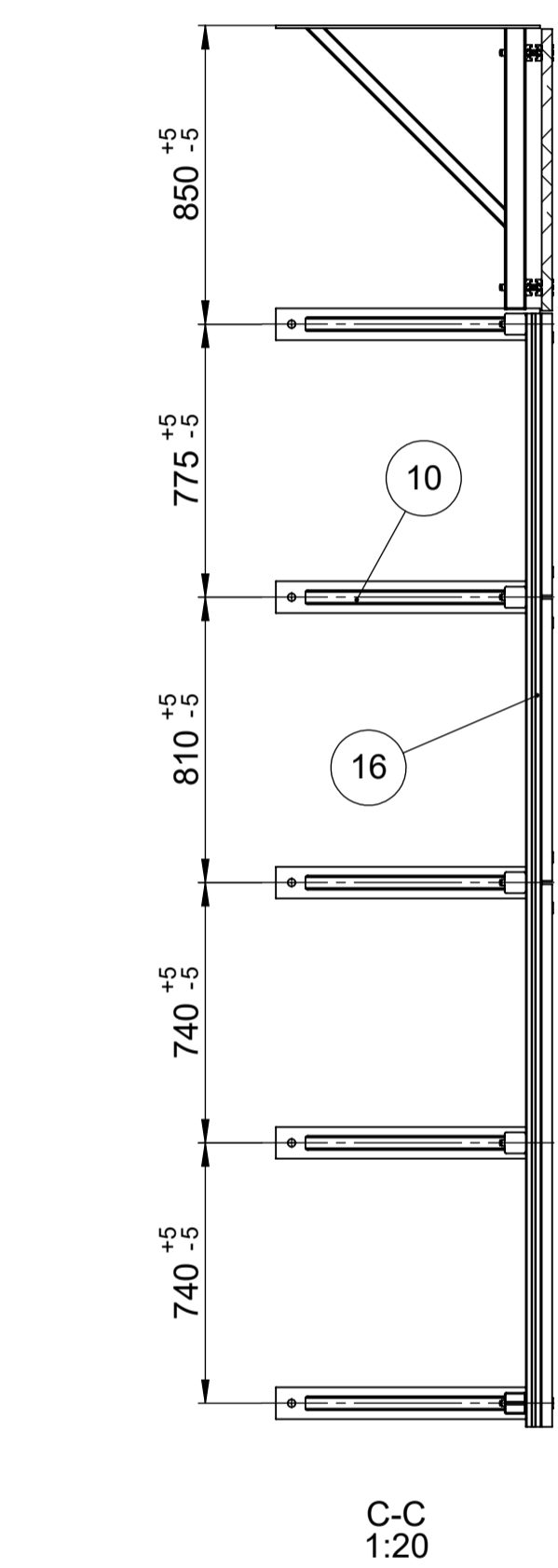
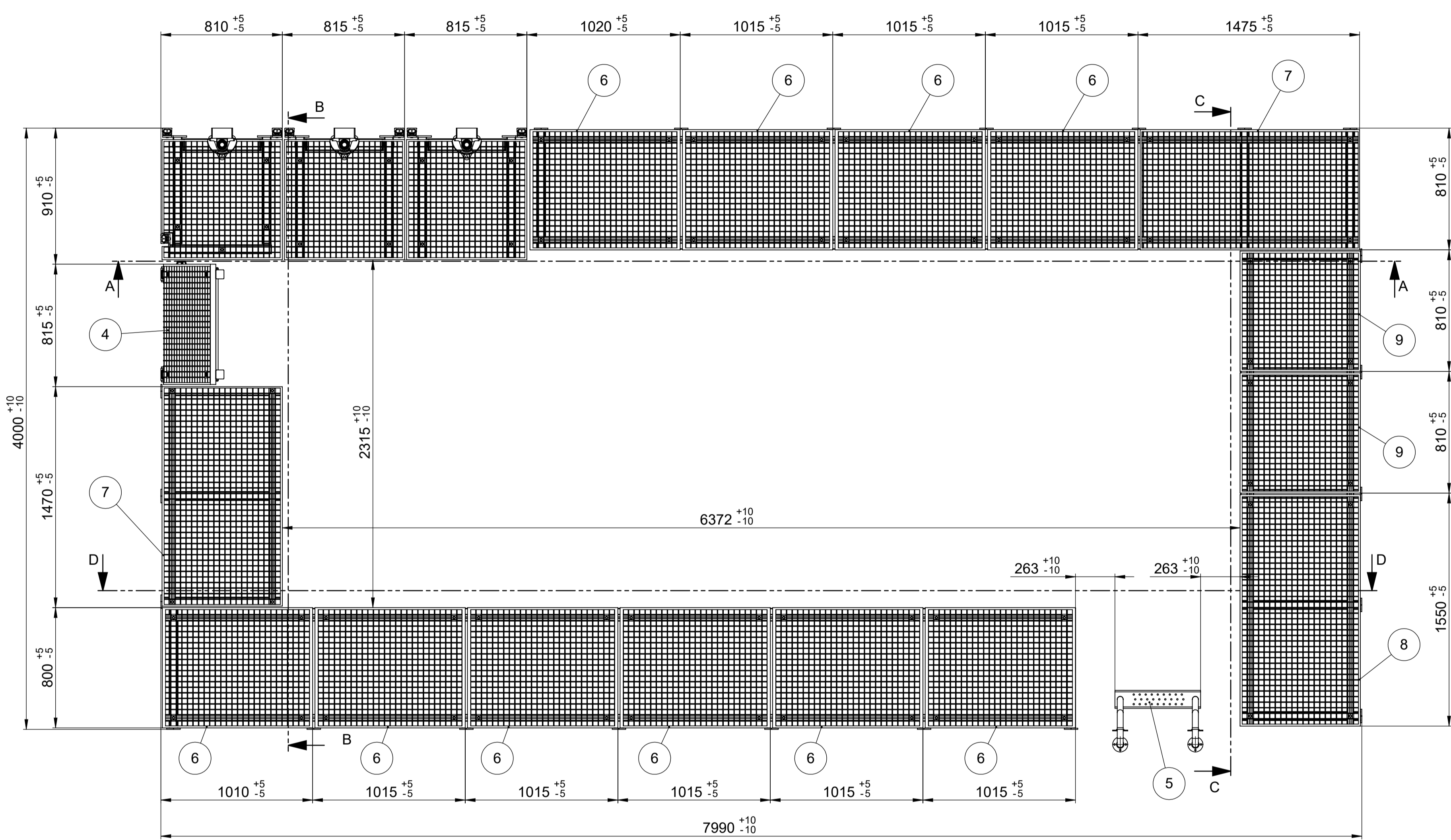
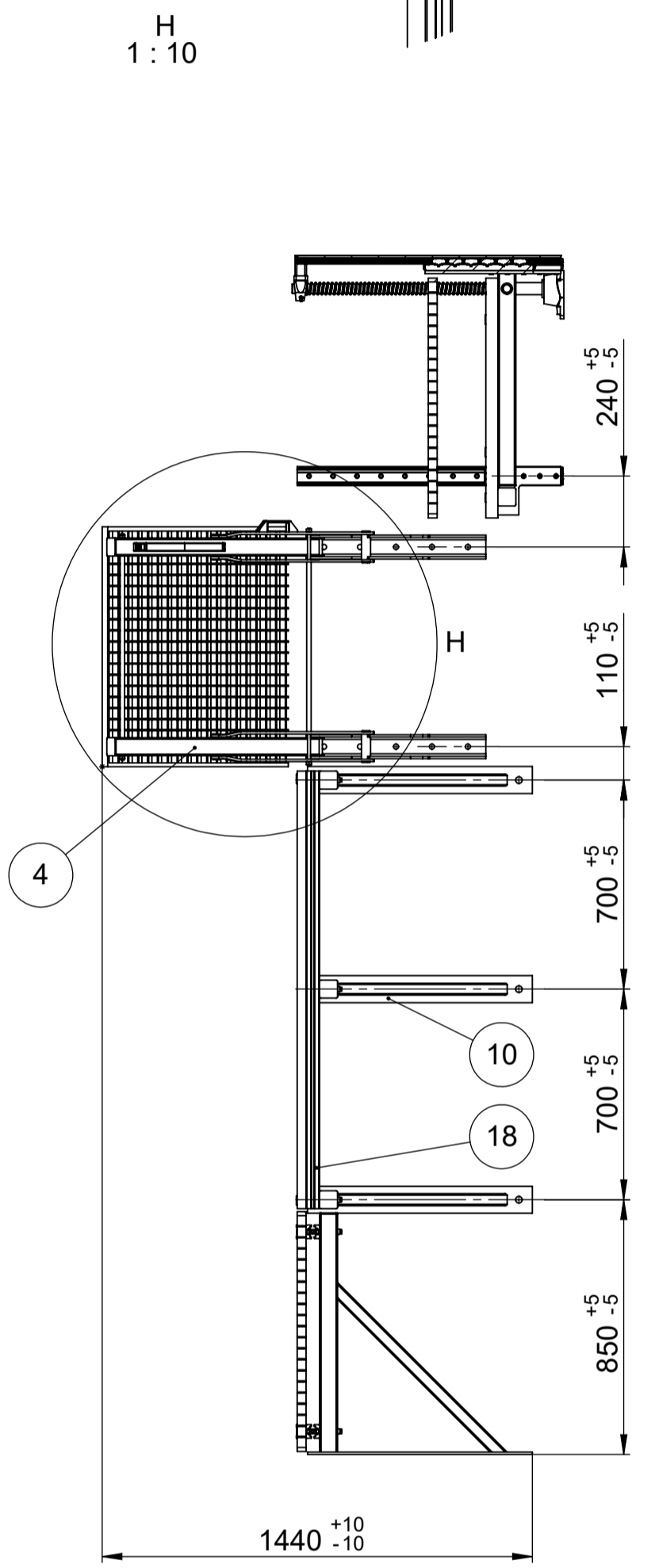
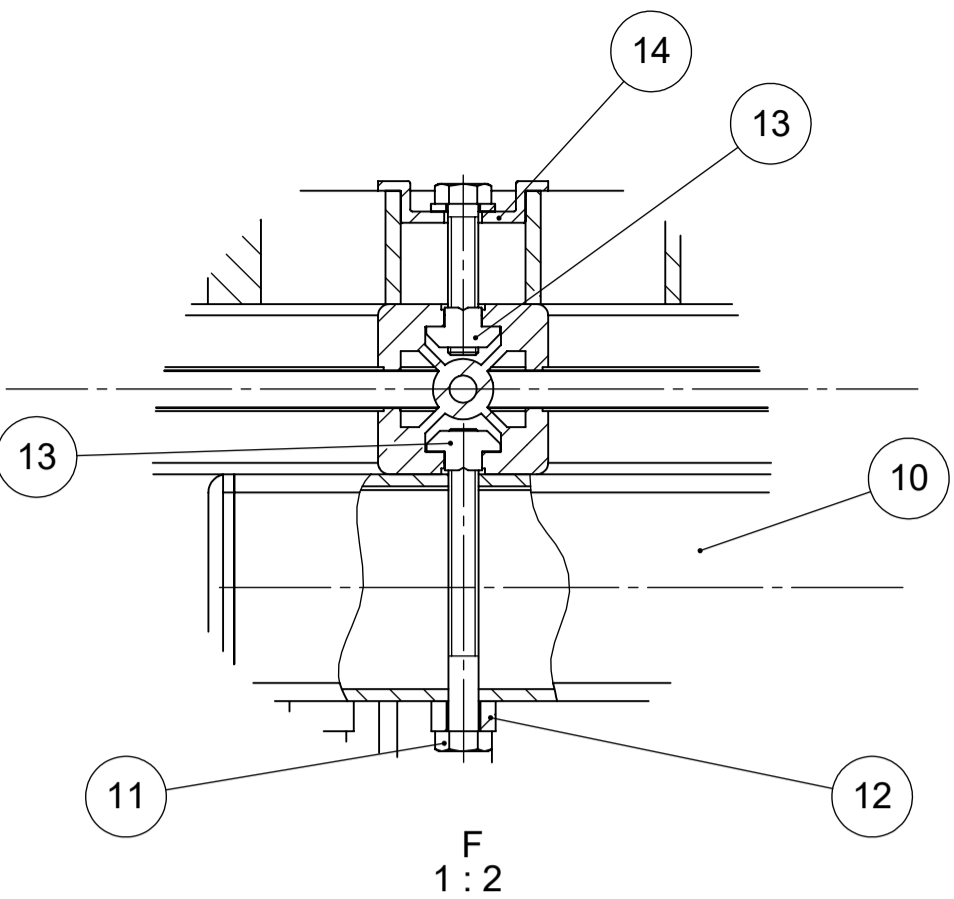
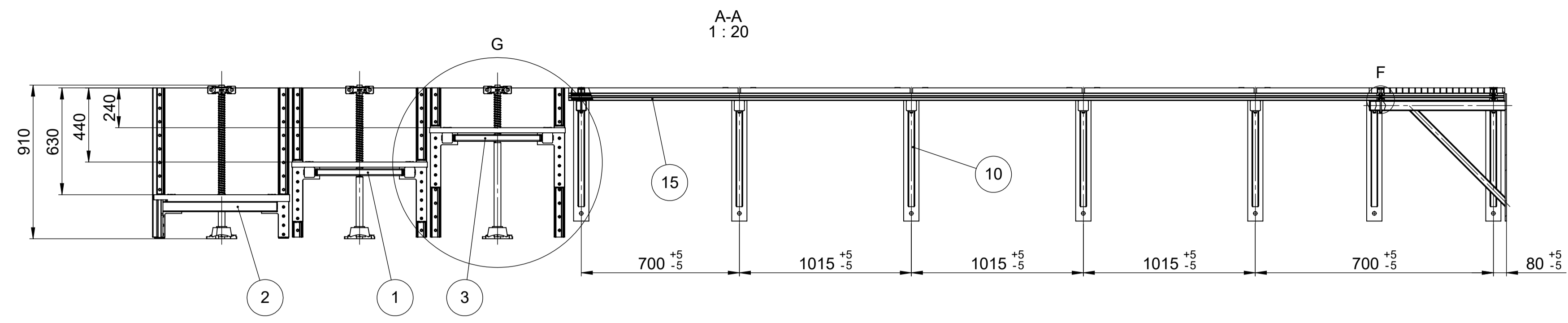
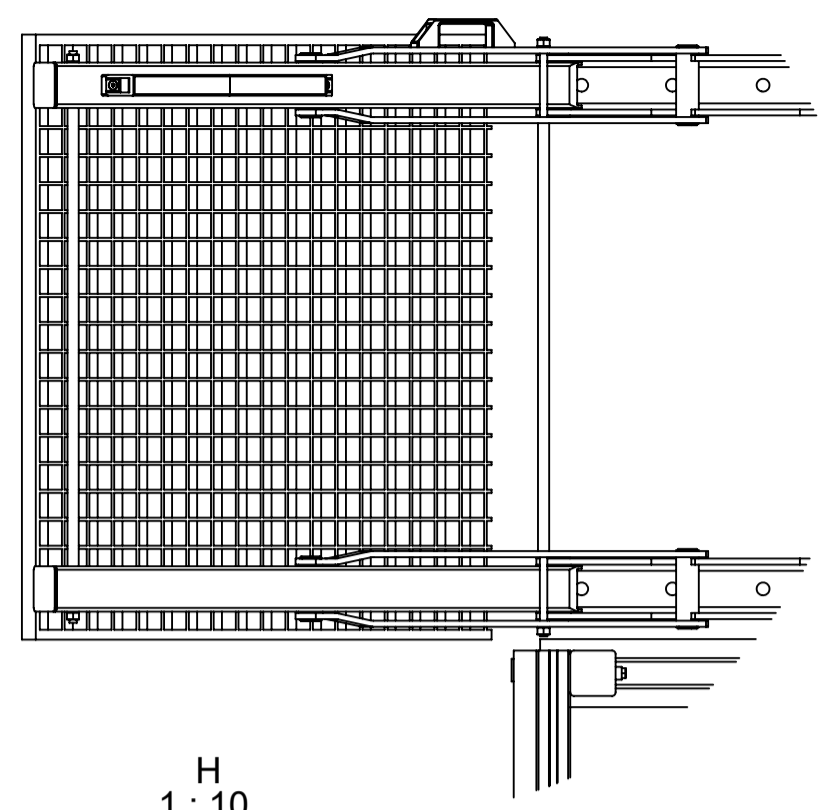


## **PRILOZI**

### **I. Tehnička dokumentacija**

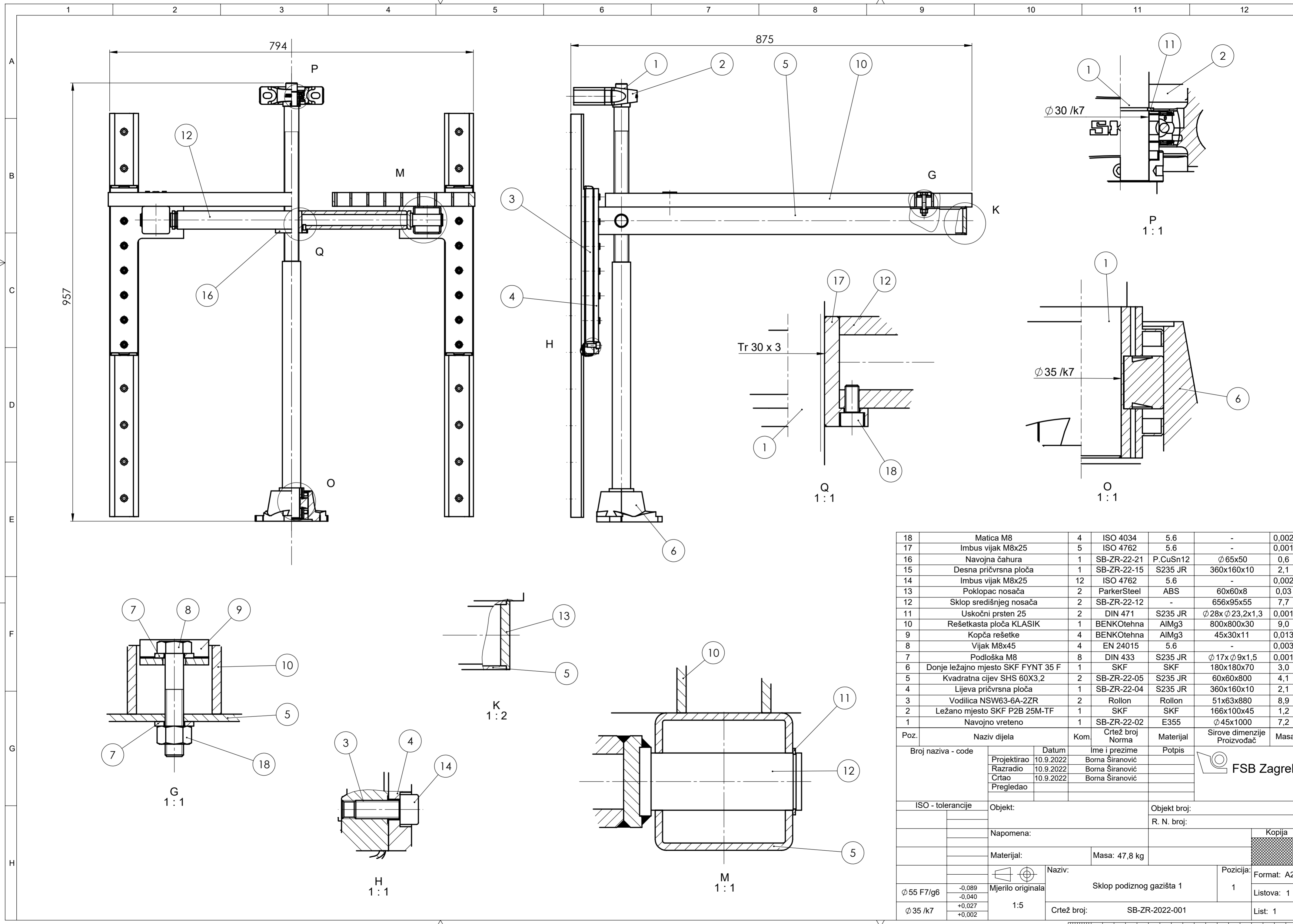


ZAŠTITNO GAZIŠTE



| 18 | Bosch-Rexroth 45x45xL1460 | 2   | Bosch-Rexroth | AlMgSi1 | 45x45xL1460  | 1,7   |
|----|---------------------------|-----|---------------|---------|--------------|-------|
| 17 | Bosch-Rexroth 45x45xL6070 | 2   | Bosch-Rexroth | AlMgSi1 | 45x45xL6070  | 6,3   |
| 16 | Bosch-Rexroth 45x45xL3160 | 2   | Bosch-Rexroth | AlMgSi1 | 45x45xL3160  | 3,4   |
| 15 | Bosch-Rexroth 45x45xL5520 | 2   | Bosch-Rexroth | AlMgSi1 | 45x45xL5520  | 5,9   |
| 14 | Sklop pričvrstne kopče    | 60  | SB-ZR-22-014  | -       | 40x40x60     | 0,002 |
| 13 | T-matica M8               | 120 | ParkerSteel   | 5.6     | 20x20x11     | 0,03  |
| 12 | Distantni prsten          | 60  | SB-ZR-22-012  | S235 JR | ∅17x ∅9x8    | 0,01  |
| 11 | Vijak M8x80               | 60  | DIN EN 24015  | 5.6     | M8x80        | 0,03  |
| 10 | Sklop nosača konstrukcije | 22  | SB-ZR-22-010  | -       | 750x780x90   | 11,2  |
| 9  | Rešetka STABIL 800x800    | 2   | BENKOfehna    | AlMg3   | 800x800x30   | 10,6  |
| 8  | Rešetka STABIL 1550x800   | 1   | BENKOfehna    | AlMg3   | 1550x800x30  | 21,9  |
| 7  | Rešetka STABIL 1450x800   | 2   | BENKOfehna    | AlMg3   | 1450x800x30  | 19,4  |
| 6  | Rešetka STABIL 1000x800   | 10  | BENKOfehna    | AlMg3   | 1000x800x30  | 13,5  |
| 5  | Ljestve                   | 1   | SB-ZR-22-005  | -       | 2000x570x410 | 25,2  |
| 4  | Sklop pomične stepenice   | 1   | SB-ZR-22-004  | -       | 360x160x10   | 34,1  |
| 3  | Sklop podiznog gazišta 3  | 1   | SB-ZR-22-003  | -       | 960x880x790  | 48,5  |
| 2  | Sklop podiznog gazišta 2  | 1   | SB-ZR-22-002  | -       | 960x880x790  | 57,2  |
| 1  | Sklop podiznog gazišta 1  | 1   | SB-ZR-22-001  | -       | 960x880x790  | 47,8  |

| Poz.               | Naziv dijela | Kom.           | Crtež broj Norma | Materijal  | Sirove dimenzije | Masa |
|--------------------|--------------|----------------|------------------|------------|------------------|------|
| Broj naziva - code |              | Datum          | Ime i prezime    | Potpis     |                  |      |
| Projektno          |              | 10.9.2022      | Borna Širanović  |            |                  |      |
| Razradio           |              | 10.9.2022      | Borna Širanović  |            |                  |      |
| Crtao              |              | 10.9.2022      | Borna Širanović  |            |                  |      |
| Pregledao          |              |                |                  |            |                  |      |
| ISO - tolerancije  |              | Objekt:        | Objekt broj:     |            |                  |      |
| Napomena:          |              | R. N. broj:    |                  | Kopija     |                  |      |
| Materijal:         |              | Masa: 730 kg   | Zaštitno gazište |            | Format: A1       |      |
| Mjerilo originala  |              | 1:20           |                  | Listova: 1 |                  |      |
| Crtež broj:        |              | SB-ZR-2022-000 |                  | List: 1    |                  |      |



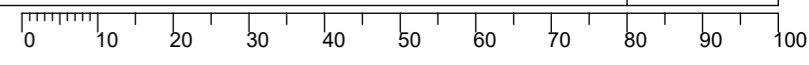
| Poz. | Naziv dijela                       | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa  |
|------|------------------------------------|------|------------------|-----------|-----------------------------|-------|
| 18   | Matica M8                          | 4    | ISO 4034         | 5.6       | -                           | 0,002 |
| 17   | Imbus vijak M8x25                  | 5    | ISO 4762         | 5.6       | -                           | 0,001 |
| 16   | Navojna čahura                     | 1    | SB-ZR-22-21      | P.CuSn12  | ∅ 65x50                     | 0,6   |
| 15   | Desna pričvrсна ploča              | 1    | SB-ZR-22-15      | S235 JR   | 360x160x10                  | 2,1   |
| 14   | Imbus vijak M8x25                  | 12   | ISO 4762         | 5.6       | -                           | 0,002 |
| 13   | Poklopac nosača                    | 2    | ParkerSteel      | ABS       | 60x60x8                     | 0,03  |
| 12   | Sklop središnjeg nosača            | 2    | SB-ZR-22-12      | -         | 656x95x55                   | 7,7   |
| 11   | Uskočni prsten 25                  | 2    | DIN 471          | S235 JR   | ∅ 28x ∅ 23,2x1,3            | 0,001 |
| 10   | Rešetkasta ploča KLASIK            | 1    | BENKOTehna       | AlMg3     | 800x800x30                  | 9,0   |
| 9    | Kopča rešetke                      | 4    | BENKOTehna       | AlMg3     | 45x30x11                    | 0,013 |
| 8    | Vijak M8x45                        | 4    | EN 24015         | 5.6       | -                           | 0,003 |
| 7    | Podloška M8                        | 8    | DIN 433          | S235 JR   | ∅ 17x ∅ 9x1,5               | 0,001 |
| 6    | Donje ležajno mjesto SKF FYNT 35 F | 1    | SKF              | SKF       | 180x180x70                  | 3,0   |
| 5    | Kvadratna cijev SHS 60X3,2         | 2    | SB-ZR-22-05      | S235 JR   | 60x60x800                   | 4,1   |
| 4    | Lijeva pričvrсна ploča             | 1    | SB-ZR-22-04      | S235 JR   | 360x160x10                  | 2,1   |
| 3    | Vodilica NSW63-6A-2ZR              | 2    | Rollon           | Rollon    | 51x63x880                   | 8,9   |
| 2    | Ležano mjesto SKF P2B 25M-TF       | 1    | SKF              | SKF       | 166x100x45                  | 1,2   |
| 1    | Navojno vreteno                    | 1    | SB-ZR-22-02      | E355      | ∅ 45x1000                   | 7,2   |

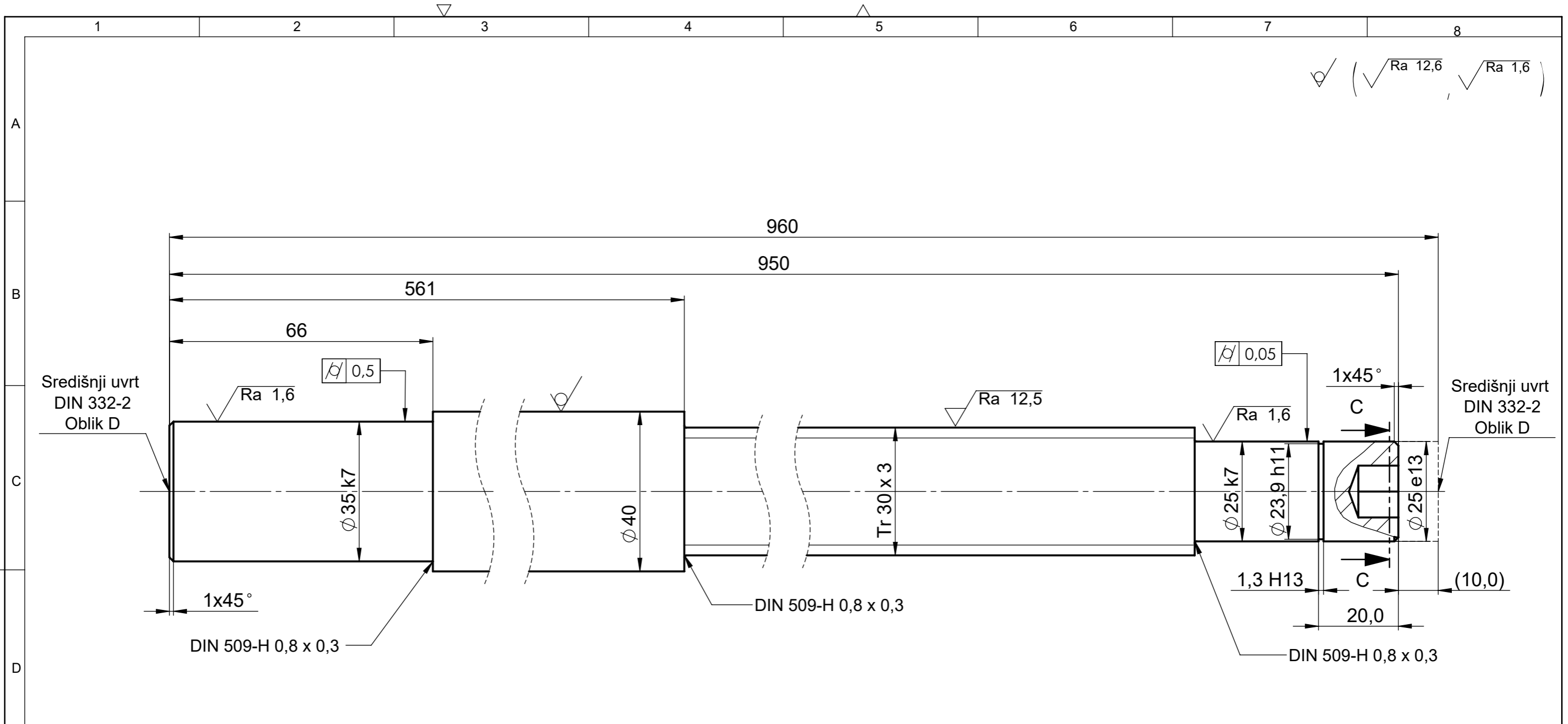
  

| Broj naziva - code |  | Datum     | Ime i prezime   | Potpis |
|--------------------|--|-----------|-----------------|--------|
| Projektirao        |  | 10.9.2022 | Borna Širanović |        |
| Razradio           |  | 10.9.2022 | Borna Širanović |        |
| Crtao              |  | 10.9.2022 | Borna Širanović |        |
| Pregledao          |  |           |                 |        |

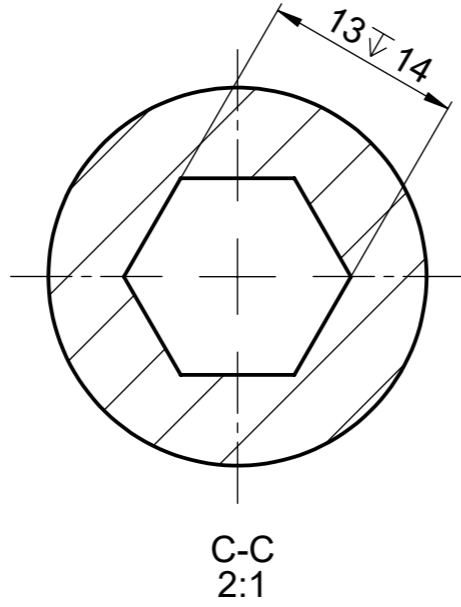
  

|                   |                                 |              |
|-------------------|---------------------------------|--------------|
| ISO - tolerancije | Objekt:                         | Objekt broj: |
|                   |                                 | R. N. broj:  |
| Napomena:         |                                 |              |
| Materijal:        | Masa: 47,8 kg                   | Kopija       |
| Mjerilo originala | Naziv: Sklop podiznog gazišta 1 | Format: A2   |
| ∅ 55 F7/g6        | Mjerilo originala               | Pozicija: 1  |
| ∅ 35 /k7          | 1:5                             | Listova: 1   |
|                   | Crtež broj: SB-ZR-2022-001      | List: 1      |

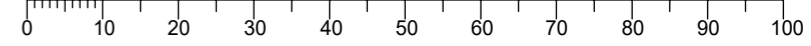


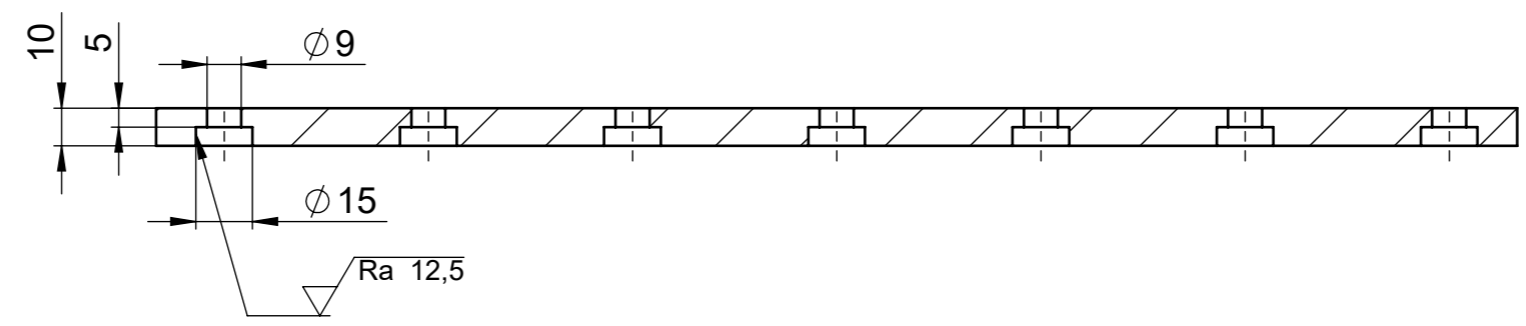
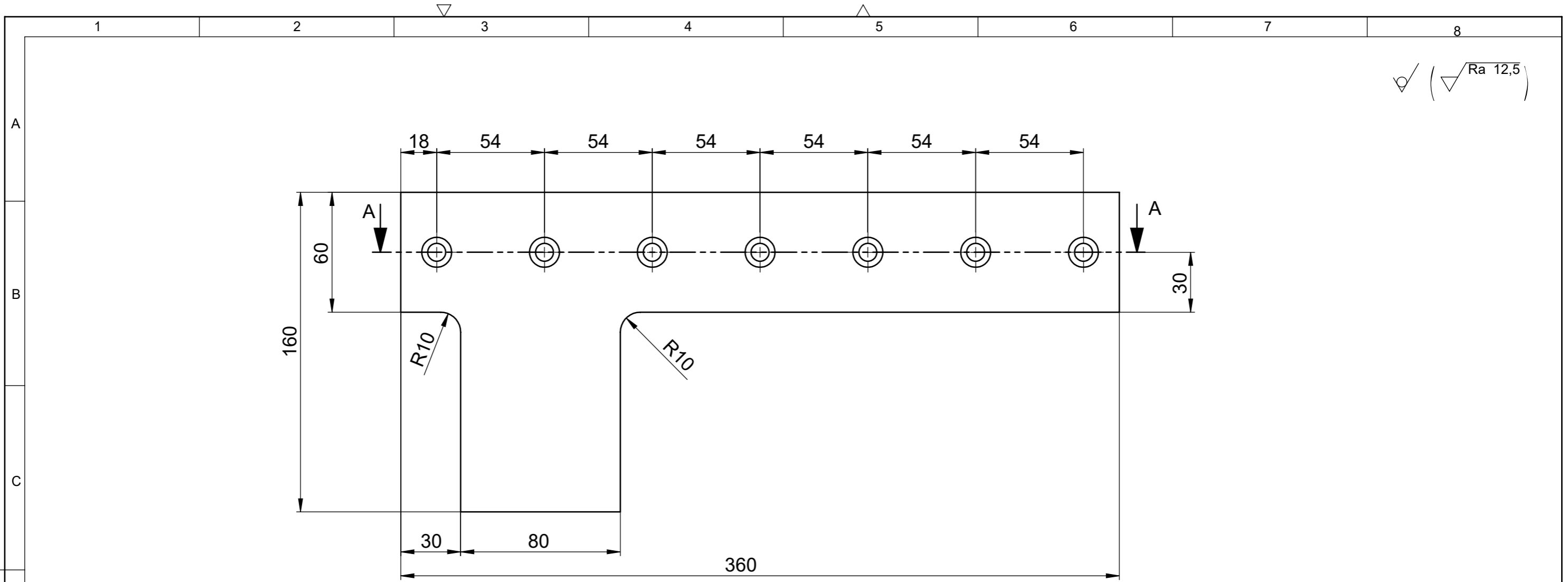


Napomena: Najprije odstraniti središnji uvert DIN 332-1 oblika B  
zatim izraditi ulaz za alat



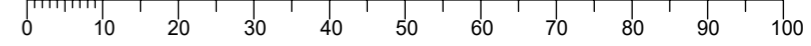
|                    |                  |                           |                 |                 |        |  |
|--------------------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|--------|--|
| Broj naziva - code | Projektirao      | 10.9.2022                 | Ime i prezime   | Borna Širanović | Potpis |  |
|                    | Razradio         | 10.9.2022                 | Borna Širanović |                 |        |  |
|                    | Crtao            | 10.9.2022                 | Borna Širanović |                 |        |  |
|                    | Pregledao        |                           |                 |                 |        |  |
|                    | Mentor           |                           |                 |                 |        |  |
| ISO - tolerancije  |                  | Objekt:                   |                 | Objekt broj:    |        |  |
|                    |                  |                           |                 | R. N. broj:     |        |  |
| Ø 35 k7            | +0,027<br>+0,002 | Napomena:                 |                 | Kopija          |        |  |
| Ø 25 k7            | +0,023<br>+0,002 | Materijal: E355           | Masa: 7,2 kg    |                 |        |  |
| Ø 25 e13           | -0,040<br>-0,370 | Naziv:                    |                 | Pozicija:       |        |  |
| Ø 23,9 h11         | 0<br>-0,130      | Mjerilo originala         |                 | 2               |        |  |
| 1,6 H13            | +0,140<br>0      | 1:1                       |                 | Navojno vreteno |        |  |
|                    |                  | Crtež broj: SB-ZR-2022-02 |                 | List: 1         |        |  |



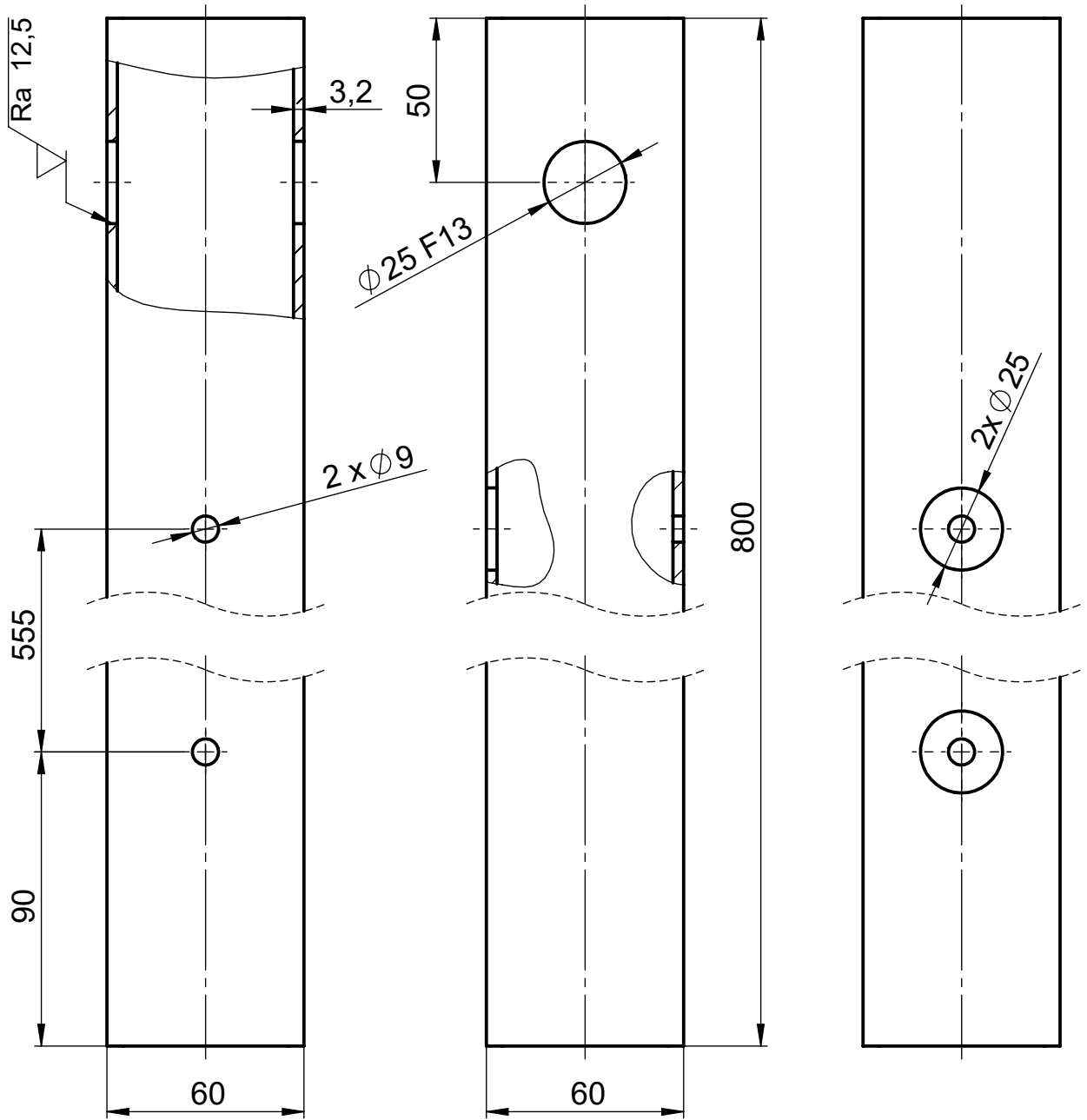


✓ (✓ Ra 12,5)

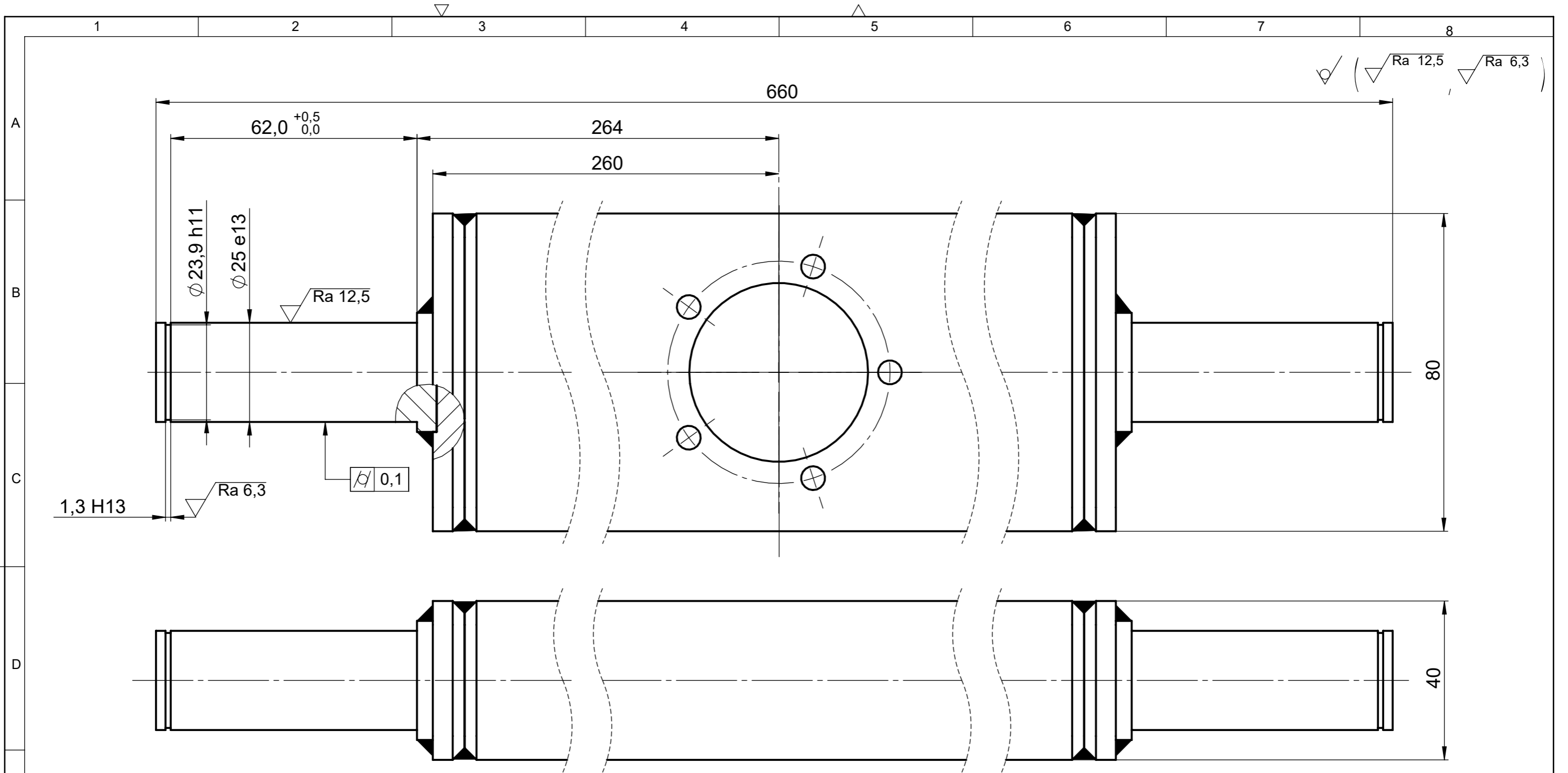
|                    |                   |                       |                 |              |             |
|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|--------------|-------------|
| Broj naziva - code | Projektirao       | Datum                 | Ime i prezime   | Potpis       |             |
|                    | Razradio          | 10.9.2022             | Borna Širanović |              |             |
|                    | Crtao             | 10.9.2022             | Borna Širanović |              |             |
|                    | Pregledao         |                       |                 |              |             |
|                    | Mentor            |                       |                 |              |             |
| ISO - tolerancije  | Objekt:           |                       |                 | Objekt broj: |             |
|                    |                   |                       |                 | R. N. broj:  |             |
|                    | Napomena:         |                       |                 |              | Kopija      |
|                    | Materijal:        | S235 JR               | Masa:           | 2,1 kg       |             |
|                    |                   | Naziv:                |                 |              | Pozicija:   |
|                    | Mjerilo originala | Desna pričvrtna ploča |                 |              | 15          |
|                    | 1:5               | Crtež broj:           |                 |              | SB-ZR-22-15 |
|                    |                   |                       |                 |              | List: 1     |



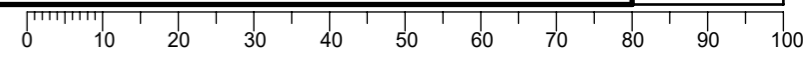
✓ ( Ra 12,5 )



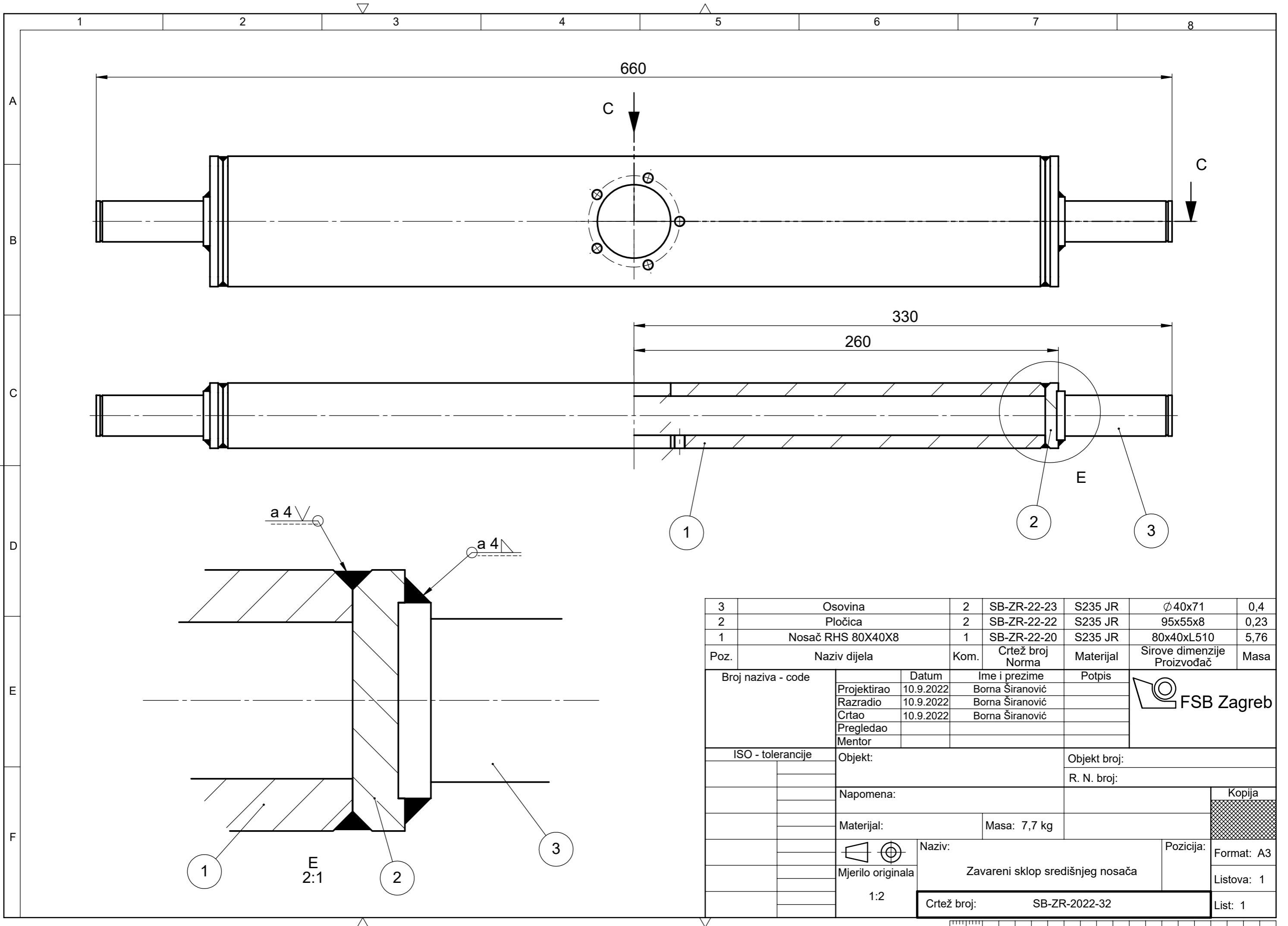
|                                                                                                                                                                         |                   |           |                           |                            |                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Broj naziva - code                                                                                                                                                      | Projektirao       | Datum     | Ime i prezime             | Potpis                     |  <b>FSB Zagreb</b> |
|                                                                                                                                                                         | Razradio          | 10.9.2022 | Borna Širanović           |                            |                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                         | Crtao             | 10.9.2022 | Borna Širanović           |                            |                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                         | Pregledao         |           |                           |                            |                                                                                                         |
| ISO - tolerancije                                                                                                                                                       | Objekt:           |           |                           | Objekt broj:               |                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                         |                   |           |                           | R. N. broj:                |                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                         | Napomena:         |           |                           |                            | <div style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Kopija</div>             |
|                                                                                                                                                                         | Materijal:        | S235 JR   | Masa:                     | 4,1 kg                     |                                                                                                         |
|   | Naziv:            |           |                           | Pozicija:                  | <div style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Format: A4</div>         |
|                                                                                                                                                                         | Mjerilo originala |           |                           | Kvadratna cijev SHS 60x3,2 |                                                                                                         |
| Ø 30 F13                                                                                                                                                                | +0,350            | 1:2       | Crtež broj: SB-ZR-2022-05 |                            | <div style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Listova: 1</div>         |
|                                                                                                                                                                         | +0,020            |           | List: 1                   |                            |                                                                                                         |



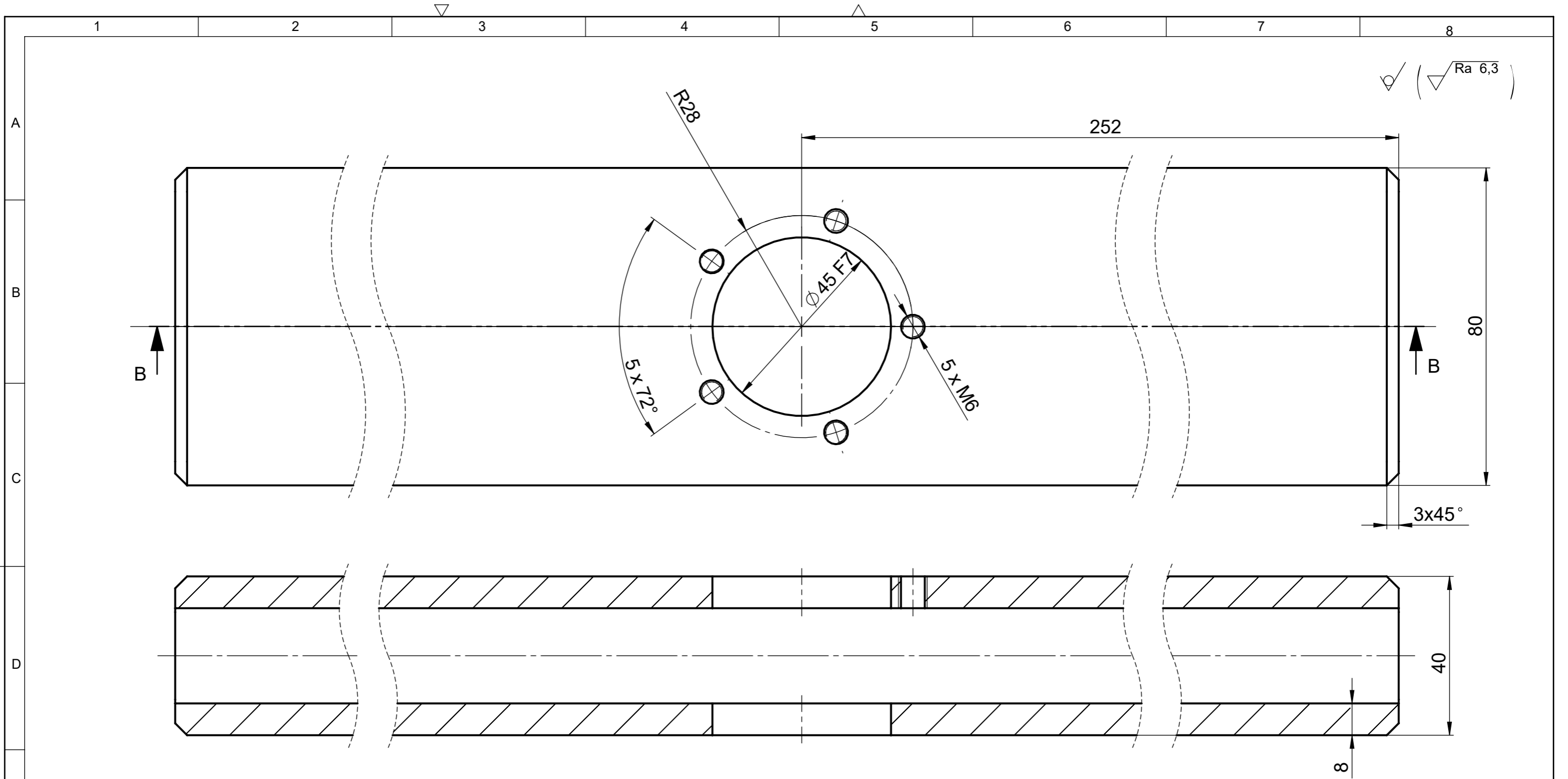
|                                                                                     |                                                |                           |                 |              |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|--------------|------------|
| Broj naziva - code                                                                  | Projektirao                                    | Datum                     | Ime i prezime   | Potpis       |            |
|                                                                                     | Razradio                                       | 10.9.2022                 | Borna Širanović |              |            |
|                                                                                     | Crtao                                          | 10.9.2022                 | Borna Širanović |              |            |
|                                                                                     | Pregledao                                      |                           |                 |              |            |
|                                                                                     | Mentor                                         |                           |                 |              |            |
| ISO - tolerancije                                                                   | Objekt:                                        |                           |                 | Objekt broj: |            |
|                                                                                     |                                                |                           |                 | R. N. broj:  |            |
|                                                                                     | Napomena:                                      |                           |                 |              | Kopija     |
|                                                                                     |                                                |                           |                 |              |            |
|                                                                                     | Materijal:                                     | Masa: 7,7 kg              |                 |              |            |
| $\varnothing 23,9 \text{ h11}$<br>$\varnothing 25 \text{ e13}$<br>$1,3 \text{ H13}$ | 0<br>-0,130<br>-0,040<br>-0,370<br>+0,140<br>0 |                           | Naziv:          | Pozicija:    | Kopija     |
|                                                                                     | Mjerilo originala                              | Sklop središnjeg nosača   |                 | 12           | Format: A3 |
|                                                                                     | 1:1                                            | Crtež broj: SB-ZR-2022-12 |                 |              | Listova: 1 |
|                                                                                     |                                                |                           |                 |              | List: 1    |



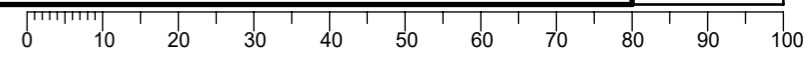




|                    |                   |                   |                     |           |                                  |      |
|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-----------|----------------------------------|------|
| 3                  | Osovina           | 2                 | SB-ZR-22-23         | S235 JR   | ∅40x71                           | 0,4  |
| 2                  | Pločica           | 2                 | SB-ZR-22-22         | S235 JR   | 95x55x8                          | 0,23 |
| 1                  | Nosač RHS 80X40X8 | 1                 | SB-ZR-22-20         | S235 JR   | 80x40xL510                       | 5,76 |
| Poz.               | Naziv dijela      | Kom.              | Crtež broj<br>Norma | Materijal | Sirove dimenzije<br>Proizvođač   | Masa |
| Broj naziva - code |                   | Datum             | Ime i prezime       | Potpis    |                                  |      |
| Projektirao        |                   | 10.9.2022         | Borna Širanović     |           |                                  |      |
| Razradio           |                   | 10.9.2022         | Borna Širanović     |           |                                  |      |
| Crtao              |                   | 10.9.2022         | Borna Širanović     |           |                                  |      |
| Pregledao          |                   |                   |                     |           |                                  |      |
| Mentor             |                   |                   |                     |           |                                  |      |
| ISO - tolerancije  |                   | Objekt:           |                     |           | Objekt broj:                     |      |
|                    |                   |                   |                     |           | R. N. broj:                      |      |
|                    |                   | Napomena:         |                     |           | Kopija                           |      |
|                    |                   | Materijal:        |                     |           | Masa: 7,7 kg                     |      |
|                    |                   |                   |                     |           | Naziv:                           |      |
|                    |                   | Mjerilo originala |                     |           | Zavareni sklop središnjeg nosača |      |
|                    |                   | 1:2               |                     |           | Pozicija:                        |      |
|                    |                   | Crtež broj:       |                     |           | SB-ZR-2022-32                    |      |
|                    |                   |                   |                     |           | List: 1                          |      |

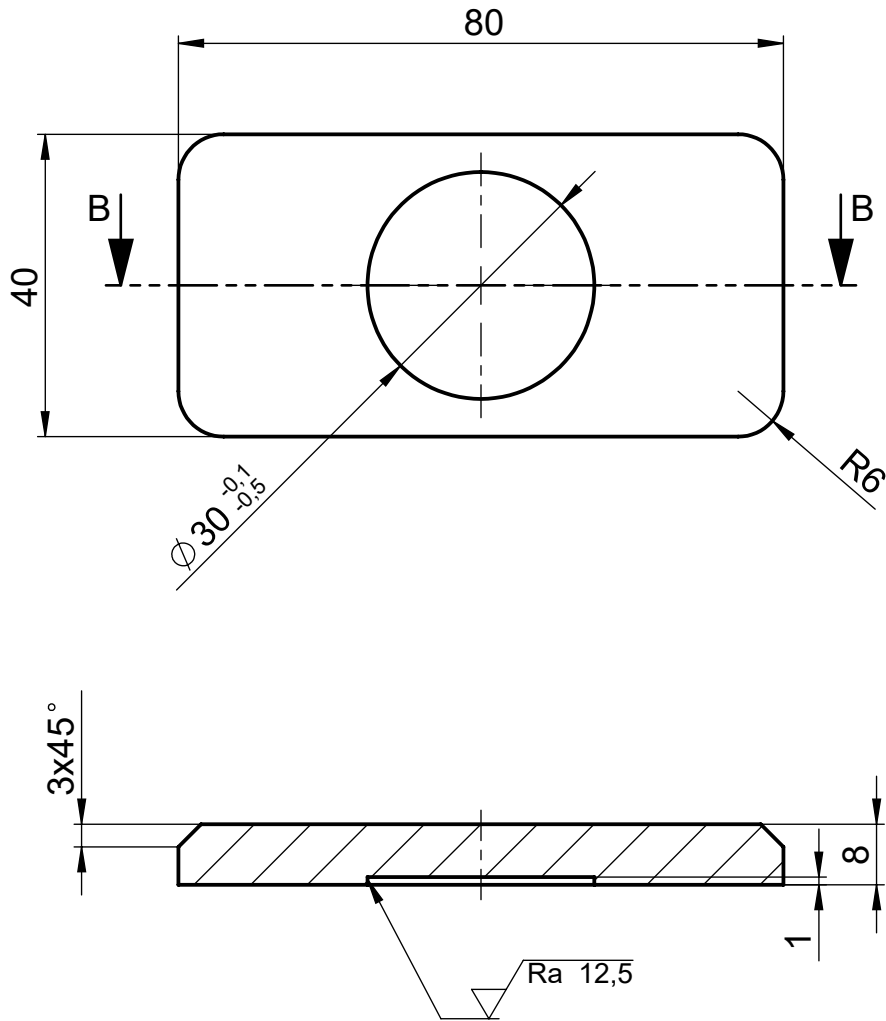



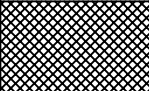
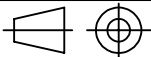
|                    |                   |                           |                   |                 |            |            |
|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|------------|------------|
| Broj naziva - code | Projektirao       | 10.9.2022                 | Ime i prezime     | Borna Širanović | Potpis     |            |
|                    | Razradio          | 10.9.2022                 | Borna Širanović   |                 |            |            |
|                    | Crtao             | 10.9.2022                 | Borna Širanović   |                 |            |            |
|                    | Pregledao         |                           |                   |                 |            |            |
|                    | Mentor            |                           |                   |                 |            |            |
| ISO - tolerancije  | Objekt:           |                           |                   | Objekt broj:    |            |            |
|                    |                   |                           |                   | R. N. broj:     |            |            |
|                    | Napomena:         |                           |                   |                 |            | Kopija     |
|                    | Materijal:        | S235 JR                   | Masa:             | 5,76 kg         |            |            |
|                    |                   | Naziv:                    | Nosac RHS 80x40x8 |                 | Pozicija:  | Format: A3 |
|                    | Mjerilo originala | 1:2                       |                   | 1               | Listova: 1 |            |
| Ø45 F11            | +0,185            | Crtež broj: SB-ZR-2022-20 |                   |                 | List: 1    |            |
|                    | +0,025            |                           |                   |                 |            |            |





Design by CADLab

✓ ( ✓ Ra 12,5 )



|                    |                                                                                     |                         |                 |                                                                                                         |  |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Broj naziva - code | Datum                                                                               | Ime i prezime           | Potpis          |  <b>FSB Zagreb</b> |  |
|                    | Projektirao                                                                         | 10.9.2022               | Borna Širanović |                                                                                                         |  |
|                    | Razradio                                                                            | 10.9.2022               | Borna Širanović |                                                                                                         |  |
|                    | Crtao                                                                               | 10.9.2022               | Borna Širanović |                                                                                                         |  |
|                    | Pregledao                                                                           |                         |                 |                                                                                                         |  |
| ISO - tolerancije  | Objekt:                                                                             |                         | Objekt broj:    |                                                                                                         |  |
|                    |                                                                                     |                         | R. N. broj:     |                                                                                                         |  |
|                    | Napomena:                                                                           |                         |                 | Kopija                                                                                                  |  |
|                    | Materijal:                                                                          | S235 JR                 | Masa: 0,23 kg   |                    |  |
|                    |                                                                                     |                         |                 |                                                                                                         |  |
|                    |  | Naziv:                  |                 | Pozicija:                                                                                               |  |
|                    | Mjerilo originala                                                                   | Pločica                 |                 | 2                                                                                                       |  |
|                    | 1:1                                                                                 | Crtež broj: SB-ZR-22-22 |                 | Format: A4                                                                                              |  |
|                    |                                                                                     |                         |                 | Listova: 1                                                                                              |  |
|                    |                                                                                     |                         |                 | List: 1                                                                                                 |  |

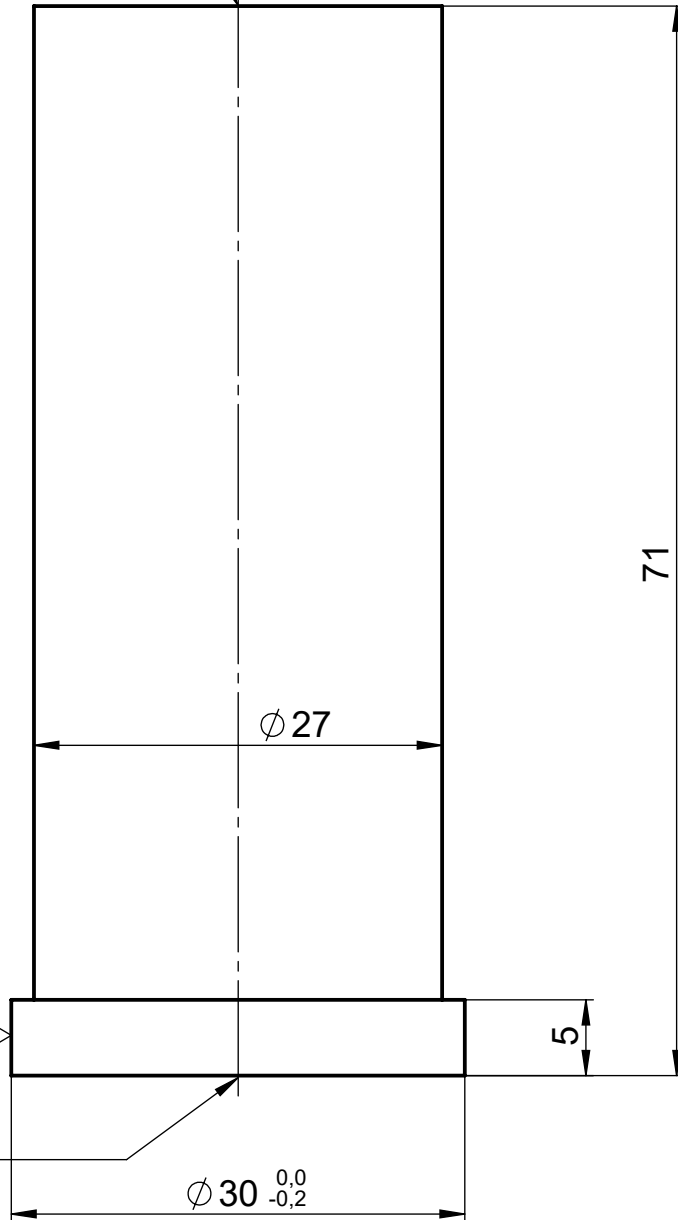
Središnji uvr  
DIN 322-1  
Oblik B


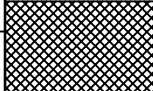
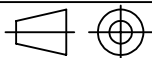
 (  Ra 12,5 )

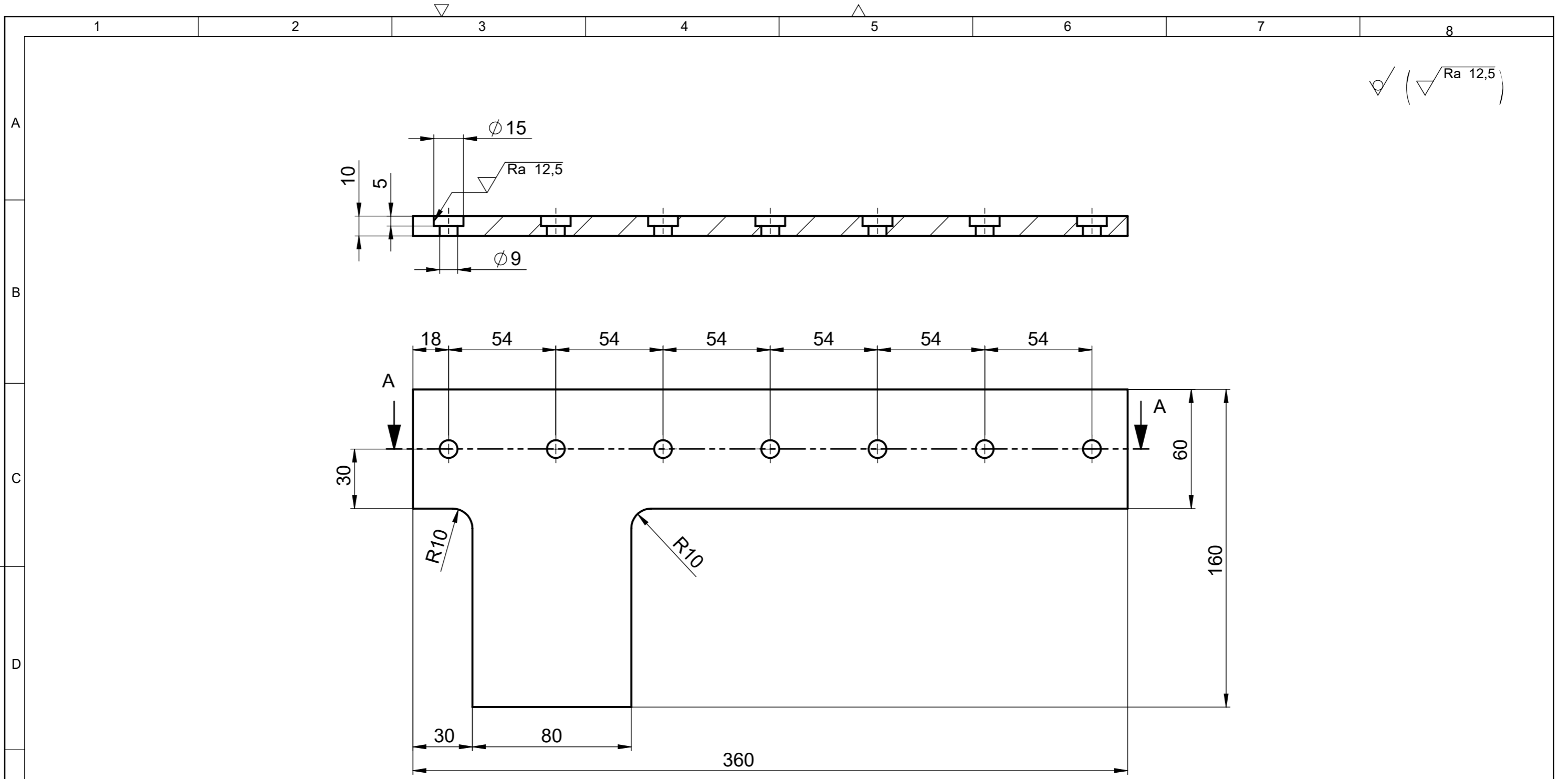
Napomena:  
Osovinu je potrebno  
dodatno obraditi  
nakon znavara  
s nosačem

Ra 12,5

Središnji uvr  
DIN 322-1  
Oblik B

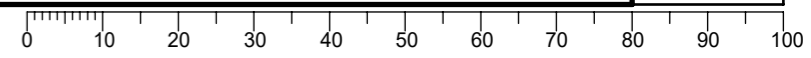


|                    |                                                                                     |                         |                 |                                                                                                  |  |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Broj naziva - code | Datum                                                                               | Ime i prezime           | Potpis          |  FSB Zagreb |  |
|                    | Projektirao                                                                         | 10.9.2022               | Borna Širanović |                                                                                                  |  |
|                    | Razradio                                                                            | 10.9.2022               | Borna Širanović |                                                                                                  |  |
|                    | Crtao                                                                               | 10.9.2022               | Borna Širanović |                                                                                                  |  |
|                    | Pregledao                                                                           |                         |                 |                                                                                                  |  |
| ISO - tolerancije  | Objekt:                                                                             |                         | Objekt broj:    |                                                                                                  |  |
|                    |                                                                                     |                         | R. N. broj:     |                                                                                                  |  |
|                    | Napomena:                                                                           |                         |                 | Kopija                                                                                           |  |
|                    | Materijal:                                                                          | S235 JR                 | Masa: 0,4 kg    |             |  |
|                    |  | Naziv:                  |                 | Pozicija:                                                                                        |  |
|                    | Mjerilo originala                                                                   | Osovina                 |                 | 3                                                                                                |  |
|                    | 2:1                                                                                 | Crtež broj: SB-ZR-22-23 |                 | Format: A4                                                                                       |  |
|                    |                                                                                     |                         |                 | Listova: 1                                                                                       |  |
|                    |                                                                                     |                         |                 | List: 1                                                                                          |  |

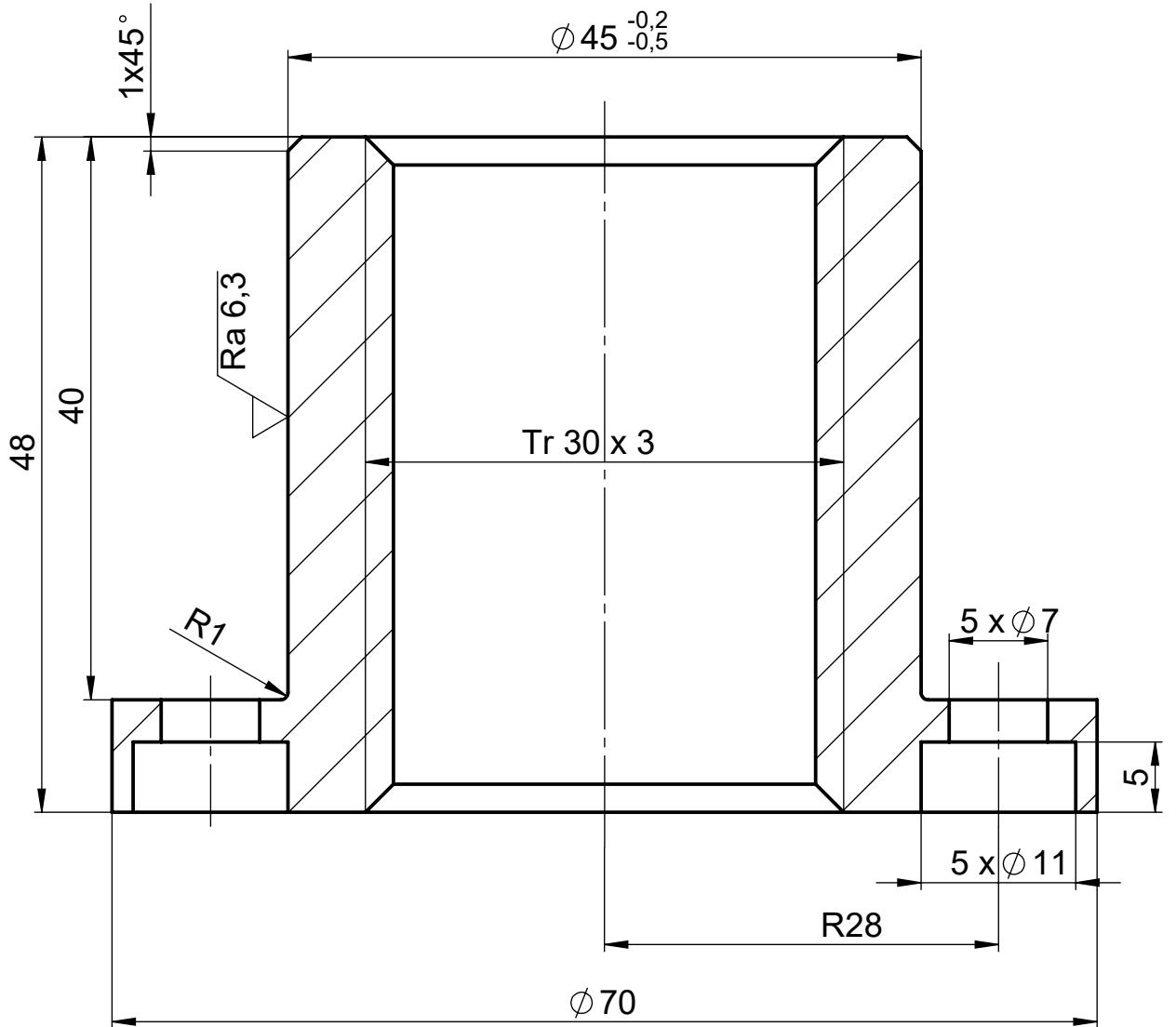



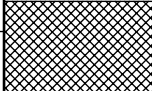

▽ (▽ Ra 12,5)

|                    |                   |                         |                 |              |         |
|--------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|--------------|---------|
| Broj naziva - code | Projektirao       | Datum                   | Ime i prezime   | Potpis       |         |
|                    | Razradio          | 10.9.2022               | Borna Širanović |              |         |
|                    | Crtao             | 10.9.2022               | Borna Širanović |              |         |
|                    | Pregledao         |                         |                 |              |         |
|                    | Mentor            |                         |                 |              |         |
| ISO - tolerancije  | Objekt:           |                         |                 | Objekt broj: |         |
|                    |                   |                         |                 | R. N. broj:  |         |
|                    | Napomena:         |                         |                 |              | Kopija  |
|                    | Materijal:        | S235 JR                 | Masa:           | 2,1 kg       |         |
|                    |                   | Naziv:                  |                 | Pozicija:    |         |
|                    | Mjerilo originala | Lijeva pričvrtna ploča  |                 | 4            |         |
|                    | 1:5               | Crtež broj: SB-ZR-22-04 |                 |              | List: 1 |



Design by CADLab



|                    |                                                                                                                                                                                |           |                 |                      |                                                                                                         |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Broj naziva - code | Projektirao                                                                                                                                                                    | Datum     | Ime i prezime   | Potpis               |  <b>FSB Zagreb</b> |
|                    | Razradio                                                                                                                                                                       | 10.9.2022 | Borna Širanović |                      |                                                                                                         |
|                    | Crtao                                                                                                                                                                          | 10.9.2022 | Borna Širanović |                      |                                                                                                         |
|                    | Pregledao                                                                                                                                                                      |           |                 |                      |                                                                                                         |
|                    |                                                                                                                                                                                |           |                 |                      |                                                                                                         |
| ISO - tolerancije  | Objekt:                                                                                                                                                                        |           |                 | Objekt broj:         |                                                                                                         |
|                    |                                                                                                                                                                                |           |                 | R. N. broj:          |                                                                                                         |
|                    | Napomena:                                                                                                                                                                      |           |                 |                      | Kopija                                                                                                  |
|                    | Materijal:                                                                                                                                                                     | P.CuSn14  | Masa:           | 0,6 kg               |                    |
|                    |   Naziv: |           |                 | Pozicija:            |                                                                                                         |
|                    | Mjerilo originala                                                                                                                                                              |           |                 | Navojna čahura<br>21 |                                                                                                         |
|                    | 2:1                                                                                                                                                                            |           |                 | Crtež broj:          | SB-ZR-2022-21                                                                                           |
|                    |                                                                                                                                                                                |           |                 |                      | List: 1                                                                                                 |