

Zidni granik

Vugrinec, Mateo

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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:235:076275>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mateo Vugrinec

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr.sc. Zvonko Herold, dipl. ing.

Student:

Mateo Vugrinec

Zagreb, 2017.

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

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Zvonku Heroldu na mentorstvu ovog završnog rada, kao i na svim korisnim savjetima i susretljivosti.

Zahvaljujem se i asistentu dr. sc. Matiji Hoiću na svim prijedlozima i uputama prilikom pisanja završnog rada.

I na kraju, zahvaljujem se svojim roditeljima na podršci i razumijevanju tijekom studiranja.

Mateo Vugrinec



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

| | |
|--|--------|
| Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: | |
| Ur.broj: | |

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Mateo VUGRINEC**

Mat. br.: 0035194724

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **ZIDNI GRANIK**

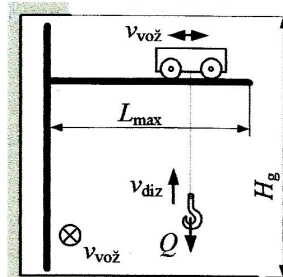
Naslov rada na engleskom jeziku: **WALL CRANE**

Opis zadatka:

Za potrebe budućeg proizvodnog pogona potrebno je projektirati konzolni granik čija je vozna staza vezana uz zid tvorničke hale. Mehanizmi dizanja i vožnje moraju biti pokretani elektromotorima. Granik radi u zaklonjenom prostoru, tj. ne postoji utjecaj vjetrova i/ili snijega. Potrebno je odrediti raspored oslonaca koji će se izvesti u građevinskom dijelu projekta.

Projektne parametre granika:

- Nosivost $Q = 5000 \text{ kg}$
- Najveći dohvat $L_{\max} = 5000 \text{ mm}$
- Visina gornjeg oslonca granika $H_g = 7500 \text{ mm}$
- Brzina dizanja tereta $v_{\text{diz}} = 25 \text{ m/min}$
- Brzina vožnje vitla i granika $v_{\text{vož}} = 28 \text{ m/min}$
- Pogonska grupa 2m



Rad treba sadržavati:

- Uvodno razmatranje o zidnim granicama.
- Nekoliko konceptijskih rješenja.
- Izbor optimalne varijante, uz objašnjenje, za zadane projektne zahtjeve.
- Proračun nosive konstrukcije i izbor standardnih komponenti.
- Konstrukcijsko rješenje za zadane ulazne podatke.
- Sklopni crtež dohvatnika s potrebnim presjecima i detaljima.
- Radioničku dokumentaciju prema dogovoru s mentorom.

Proračun pisati pregledno s pripadajućim skicama, a projekt izvesti u skladu s važećim europskim normama za transportne uređaje. U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

30. studenog 2016.

1. rok: 24. veljače 2017.

1. rok: 27.2. - 03.03. 2017.

2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2017.

2. rok (izvanredni): 30. 06. 2017.

3. rok: 22. rujna 2017.

3. rok: 25.9. - 29. 09. 2017.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zvonko Herold

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

| | |
|--|-----|
| SADRŽAJ | I |
| POPIS SLIKA | III |
| POPIS TABLICA | IV |
| POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE | V |
| POPIS OZNAKA | VI |
| Sažetak: | IX |
| Summary: | X |
| 1. Uvodno razmatranje o zidnim granicama | 1 |
| 2. Nekoliko konceptijskih rješenja | 3 |
| 2.1. Koncept 1 | 3 |
| 2.2. Koncept 2 | 3 |
| 2.3. Koncept 3 | 4 |
| 2.4. Koncept 4 | 4 |
| 3. Izbor optimalne varijante | 5 |
| 4. Proračun nosive konstrukcije i izbor standardnih komponenti | 6 |
| 4.1 Mehanizam za prihvat tereta | 6 |
| 4.1.1 Dimenzioniranje i izbor užeta | 6 |
| 4.1.2 Dimenzioniranje i izbor kuke | 7 |
| 4.1.3 Provjera naprezanja sklopa kuke | 11 |
| 4.1.4 Provjera naprezanja nosača kuke | 14 |
| 4.1.5 Sklop kuke | 15 |
| 4.2 Mehanizam za dizanje | 17 |
| 4.2.1 Sklop bubnja | 17 |
| 4.2.1.1 Osnovne mjere bubnja | 18 |
| 4.2.1.2 Proračun stijenke bubnja | 19 |
| 4.2.1.3 Promjer vratila bubnja | 20 |
| 4.2.1.4 Debljina čelne ploče bubnja | 21 |
| 4.2.1.5 Veza ploče s bubnjem | 21 |
| 4.2.1.6 Veza užeta s bubnjem | 21 |
| 4.2.1.7 Odabir ležaja bubnja | 22 |
| 4.2.2 Elektromotor za dizanje | 23 |
| 4.2.2.1 Snaga elektromotora | 23 |
| 4.2.2.2 Provjera kočnice motora | 25 |
| 4.2.3 Proračun i dimenzioniranje vitla | 26 |
| 4.2.3.1 Proračun kotača vitla | 26 |
| 4.2.3.2 Dimenzioniranje profila okvira vitla | 28 |

| | |
|---|----|
| 4.2.3.3 Odabir motora za vožnju vitla..... | 29 |
| 4.2.3.3.1 Provjera motora obzirom na pokretanje..... | 30 |
| 4.2.3.3.2 Provjera motora obzirom na proklizavanje..... | 31 |
| 4.2.3.3.3 Provjera kočnice motora | 32 |
| 4.3. Proračun i dimenzioniranje nosive konstrukcije..... | 33 |
| 4.3.1 Proračun i dimenzioniranje glavnog nosača | 33 |
| 4.3.1.1 Proračun na savijanje | 33 |
| 4.3.1.2 Proračun krutosti | 34 |
| 4.3.2 Proračun i dimenzioniranje ukrute..... | 35 |
| 4.3.3 Proračun i dimenzioniranje vertikalnog stupa | 37 |
| 4.3.3.1 Proračun na savijanje | 38 |
| 4.3.3.2 Proračun na izvijanje..... | 39 |
| 4.3.4 Proračun i dimenzioniranje gornjeg uzdužnog nosača | 40 |
| 4.3.5 Proračun i dimenzioniranje donjeg uzdužnog nosača..... | 41 |
| 4.3.6 Odabir motora za vožnju granika..... | 44 |
| 4.3.6.1 Provjera motora obzirom na pokretanje..... | 45 |
| 4.3.6.2 Provjera motora obzirom na proklizavanje..... | 45 |
| 4.3.6.3 Provjera kočnice motora | 46 |
| 4.3.7 Provjera čvrstoće svornjaka zglobnih veza..... | 47 |
| 4.3.7.1 Zglobna veza između vertikalnog stupa i glavnog nosača..... | 47 |
| 4.3.7.2 Zglobna veza ukrute sa nosivom konstrukcijom..... | 48 |
| 5. ZAKLJUČAK | 49 |
| 6. LITERATURA..... | 50 |
| 7. PRILOZI | 51 |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Prikaz zidnog granika | 1 |
| Slika 2. Prikaz smjerova gibanja zidnog granika..... | 2 |
| Slika 3. Prikaz koncepta 1 | 3 |
| Slika 4. Prikaz koncepta 2..... | 3 |
| Slika 5. Prikaz koncepta 3..... | 4 |
| Slika 6. Prikaz koncepta 4..... | 4 |
| Slika 7. Skica optimalne varijante | 5 |
| Slika 8. Udvojeni faktorski koloturnik prijenosnog omjera 4/2..... | 6 |
| Slika 9. Uže Seale 6x19 | 7 |
| Slika 10. Oznake mjera jednokrake kuke kovane u kalupu | 8 |
| Slika 11. Obradeni vrat kuke | 8 |
| Slika 12. Ovjes i nosač kuke | 9 |
| Slika 13. Matica teretne kuke..... | 9 |
| Slika 14. Karakteristike ležaja 51110 | 10 |
| Slika 15. Sklop kuke | 11 |
| Slika 16. Zamjenska trapezna površina presjeka kuke | 11 |
| Slika 17. Profil užnice..... | 15 |
| Slika 18. Proračunski model osovine užnice | 15 |
| Slika 19. Dijagrami poprečnih sila i momenata savijanja osovine užnice..... | 16 |
| Slika 20. Karakteristike ležaja 6311-2Z..... | 17 |
| Slika 21. Sklop bubnja | 17 |
| Slika 22. Osnovne mjere i profil žlijeba | 18 |
| Slika 23. Naprezanje elementa stijenke bubnja | 19 |
| Slika 24. Karakteristike ležaja 1317 | 22 |
| Slika 25. Elektromotor za dizanje | 24 |
| Slika 26. Sklop vitla..... | 26 |
| Slika 27. Površine za izračunavanje sila Andreeovom metodom | 26 |
| Slika 28. Karakteristike kotača vitla | 27 |
| Slika 29. Profil okvira vitla | 28 |
| Slika 30. Proračunski model, Q i M dijagram okvira vitla | 28 |
| Slika 31. Karakteristike elektromotora za vožnju..... | 30 |
| Slika 32. Profil glavnog nosača..... | 33 |
| Slika 33. Proračunski model glavnog nosača..... | 33 |
| Slika 34. Model za proračun i dimenzioniranje ukrute..... | 35 |
| Slika 35. Geometrija presjeka ukrute | 36 |
| Slika 36. Profil vertikalnog stupa..... | 37 |
| Slika 37. Proračunski model vertikalnog stupa..... | 38 |
| Slika 38. Profil vertikalnog stupa..... | 40 |
| Slika 39. Proračunski model gornjeg uzdužnog nosača..... | 40 |
| Slika 40. Karakteristike kotača na gornjem uzdužnom nosaču | 41 |
| Slika 41. Profil vertikalnog stupa..... | 41 |
| Slika 42. Proračunski model gornjeg uzdužnog nosača..... | 42 |
| Slika 43. Karakteristike bočnog kotača na donjem uzdužnom nosaču | 43 |
| Slika 44. Karakteristike pogonskog kotača na donjem uzdužnom nosaču | 43 |
| Slika 45. Karakteristike elektromotora za vožnju granika..... | 44 |
| Slika 46. Prikaz geometrije zglobne veze | 47 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|---|
| Tablica 1. Mjere jednokrake kuke broj 4 kovane u kalupu..... | 7 |
| Tablica 2. Mjere obrađenog vrata za kuku broj 4 kovanu u kalupu..... | 8 |
| Tablica 3. Mjere ovjesa i nosača kuke broj 4..... | 8 |
| Tablica 4. Mjere matice teretne kuke broj 4 | 9 |

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

| | |
|-------------|----------------------------|
| MV-01-00 | Zidni granik |
| MV-01-01-01 | Sklop stupa |
| MV-01-01-02 | Sklop glavnog nosača |
| MV-01-01-03 | Sklop ukrute |
| MV-01-02 | Sklop vitla |
| MV-01-03 | Sklop bubnja |
| MV-01-04 | Sklop izravnavajuće užnice |
| MV-01-05 | Sklop kuke |

POPIS OZNAKA

Latinične oznake:

| Oznaka | Mjerna jedinica | Opis oznake |
|-------------|-----------------|--|
| A_j | mm^2 | Površina jezgre vijka |
| c_p | / | Koeficijent pregibanja užeta |
| C | N | Dopušteno dinamičko opterećenje ležaja |
| C_0 | N | Dopušteno statičko opterećenje ležaja |
| C_1 | N | Dinamičko opterećenje ležaja |
| d | mm | Promjer užeta |
| D | mm | Promjer užnice |
| D_b | mm | Promjer bubnja |
| f | / | Faktor ispune užeta |
| f_e | N/kN | Specifični otpor vožnji |
| F | N | Sila u užetu |
| F_n | N | Normalna sila u vijku |
| F_o | N | Težina tereta u točki tereta |
| F_L | N | Računska sila loma |
| F_R | N | Reaktivna sila u osloncima |
| F_U | N | Sila u ukruti |
| F_v | N | Sila potrebna za ustaljenu vožnju |
| g | m/s^2 | Gravitacijska konstanta |
| G_{nos} | kg/m | Masa nosača po metru |
| H | mm | Visina dizanja |
| i_k | / | Prijenosni omjer koloturnika |
| I_{rot} | kgm^2 | Moment inercije rotirajućih masa |
| I_{trans} | kgm^2 | Moment inercije translacijskih masa |
| I_y | mm^4 | Moment inercije presjeka nosača |
| l | mm | Duljina ukrute |
| l_b | mm | Ukupna dužina bubnja |
| l_r | mm | Radna dužina bubnja |
| M_f | Nmm | Moment savijanja |

| | | |
|--------------------|-------------------|---------------------------------------|
| M_{\max} | Nmm | Maksimalni moment savijanja |
| M_k | Nmm | Moment kočenja elektromotora |
| $M_{k\text{potr}}$ | Nmm | Potrebni moment kočenja elektromotora |
| M_{ub} | Nmm | Moment ubrzanja masa |
| M_{po} | Nmm | Moment pokretanja elektromotora |
| n_k | / | Broj kotača |
| n_m | min^{-1} | Broj okretaja u minuti |
| n_p | / | Broj pogonskih kotača |
| p | N/mm^2 | Površinski pritisak |
| P_{diz} | W | Snaga elektromotora za dizanje |
| P_{voz} | W | Snaga elektromotora za vožnju |
| P_{0a} | N | Aksijalno statičko opterećenje ležaja |
| q | N/m | Kontinuirano opterećenje |
| Q | kg | Masa tereta |
| Q_t | t | Masa tereta u tonama |
| R_e | N/mm^2 | Granica tečenja |
| R_m | N/mm^2 | Vlačna čvrstoća |
| s | mm | Debljina nosivog lima |
| S | / | Faktor sigurnosti |
| s_0 | / | Statički faktor sigurnosti ležaja |
| t_k | s | Vrijeme kočenja elektromotora |
| t_p | s | Vrijeme pokretanja elektromotora |
| v_{diz} | m/min | Brzina dizanja tereta |
| v_n | / | Nazivni faktor sigurnosti |
| w | mm | Ukupni progib nosača |
| w_{dop} | mm | Dopušteni progib granika |
| w_M | mm | Progib nosača zbog savijanja |
| W | mm^3 | Moment otpora presjeka |
| W_b | mm^3 | Moment otpora presjeka bubnja |
| W_v | N | Otpori vožnje |
| W_y | mm^3 | Moment otpora presjeka nosača |
| z | / | Broj vijaka |

Grčke oznake:

| Oznaka | Mjerna jedinica | Opis oznake |
|--------------------|--------------------|--|
| α | $^{\circ}$ | Kut zavješanja tereta |
| β | / | Faktor utjecaja rotacijskih masa |
| δ | mm | Debljina stijenke bubnja |
| ε_{EM} | rad/s ² | Kutno ubrzanje elektromotora |
| η_0 | / | Iskoristivost užnica na valjnim ležajevima |
| η_u | / | Stupanj djelovanja koloturnika |
| φ | $^{\circ}$ | Kut između ukrute i glavnog nosača |
| λ | / | Vitkost štapa |
| ρ | mm | Radius zakrivljenosti presjeka kuke |
| σ_d | N/mm ² | Dopušteno naprezanja vrata kuke |
| σ_{dop} | N/mm ² | Dopušteno naprezanje |
| σ_f | N/mm ² | Svojno naprezanje |
| σ_{fDN} | N/mm ² | Dopušteno svojno dinamičko izmjenično naprezanje |
| σ_k | N/mm ² | Najveće naprezanje kod izvijanja |
| σ_{φ} | N/mm ² | Cirkularno naprezanje |
| σ_{max} | N/mm ² | Maksimalno naprezanje |
| σ_{vr} | N/mm ² | Vlačno naprezanje u vratu kuke |
| σ_x | N/mm ² | Naprezanje u smjeru osi x |
| τ_n | N/mm ² | Smično naprezanje svornjaka |
| τ_n | N/mm ² | Smično naprezanje u vratu kuke |
| ω_{EM} | rad/s | Kutna brzina elektromotora |

Sažetak:

U ovom završnom radu su ukratko razmotreni zidni granici i njihove osnovne karakteristike, te njihov način rada. Nakon toga je napravljen proračun i odabir standardnih komponenti za mehanizme za prihvat i dizanje tereta, kao i mehanizma za vožnju vitla. Slijedi proračun čvrstoće, krutosti i stabilnosti nosive konstrukcije zidnog granika i proračun zavara na kritičnim mjestima. Na kraju je u programskom paketu SolidWorks napravljena tehnička dokumentacija koja se sastoji od glavnog sklopnog crteža, sklopnih crteža podsklopova i crteža nestandardnih dijelova.

Ključne riječi: zidni granik, vitlo, nosiva konstrukcija

Summary:

In this thesis wall cranes will be elaborated, along with their basic characteristics and their working conditions. After that calculations and choice of standard components are made for mechanisms for accepting and lifting the load, along with mechanism for driving the winch. Next is calculation of strength, rigidity and stability of the wall crane bearing structure and calculation of the weldings on critical places. At the end there is technical documentation created in SolidWorks, that consists of global assembly drawing, subassembly drawings and drawings of non-standard components.

Key words: wall crane, winch, bearing construction

1. Uvodno razmatranje o zidnim granicima

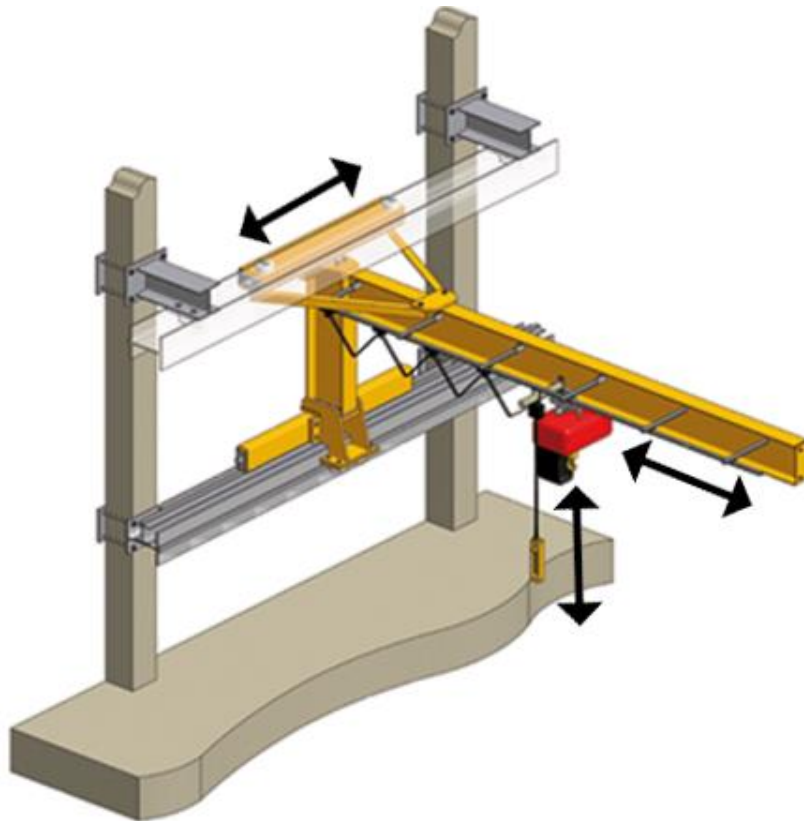
Granici kao transportna tehnika spadaju u kategoriju unutrašnjeg transporta, odnosno ubrajaju se u dobavnu tehniku. Dobavna tehnika definira se kao premještanje robe u proizvoljnom smjeru i na ograničenim udaljenostima. Kod granika teret se diže, spušta i horizontalno prenosi od jedne to druge točke. Po vrsti dobave svrstavaju se u sredstva prekidne dobave, što znači da se dobava odvija u radnim ciklusima. Svaki ciklus se sastoji od zahvata, prijenosa i odlaganja robe. Specifičnost granika je to što imaju tri ili više pogonskih mehanizama.



Slika 1. Prikaz zidnog granika

Zidni granici su jedna od vrsta granika. Specifični su po tome što je jedan kraj konzole, koja služi kao staza za vožnju vitla, pričvršćen na zid, pa sam granik ne zauzima podni prostor. Kotači zidnog granika kreću se po tračnicama koje se nalaze na zidu, a pokretani su elektromotorima. Glavnu primjenu zidni granici pronalaze u proizvodnim pogonima, gdje služe za podizanje i okretanje, odnosno premještanje tereta velikih masa između različitih radnih stanica, pa time štede vrijeme koje bi se inače trošilo na navedene radnje.

Teret se može pomicati u sva tri smjera, što je postignuto namatanjem užeta ili lanca na bubanj, vožnjom vitla po konzolnoj stazi i vožnjom cjelokupne konstrukcije zidnog granika po voznoj stazi. Osnovna prednost im je to što su relativno jeftini i kompaktni, pa zauzimaju malo prostora i mogu se postaviti i u uskim prostorima ili prostorima s vrlo niskim stropom, gdje bi se druge vrste granika teže postavile.

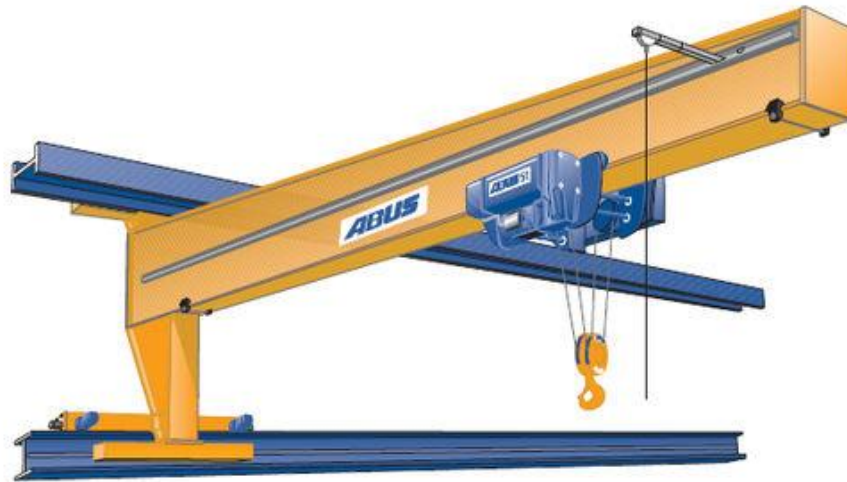


Slika 2. Prikaz smjerova gibanja zidnog granika

2. Nekoliko konceptijskih rješenja

2.1. Koncept 1

Zidno-montirani granik tvrtke Abus putuje po zidu pomoću tri para kotača, od kojih su dva pogonska. Glavni nosač izveden je kao konzola, čiji profil je u izveden zavarenoj izvedbi u obliku I profila. Nosivi stup je relativno nizak, a sustav koloturnika je udvojen. Sklop vitla se kreće po donjem dijelu konzolnog nosača.



Slika 3. Prikaz koncepta 1

2.2. Koncept 2

Ovaj granik montiran je na stupu izveden je kao konzola čiji profil je I profil u izveden u zavarenoj izvedbi. Ima mogućnost samo rotacije oko osi vertikalnog stupa, koja je izvedena pomoću zupčanika. Vitlo se vozi po donjem dijelu konzolnog nosača kao i kod prethodnog koncepta. Pričvršćen je za tlo prirubnom vezom sa 8 vijaka.



Slika 4. Prikaz koncepta 2

2.3. Koncept 3

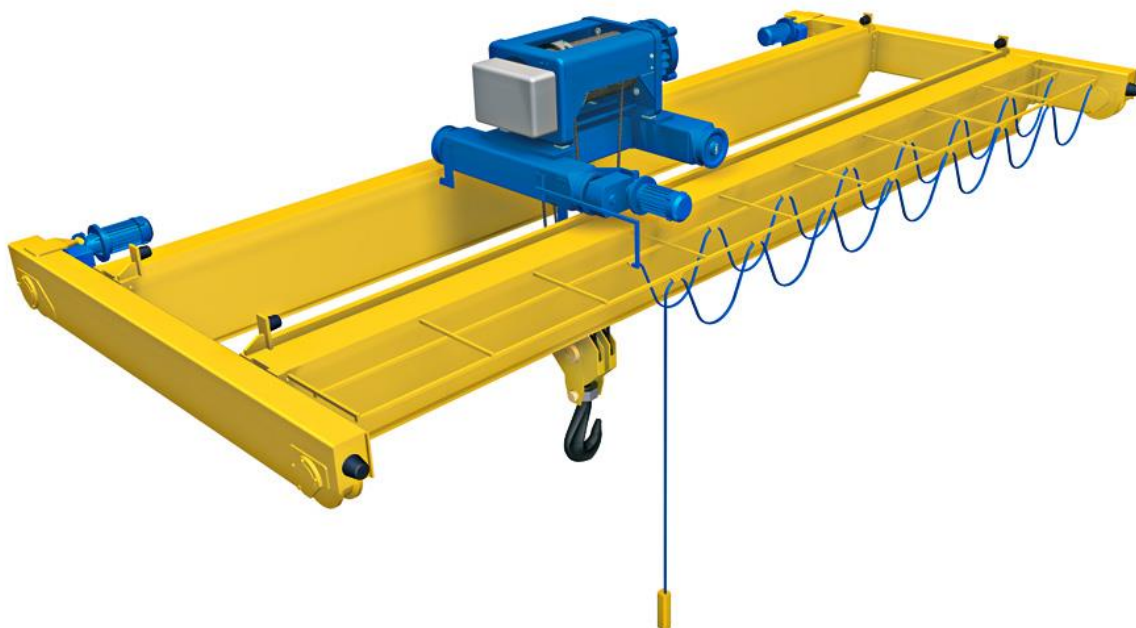
Kod ovog granika je specifično to što mu je profil konzolnog nosača standardni I profil, po kojem putuju dva vitla. Predviđen je za korištenje kod dizanja manjih tereta. Ima mogućnost vožnje po zidu pomoću tri para kotača. Da bi se osigurala krutost, ojačan je ukrutom koja je zglobno vezana na kraj konzolnog nosača i na vrh granika.



Slika 5. Prikaz koncepta 3

2.4. Koncept 4

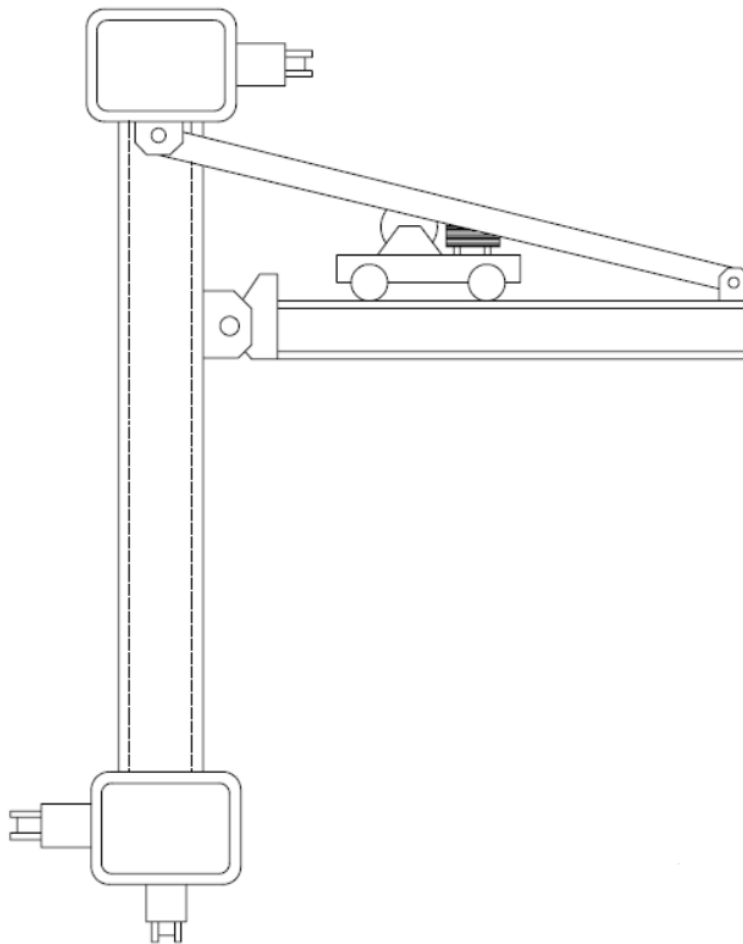
Mosni granik je karakterističan po tome što se sklop vitla vozi po mostu. Most je pričvršćen na dva uzdužna kutijasta profila, dok sam most čine dva I profila. Granik ima mogućnost vožnje mosta, što se postiže elektromotorima koji pogone dva pogonska kotača, od ukupno četiri.



Slika 6. Prikaz koncepta 4

3. Izbor optimalne varijante

Budući da nijedan koncept od navedenih ne zadovoljava u potpunosti tražene zahtjeve ovog završnog zadatka, konačno rješenje će biti izvedeno kao kombinacija navedenih koncepata. Glavni nosač bit će sastavljen od dva standardna UPE profila, da bi se poboljšala čvrstoća granika. Vitlo će se voziti po tom nosaču i bit će izrađeno od standardnih UPE profila i oslonjeno na 4 kotača. Sustav koloturnika za podizanje bit će izveden kao udvojeni, prijenosnog omjera 4/2, što osigurava da se teret ne pomiče kod namatanja užeta na bubanj, a i cijela izvedba će biti kompaktnije zato što se smanjuje sila u užetu kod takvog sustava koloturnika. Da bi se osigurala krutost propisana normom, odnosno da se zadovolji dopušteni progib glavnog nosača, dodat će se ukruta koja će biti zglobno vezana, čime dobivamo statički određeni problem. Vertikalni stup koji čini nosivu konstrukciju bit će izrađen od dva kvadratna kutijasta profila, zavarena za uzdužne kutijaste profile nešto većih dimenzija na koje će se montirati kotači gornjeg i donjih oslonaca.

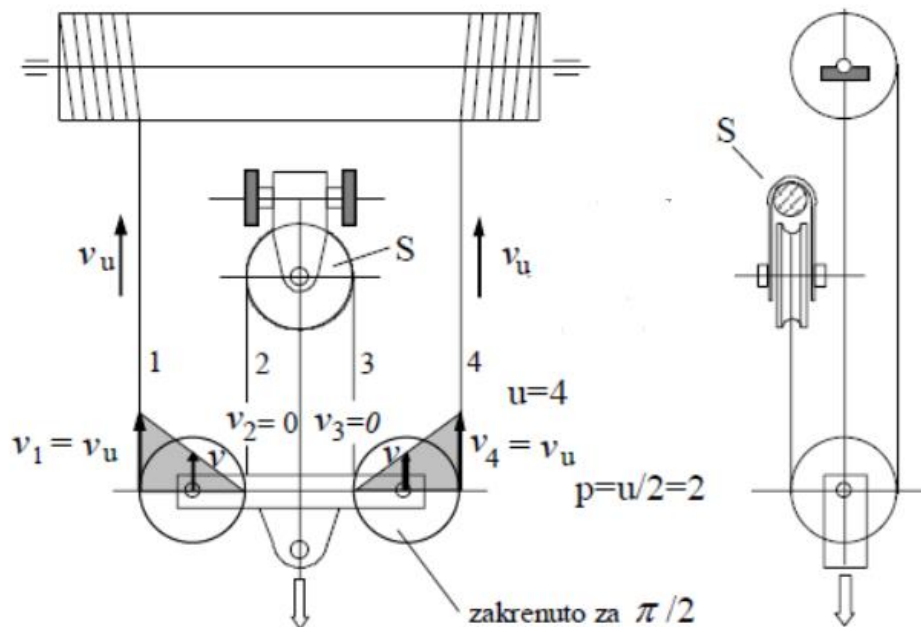


Slika 7. Skica optimalne varijante

4. Proračun nosive konstrukcije i izbor standardnih komponenti

4.1 Mehanizam za prihvat tereta

4.1.1 Dimenzioniranje i izbor užeta



Slika 8. Udvojeni faktorski koloturnik prijenosnog omjera 4/2

Stupanj djelovanja koloturnika iznosi:

$$\eta_u = \frac{1}{i_k} \cdot \frac{1 - \eta_0^{i_k}}{1 - \eta_0} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1 - 0,98^2}{1 - 0,98} = 0,99$$

gdje je $i_k = 2$ za udvojeni faktorski koloturnik prijenosnog omjera 4/2, a $\eta_0 = 0,98$ iskoristivost užnica za valjne ležajeve.

Maksimalna sila u užetu iznosi:

$$F = \frac{Q \cdot g}{i_k \cdot \eta_u} = \frac{5000 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,99} = 24772,72 \text{ N}$$

Računska sila loma iznosi:

$$F_L = S \cdot F = 4,5 \cdot 24772,72 = 111477,27 \text{ N}$$

gdje je faktor sigurnosti $S = 4,5$, prema [1], str. 101.

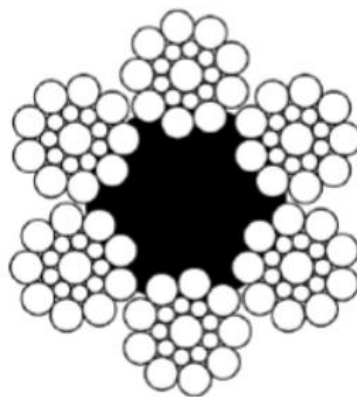
Promjer užeta iznosi:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_L}{f \cdot \pi \cdot R_m}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 111477,27}{0,49 \cdot \pi \cdot 1570}} = 13,58 \text{ mm}$$

gdje je faktor ispune $f = 0,49$ za paralelno pleteno uže Seale 6x19 DIN 3058, a lomna čvrstoća žice $R_m = 1570 \text{ N/mm}^2$, prema [1], str. 102.

Oznaka užeta:

14 DIN 3058 - VJ - g - 1570 - sZ



Slika 9. Uže Seale 6x19

4.1.2 Dimenzioniranje i izbor kuke

Broj kuke iznosi:

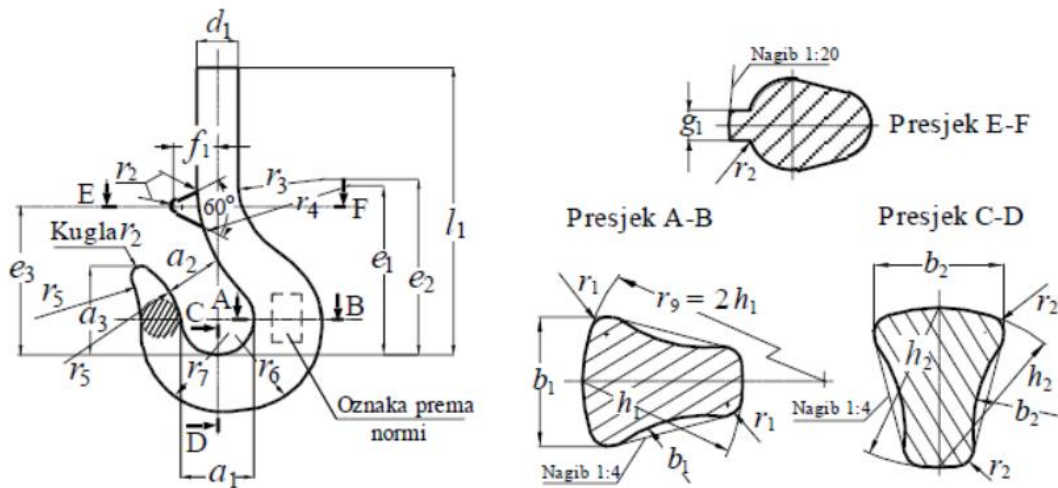
$$HN \geq v_n \cdot \frac{Q_t \cdot g}{R_e} \geq 2 \cdot \frac{5 \cdot 9,81}{31,5} \geq 3,11$$

gdje je Q_t nosivost u tonama, $v_n = 2$ nazivni faktor sigurnosti, a $R_e = 31,5 \text{ kN/cm}^2$ granica tečenja za materijal StE355, prema [1], str. 113.

Odabrana je kuka $HN = 4$, sljedećih karakteristika:

Tablica 1. Mjere jednokrake kuke broj 4 kovane u kalupu

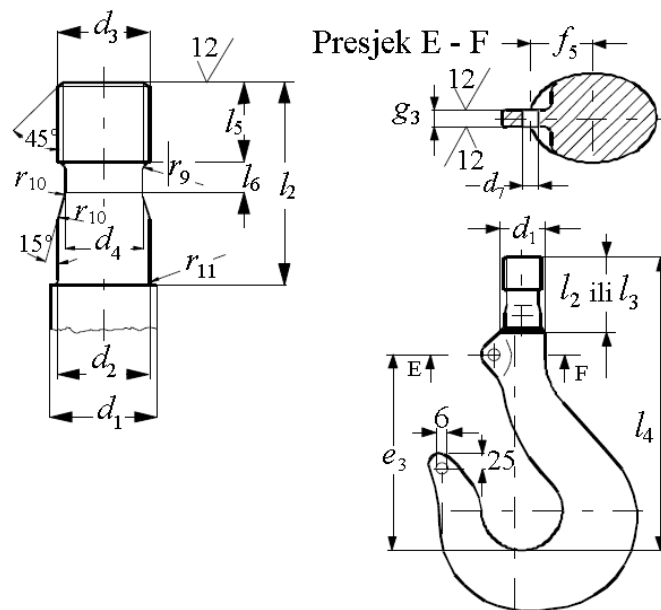
| Broj kuke | a_1 | a_2 | a_3 | b_1 | b_2 | d_1 | Navoj kuke | e_1 | e_2 | e_3 | h_1 | h_2 | l_1 | f_1 | g_1 | r_1 | r_2 | r_3 | r_4 | r_5 | r_6 | r_7 | Masa ≈ kg |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| 4 | 71 | 56 | 80 | 63 | 53 | 48 | M 42 | 172 | 190 | 148 | 80 | 67 | 285 | 45 | 16 | 8 | 12 | 71 | 150 | 150 | 103 | 90 | 8,8 |



Slika 10. Oznake mjera jednokrake kuke kovane u kalupu

Tablica 2. Mjere obrađenog vrata za kuku broj 4 kovanu u kalupu

| Broj kuke | d_1 | d_2 h11 | Navoj $d_3, c11$ | d_4 | d_5 c11 | d_7 | e_3 | f_4 | l_2 | l_3 | l_4 | l_5 | l_6 | l_7 | r_9 | r_{10} | r_{11} |
|-----------|-------|--------------|---------------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 4 | 48 | 42 | M 42 | 35,5 | - | 10,2 | 148 | 33 | 93 | - | 281,5 | 36 | 15 | - | 3 | 10 | 3 |

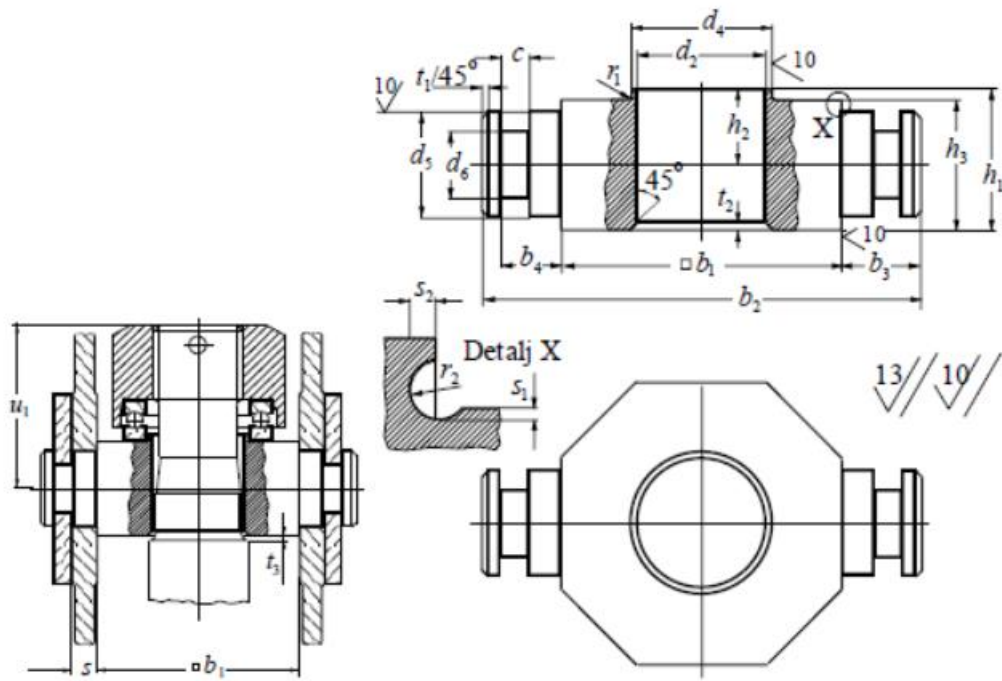


Slika 11. Obrađeni vrat kuke

Pripadajući nosač kuke odabran je prema [1], str 123.

Tablica 3. Mjere ovjesa i nosača kuke broj 4

| Broj kuke | b_1 | b_2 | b_3 | b_4 | c | d_2 | d_4 j6 | d_5 h9 | d_6 | h_1 | h_2 | h_3 h11 | r_1 max | r_2 | s | s_1 | s_2 | t_1 | t_2 | t_3 max | u_1 | Ležaj |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------------|-------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|--------|
| 4 | 90 | 140 | 25 | 19 | 8 | 43 | 50 | 35 | 23 | 45 | 24 | 42 | 0,6 | 1,6 | 12 | 0,5 | 1,2 | 3 | 2 | 1 | 71 | 511 10 |

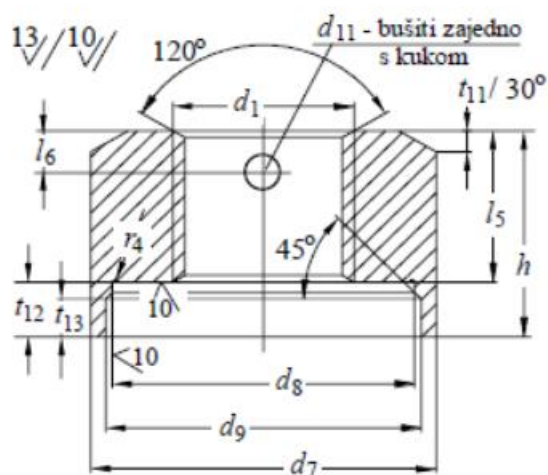


Slika 12. Ovjes i nosač kuke

Pripadajuća matica teretne kuke odabrana je prema [1], str. 124.

Tablica 4. Mjere matice teretne kuke broj 4

| Broj kuke | Navoj d_1 | d_7 | d_8 E9 | d_9 | d_{11} H12 | h | l_5 | l_6 | r_4 | t_{11} | t_{12} | t_{13} |
|-----------|-------------|-------|----------|-------|--------------|-----|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| 4 | M 42 | 80 | 70 | 73 | 10 | 49 | 36 | 12 | 0,6 | 5 | 13 | 9 |



Slika 13. Matica teretne kuke

Provjera ležaja 51110 preko statičkog opterećenja, prema [4].

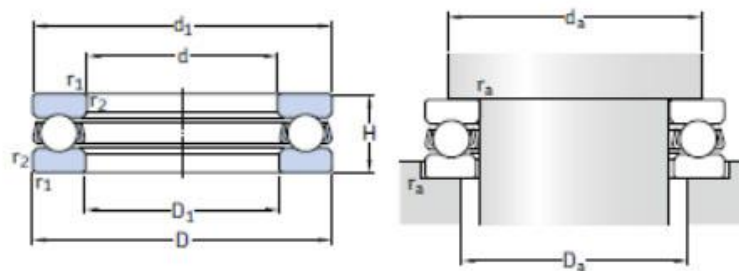
$$P_{0a} = Q \cdot g = 5000 \cdot 9,81 = 49050 \text{ N}$$

$$C_o = 75000 \text{ N}$$

$$s_0 = \frac{C_o}{P_{0a}} = \frac{75000}{49050} = 1,529 > s_{0min} = 1 \dots 1,5$$

ZADOVOLJAVA

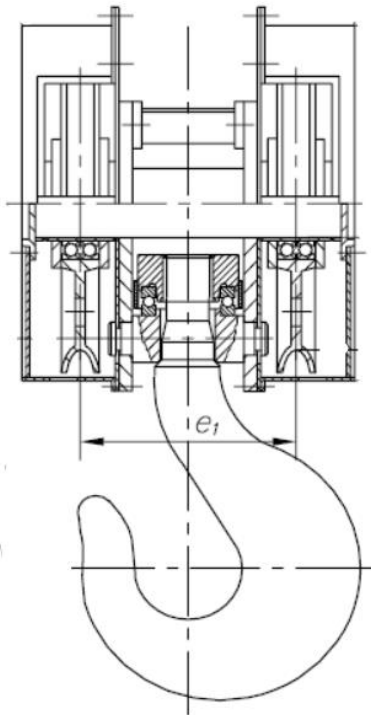
Karakteristike ležaja 51110, prema [4].



| Principal dimensions | | | Basic load ratings | | Fatigue load limit | Minimum load factor | Speed ratings | | Mass | Designation |
|----------------------|----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|------|--------------|
| d | D | H | C | C ₀ | P _u | A | Reference speed | Limiting speed | | |
| mm | | | kN | | kN | - | r/min | | kg | - |
| 50 | 70 | 14 | 27 | 75 | 2,8 | 0,029 | 4 300 | 6 300 | 0,16 | 51110 |
| Dimensions | | | | Abutment and fillet dimensions | | | | | | |
| d | d ₁ | D ₁ | r _{1,2} min. | d _a min. | D _a max. | r _a max. | | | | |
| mm | | | | mm | | | | | | |
| 50 | 70 | 52 | 0,6 | 62 | 58 | 0,6 | | | | |

Slika 14. Karakteristike ležaja 51110

4.1.3 Provjera naprezanja sklopa kuke



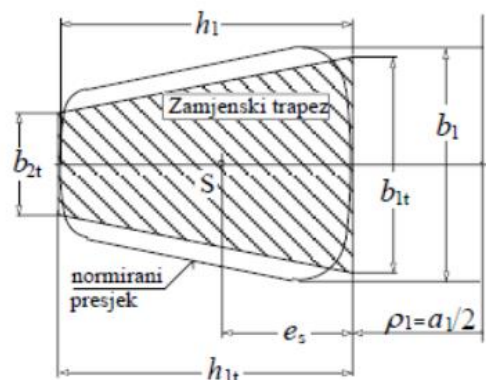
Slika 15. Sklop kuke

Dopuštena naprezanja:

$$\sigma_{d1} = \frac{R_e}{v_n} = \frac{315}{2} = 157,5 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{d2} = \frac{R_e}{2,5 \cdot v_n} = \frac{315}{2,5 \cdot 2} = 63 \frac{N}{mm^2}$$

Normirani presjeci kuke mijenjaju se trapeznim presjekom kojim se može dovoljno točno provjeriti naprezanje.



Slika 16. Zamjenska trapezna površina presjeka kuke

Kontrola naprezanja u presjeku A-B:

$$b_{1t} = 0,932 \cdot b_1 = 0,932 \cdot 63 = 58,716 \text{ mm}$$

$$b_{2t} = 0,43 \cdot b_1 = 0,43 \cdot 63 = 27,09 \text{ mm}$$

$$h_{1t} = h_1 = 80 \text{ mm}$$

$$A_t = \frac{b_{1t} + b_{2t}}{2} \cdot h_1 = \frac{58,716 + 27,09}{2} \cdot 80 = 3432,24 \text{ mm}^2$$

Unutrašnji i vanjski polumjeri zakrivljenosti:

$$\rho_1 = \frac{a_1}{2} = \frac{71}{2} = 35,5 \text{ mm}$$

$$\rho_2 = \rho_1 + h_1 = 35,5 + 80 = 115,5 \text{ mm}$$

Položaj središta presjeka:

$$e_s = \frac{h_1}{3} \cdot \frac{b_{1t} + 2 \cdot b_{2t}}{b_{1t} + b_{2t}} = \frac{80}{3} \cdot \frac{58,716 + 2 \cdot 27,09}{58,716 + 27,09} = 35,09 \text{ mm}$$

Polumjer zakrivljenosti štapa, kroz težište presjeka:

$$r_s = \rho_1 + e_s = 35,5 + 35,09 = 70,59 \text{ mm}$$

Položaj neutralne linije za trapez:

$$r_n = \frac{h_1}{2} \cdot \frac{1 + \frac{b_{2t}}{b_{1t}}}{\frac{\rho_2 - b_{2t}}{\rho_1 - b_{1t}} \cdot \ln\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right) + \frac{b_{2t}}{b_{1t}} - 1} = \frac{80}{2} \cdot \frac{1 + \frac{27,09}{58,716}}{\frac{115,5 - 27,09}{35,5 - 58,716} \cdot \ln\left(\frac{115,5}{35,5}\right) + \frac{27,09}{58,716} - 1} = 63,33 \text{ mm}$$

$$F_n = Q \cdot g = 5000 \cdot 9,81 = 49050 \text{ N}$$

$$\sigma_1 = \frac{F_n}{A_t} \cdot \frac{\frac{r_s}{\rho_1} - 1}{\frac{r_s}{r_n} - 1} = \frac{49050}{3432,24} \cdot \frac{\frac{70,59}{35,5} - 1}{\frac{70,59}{63,33} - 1} = 123,22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{d1} = 157,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{F_n}{A_t} \cdot \frac{\frac{r_s}{\rho_2} - 1}{\frac{r_s}{r_n} - 1} = \frac{49050}{3432,24} \cdot \frac{\frac{70,59}{115,5} - 1}{\frac{70,59}{63,33} - 1} = -48,47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{d2} = 63 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

Kontrola naprezanja u presjeku C-D:

$$b_{1t} = 0,932 \cdot b_2 = 0,932 \cdot 53 = 49,396 \text{ mm}$$

$$b_{2t} = 0,43 \cdot b_2 = 0,43 \cdot 53 = 22,79 \text{ mm}$$

$$h_{1t} = h_2 = 67 \text{ mm}$$

$$A_t = \frac{b_{1t} + b_{2t}}{2} \cdot h_2 = \frac{49,396 + 22,79}{2} \cdot 67 = 2418,23 \text{ mm}^2$$

Unutrašnji i vanjski polumjeri zakrivljenosti:

$$\rho_1 = \frac{a_1}{2} = \frac{71}{2} = 35,5 \text{ mm}$$

$$\rho_2 = \rho_1 + h_2 = 35,5 + 67 = 102,5 \text{ mm}$$

Položaj središta presjeka:

$$e_s = \frac{h_2}{3} \cdot \frac{b_{1t} + 2 \cdot b_{2t}}{b_{1t} + b_{2t}} = \frac{67}{3} \cdot \frac{49,396 + 2 \cdot 22,79}{49,396 + 22,79} = 29,38 \text{ mm}$$

Polumjer zakrivljenosti štapa, kroz težište presjeka:

$$r_s = \rho_1 + e_s = 35,5 + 29,38 = 64,88 \text{ mm}$$

Položaj neutralne linije za trapez:

$$r_n = \frac{h_2}{2} \cdot \frac{1 + \frac{b_{2t}}{b_{1t}}}{\frac{\rho_2 - b_{2t}}{\rho_1 - b_{1t}} \cdot \ln\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right) + \frac{b_{2t}}{b_{1t}} - 1} = \frac{67}{2} \cdot \frac{1 + \frac{22,79}{49,396}}{\frac{102,5 - 22,79}{35,5 - 49,396} \cdot \ln\left(\frac{102,5}{35,5}\right) + \frac{22,79}{49,396} - 1} = 59,39 \text{ mm}$$

$$F_n = \frac{Q \cdot g}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{5000 \cdot 9,81}{2} \cdot \operatorname{tg} 45^\circ = 24525 \text{ N}$$

gdje je $\alpha = 45^\circ$ maksimalni kut zavješnja.

$$\sigma_1 = \frac{F_n}{A_t} \cdot \frac{\frac{r_s}{\rho_1} - 1}{\frac{r_s}{r_n} - 1} = \frac{24525}{2418,23} \cdot \frac{\frac{64,88}{35,5} - 1}{\frac{64,88}{59,39} - 1} = 90,79 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{d1} = 157,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{F_n}{A_t} \cdot \frac{\frac{r_s}{\rho_2} - 1}{\frac{r_s}{r_n} - 1} = \frac{24525}{2418,23} \cdot \frac{\frac{64,88}{115,5} - 1}{\frac{64,88}{59,39} - 1} = -48,08 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{d2} = 63 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

Kontrola naprezanja na najmanjem promjeru vrata kuke:

$$d_4 = 35,5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{vr} = \frac{4 \cdot Q \cdot g}{\pi \cdot d_4^2} < \frac{R_e}{2,2 \cdot v_n}$$

$$\sigma_{vr} = \frac{4 \cdot 5000 \cdot 9,81}{\pi \cdot 35,5^2} = 49,56 \frac{N}{mm^2} < \frac{315}{2,2 \cdot 2} = 71,59 \frac{N}{mm^2}$$

ZADOVOLJAVA

Kontrola smičnog naprezanja u donjem navoju kuke:

$$\tau_n = \frac{Q \cdot g}{\pi \cdot d_5 \cdot h_3} \leq \frac{R_e}{1,25 \cdot v_n}$$

$$\tau_n = \frac{5000 \cdot 9,81}{\pi \cdot 37,066 \cdot 4,5} = 93,61 \frac{N}{mm^2} \leq \frac{315}{1,25 \cdot 2} = 126 \frac{N}{mm^2}$$

ZADOVOLJAVA

gdje je uspon navoja $h_3 = 4,5$ mm, a najmanji promjer navoja kuke $d_5 = 37,066$ mm.

4.1.4 Provjera naprezanja nosača kuke

Maksimalni moment savijanja:

$$M_{max} = \frac{Q \cdot g \cdot l}{4} = \frac{5000 \cdot 9,81 \cdot 101}{4} = 1238512,5 \text{ Nmm}$$

gdje je l razmak između oslonaca:

$$l = b_1 + b_4 - c = 90 + 19 - 8 = 101 \text{ mm}$$

a W moment otpora:

$$W = \frac{h_3^2}{6} \cdot (b_1 - d_2) = \frac{42^2}{6} \cdot (90 - 43) = 13818 \text{ mm}^3$$

Maksimalno naprezanje iznosi:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = \frac{1238512,5}{13818} = 89,63 \frac{N}{mm^2} < \sigma_{dop} = 80 \dots 120 \frac{N}{mm^2}$$

ZADOVOLJAVA

Provjera površinskog pritiska nosivih limova:

Debljina nosivog lima:

$$s = b_4 - c + 1 = 19 - 8 + 1 = 12 \text{ mm}$$

Površinski pritisak između nosivih limova i nosača kuke:

$$p = \frac{Q \cdot g}{2 \cdot d_5 \cdot s} = \frac{5000 \cdot 9,81}{2 \cdot 35 \cdot 12} = 58,39 \frac{N}{mm^2} \leq p_{dop} = 80 \dots 120 \text{ N/mm}^2$$

ZADOVOLJAVA

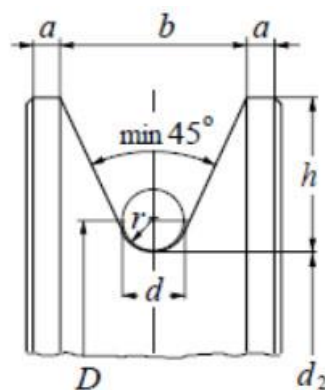
4.1.5 Sklop kuke

Promjer užnice određuje se prema:

$$D \geq \left(\frac{D}{d}\right)_{\min} \cdot c_p \cdot d = 20 \cdot 1 \cdot 14 = 280 \text{ mm}$$

gdje je $\left(\frac{D}{d}\right)_{\min} = 20$ minimalni dozvoljeni odnos za pogonsku grupu 2_m i $c_p = 1$ koeficijent pregibanja užeta prema [1], str. 103.

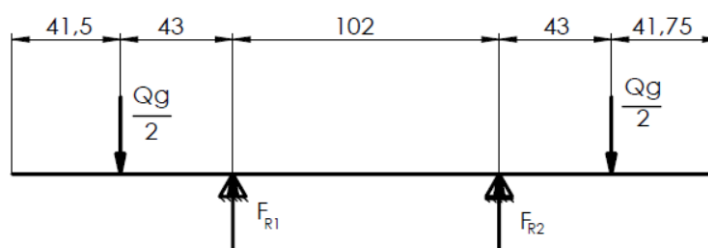
Odabran je standardni promjer užnice $D = d_2 = 280 \text{ mm}$ i pripadajući promjer osovine užnice $d_1 = 55 \text{ mm}$.



| r | d | h | b | a |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 6,5 | 12 | 20 | 25 | 5 |

Slika 17. Profil užnice

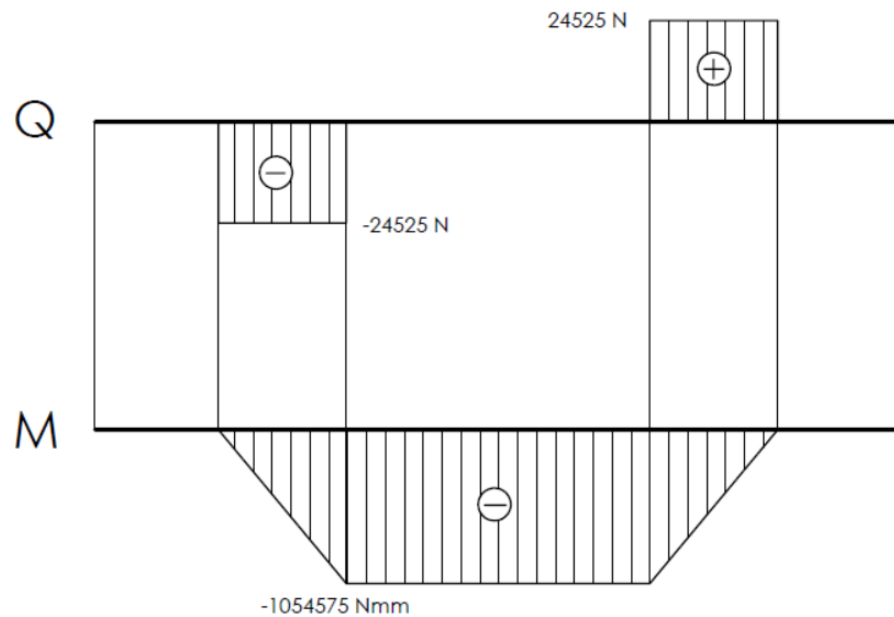
Provjera nosivosti osovine užnice:



Slika 18. Proračunski model osovine užnice

Sile u osloncima:

$$F_{R1} = F_{R2} = \frac{Q \cdot g}{2} = \frac{5000 \cdot 9,81}{2} = 24525 \text{ N}$$



Slika 19. Dijagrami poprečnih sila i momenata savijanja osovine užnice

Maksimalni moment savijanja:

$$M_{max} = 1054575 \text{ Nmm}$$

Moment otpora:

$$W_0 = \frac{\pi \cdot d_5^3}{32} = \frac{\pi \cdot 55^3}{32} = 16333,83 \text{ mm}^3$$

Maksimalni naprezanje:

$$\sigma = \frac{M}{W_0} = \frac{1054575}{16333,83} = 64,56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{dop} = 80 \dots 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

Površinski pritisak između nosivih limova i osovine užnice:

$$p = \frac{Q \cdot g}{2 \cdot s \cdot d_5} = \frac{5000 \cdot 9,81}{2 \cdot 12 \cdot 55} = 37,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < p_{dop} = 100 \dots 150 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

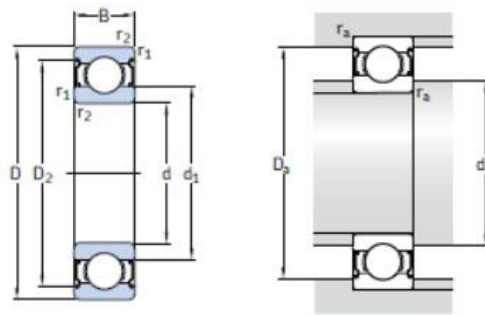
ZADOVOLJAVA

Provjera ležaja užnica 6311-2Z, odabranog prema [4]:

$$C_1 = F \cdot \left(\frac{60 \cdot n_m \cdot L_{10hmin}}{10^6} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} = 24772 \cdot \left(\frac{60 \cdot 37,14 \cdot 6000}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 58797 \text{ N} < C = 74100 \text{ N}$$

$$n_m = \frac{v_{diz}}{\pi \cdot d_2} = \frac{28}{\pi \cdot 0,24} = 37,14 \text{ min}^{-1}$$

ZADOVOLJAVA

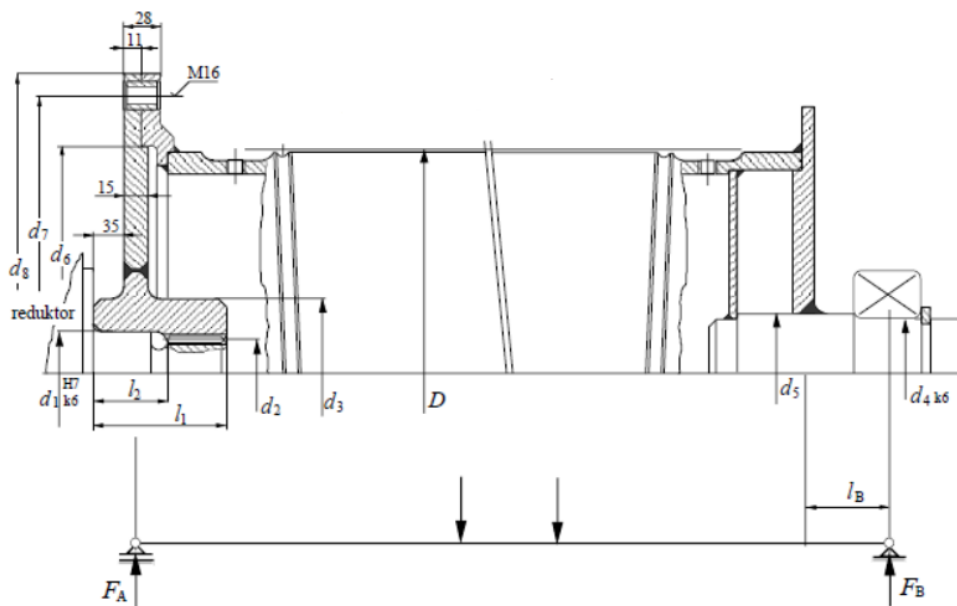


| Principal dimensions | | | Basic load ratings | | Fatigue load limit | Speed ratings | | Mass | Designations | |
|----------------------|----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|----------|
| d | D | B | dynamic | static | | Reference speed | Limiting speed ¹⁾ | | Bearing capped on both sides | one side |
| mm | | | kN | | kN | r/min | kg | - | | |
| 55 | 120 | 29 | 74.1 | 45 | 1.9 | 12 000 | 6 300 | 1.4 | * 6311-2Z | * 6311-Z |
| Dimensions | | | | Abutment and fillet dimensions | | | | Calculation factors | | |
| d | d ₁ | D ₂ | r _{1,2} min. | d _a min. | d _a max. | D _a max. | r _a max. | k _r | f ₀ | |
| mm | | | | mm | | | | - | | |
| 55 | 75.3 | 104 | 2 | 66 | 75.2 | 109 | 2 | 0.03 | 13 | |

Slika 20. Karakteristike ležaja 6311-2Z

4.2 Mehanizam za dizanje

4.2.1 Sklop bubnja



Slika 21. Sklop bubnja

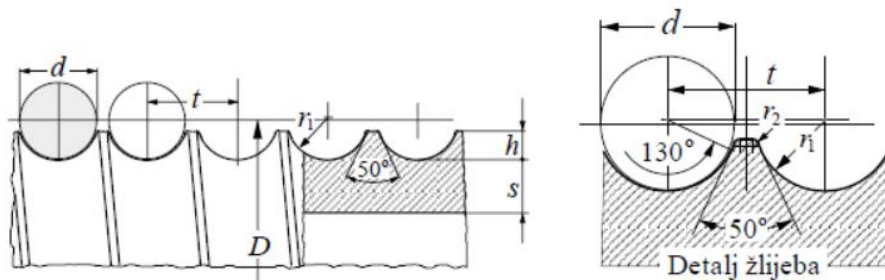
4.2.1.1 Osnovne mjere bubnja

Promjer bubnja određuje se prema:

$$D_b \geq \left(\frac{D}{d}\right)_{\min} \cdot c_p \cdot d = 18 \cdot 1 \cdot 14 = 252 \text{ mm}$$

gdje je $\left(\frac{D}{d}\right)_{\min} = 18$ minimalni dozvoljeni odnos za pogonsku grupu 2_m i $c_p = 1$ koeficijent pregibanja užeta prema [1], str. 103.

Odabrana je čelična bešavna cijev $D_b = 355,6 \text{ mm}$, $\delta = 16 \text{ mm}$, prema [3], str. 490.



Slika 22. Osnovne mjere i profil žlijeba

$$0,375 \cdot d \leq h \leq 0,4 \cdot d$$

$$5,25 \leq h \leq 5,6$$

$$h = 5,5 \text{ mm}$$

$$r_1 = 0,53 \cdot d = 0,53 \cdot 14 = 7,42 \text{ mm} \approx 7,5 \text{ mm}$$

$$t \cong 1,15 \cdot d = 1,15 \cdot 14 = 16,1 \text{ mm} \approx 16 \text{ mm}$$

$$r_2 = 0,8 \text{ mm}, \text{ za promjer užeta } 14 \text{ mm}.$$

Radna dužina bubnja određuje se prema:

$$l_r = \frac{p \cdot H}{D \cdot \pi} \cdot t = \frac{2 \cdot 5000}{355,6 \cdot \pi} \cdot 16 = 143,22 \text{ mm}$$

gdje je $H = 5 \text{ m}$ visina dizanja tereta.

Ukupna dužina dvoužetnog bubnja određuje se prema:

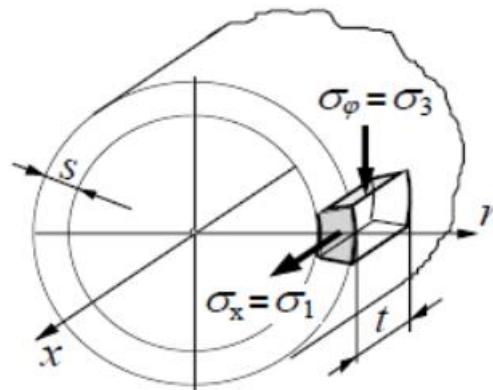
$$l_b \cong 2 \cdot \frac{p \cdot H}{D \cdot \pi} \cdot t + 23 \cdot d + 100 = 2 \cdot \frac{2 \cdot 5000}{355,6 \cdot \pi} \cdot 16 + 23 \cdot 14 + 100 = 708,44 \text{ mm}$$

Odabrana je duljina bubnja $l_b = 720 \text{ mm}$.

4.2.1.2 Proračun stijenke bubnja

Debljina stijenke bubnja iznosi:

$$s = \delta - h = 16 - 5,5 = 10,5 \text{ mm}$$



Slika 23. Naprezanje elementa stijenke bubnja

Cirkularno (tlačno) naprezanje:

$$\sigma_{\varphi} = -0,5 \frac{F}{t \cdot s} = -0,5 \cdot \frac{24772,72}{16 \cdot 10,5} = -73,73 \frac{N}{\text{mm}^2} < \sigma_{\varphi \text{dop}} = 100 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

Normalno naprezanje od lokalnog savijanja stijenke na mjestu namatanja:

$$\sigma_x = 0,96 \cdot F \cdot \sqrt{\frac{1}{D_b \cdot s^3}} = 0,96 \cdot 24772,72 \cdot \sqrt{\frac{1}{323,9 \cdot 10,5^3}} = 37,07 \frac{N}{\text{mm}^2} < \sigma_{x \text{dop}} = 50 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

Naprezanje uslijed savijanja bubnja je najveće kad se uže opterećeno maksimalnim teretom namata na sredini bubnja.

Stoga maksimalni moment savijanja iznosi:

$$M_{\max} = F \cdot \frac{l_b}{2} = 24772,72 \cdot \frac{720}{2} = 8918179,2 \text{ Nmm}$$

Momenta otpora poprečnog presjeka bubnja iznosi:

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_b^4 - d_u^4}{D_b} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{355,6^4 - 323,6^4}{355,6} = 1387120,26 \text{ mm}^3$$

gdje je $d_u = D_b - 2 \cdot \delta = 355,6 - 2 \cdot 16 = 323,6 \text{ mm}$.

Najveće naprezanje uslijed savijanja:

$$\sigma_\varphi = \frac{M_{max}}{W_b} = \frac{8918179,2}{1387120,26} = 6,43 \frac{N}{mm^2} < \sigma_{\varphi dop} = 50 \frac{N}{mm^2}$$

ZADOVOLJAVA

Maksimalni progib bubnja određuje se prema:

$$w_{max} = \frac{F \cdot l_b^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{24772,72 \cdot 720^3}{48 \cdot 210000 \cdot 246628891,9} = 0,003719 \text{ mm}$$

Aksijalni moment tromosti iznosi:

$$I_y = \frac{\pi}{64} \cdot (D_b^4 - d_u^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (355,6^4 - 323,6^4) = 246629981,9 \text{ mm}^4$$

4.2.1.3 Promjer vratila bubnja

Promjer vratila bubnja određuje se prema:

$$d_v \geq \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{red}}{\sigma_{fDNdop}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 5558414,11}{100}} = 82,22 \text{ mm}$$

Odabran je promjer vratila bubnja $d_v = 85 \text{ mm}$.

Za čelik S275JR reducirani moment savijanja iznosi:

$$M_{red} = \sqrt{M^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T)^2} = \sqrt{4459089,6^2 + 0,75 \cdot (0,87 \cdot 4404461,6)^2} \\ = 5558414,11 \text{ Nmm}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{fDN}}{1,73 \cdot \tau_{tDN}} = \frac{210}{1,73 \cdot 140} = 0,87$$

$$M = \frac{F}{2} \cdot \frac{l_b}{2} = \frac{24772,72}{2} \cdot \frac{720}{2} = 4459089,6 \text{ Nmm}$$

$$T = F \cdot \frac{D_b}{2} = 24772,72 \cdot \frac{355,6}{2} = 4404461,6 \text{ Nmm}$$

4.2.1.4 Debljina čelne ploče bubnja

Debljina čelne ploče iznosi:

$$w \geq \sqrt{1,44 \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{D_1}{D_b}\right) \cdot \frac{F_h}{\sigma_{dop}}} = \sqrt{1,44 \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{105}{355,6}\right) \cdot \frac{2477,272}{100}} = 5,35 \text{ mm}$$

gdje je vanjski promjer glavine $D_1 = d_v + 20 = 85 + 20 = 105 \text{ mm}$.

$$F_h = 0,1 \cdot F = 2477,272 \text{ N}$$

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S} = 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Odabrano je $w = 6 \text{ mm}$.

4.2.1.5 Veza ploče s bubnjem

Odabrani su vijci M12 (kvalitete 8.8, površine jezgre $A_j = 76,2 \text{ mm}^2$), prema [3], str. 413.

Broj vijaka se određuje iz izraza:

$$n \geq \frac{F \cdot D_b}{\mu \cdot \sigma_{dop} \cdot A_j \cdot d_7} = \frac{24772,72 \cdot 355,6}{0,2 \cdot 256 \cdot 76,2 \cdot 455} = 5,95$$

gdje je $\mu = 0,2$ za par materijala čelik/čelik.

Dopušteno naprezanje:

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S} = \frac{640}{2,5} = 256 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

gdje je $R_e = 0,8 \cdot 8 \cdot 100 = 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ granica tečenja za vijke kvalitete 8.8

Promjer na kojem su vijci određuje se prema:

$$d_7 = D_b + (85 \dots 100) = 355,6 + 89,4 = 455 \text{ mm}$$

Odabrano je $n = 6$ vijaka.

4.2.1.6 Veza užeta s bubnjem

Kod najnižeg položaja kuke trebaju na bubnju ostati još dva navoja užeta, ne računajući navoje koji služe za pričvršćenje.

Odabrani su vijci M14 (kvalitete 8.8, površine jezgre $A_j = 105 \text{ mm}^2$, $d_1 = 11,835 \text{ mm}$), prema [3], str. 413.

Potrebna normalna sila u jednom vijku iznosi:

$$F_n = 0,8 \cdot F = 0,8 \cdot 24772,72 = 19818,18 \text{ N}$$

Broj vijaka određuje se prema:

$$z \geq \frac{F_n}{\sigma_{dop}} \cdot \left(\frac{1,3}{A_j} + \frac{32 \cdot \mu \cdot h}{\pi \cdot d_1^3} \right) = \frac{19818,18}{256} \cdot \left(\frac{1,3}{105} + \frac{32 \cdot 0,1 \cdot 28}{\pi \cdot 11,835^3} \right) = 2,29$$

gdje je $h = 2 \cdot d = 2 \cdot 14 = 28 \text{ mm}$ visina koju vijak probija.

Dopušteno naprezanje:

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S} = \frac{640}{2,5} = 256 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Odabrano je $z = 3$ vijaka.

$$l_v \geq 5 \cdot d = 5 \cdot 14 = 70 \text{ mm}.$$

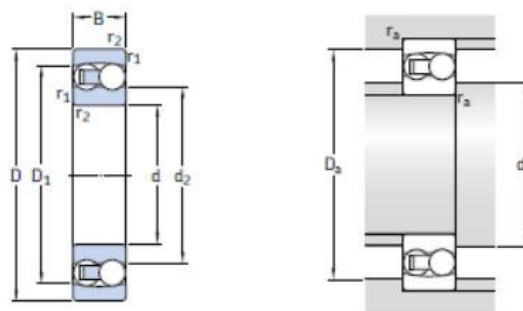
4.2.1.7 Odabir ležaja bubnja

Odabran je samopodesivi kuglični ležaj 1317, prema [4].

$$C_1 = F \cdot \left(\frac{60 \cdot n_m \cdot L_{10hmin}}{10^6} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} = 24772,72 \cdot \left(\frac{60 \cdot 84,88 \cdot 6000}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 77447,91 \text{ N} < C = 97500 \text{ N}$$

$$n_m = \frac{v_{diz}}{D_1 \cdot \pi} = \frac{28}{0,105 \cdot \pi} = 84,88 \text{ min}^{-1}$$

ZADOVOLJAVA



| Principal dimensions | | | Basic load ratings dynamic static | | Fatigue load limit | Speed ratings Reference speed Limiting speed | | Mass | Designations Bearing with cylindrical bore tapered bore | | |
|----------------------|----------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------|---|----------------|---------------------|---|----------------|----------------|
| d | D | B | C | C ₀ | P _u | | | kg | | | |
| mm | | | kN | | kN | r/min | | | - | | |
| 85 | 180 | 41 | 97,5 | 38 | 1,7 | 7 000 | 4 800 | 5 | 1317 | 1317 K | |
| Dimensions | | | | Abutment and fillet dimensions | | | | Calculation factors | | | |
| d | d ₂ | D ₁ | r _{1,2} min. | d _a min. | D _a max. | r _a max. | k _r | e | Y ₁ | Y ₂ | Y ₀ |
| mm | | | | mm | | | | | | | |
| 85 | 117 | 155 | 3 | 99 | 166 | 3 | 0,045 | 0,22 | 2,9 | 4,5 | 2,8 |

Slika 24. Karakteristike ležaja 1317

4.2.2 Elektromotor za dizanje

4.2.2.1 Snaga elektromotora

Potrebna snaga elektromotora za dizanje određuje se iz izraza:

$$P = \frac{m_d \cdot v_{diz}}{\eta} \cdot g = \frac{5 \cdot \frac{28}{60}}{0,92} \cdot 9,81 = 24,88 \text{ kW}$$

gdje je ukupni stupanj djelovanja $\eta = \eta_R \cdot \eta_B \cdot \eta_K = 0,95 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 0,92$, gdje je stupanj djelovanja reduktora $\eta_R = 0,95$, stupanj djelovanja bubnja $\eta_B = 0,98$, a stupanj djelovanja koloturnika $\eta_K = 0,99$.

Intermitencija elektromotora za pogonsku grupu 2_m iznosi $ED = 40\%$.

Moment na izlaznom vratilu reduktora:

$$M_{diz} = \frac{P}{\frac{2 \cdot v_{diz}}{D_b}} = \frac{24880}{\frac{2 \cdot \frac{28}{60}}{0,3556}} = 9479,28 \text{ Nm}$$

Odabran je elektromotor za dizanje tereta prema [5]:

| | | |
|--|---|---------------------|
| Gear series : | Helical bevel geared motors | |
| Type : | KU 110A 3B 225S/M-06E-TH-TF-BR400 | |
| Operation data : | | |
| Ambient temperature : | +20 | °C |
| Type of operation : | S3..S6 ED 40min | |
| Motor data : | | |
| Series : | WEG Modular System Motor (EUSAS) | |
| Housing material : | Grey cast iron | |
| Efficiency class η : | IE2-92.2% | |
| Type : | 3BWA | |
| Motor power : | 30 | [kW] |
| Rated speed : | 985 | [rpm] |
| Rated torque : | 291 | [Nm] |
| Voltage : | 400/690 | [V] |
| Frequency : | 50 | [Hz] |
| Connection : | D/Y | |
| Rated current : | 56 / 32 | [A] |
| Starting to rated current : | 7.0 | |
| 'cos ϕ ' : | 0.84 | |
| Protection class : | IP 55 | |
| Mounting position of the terminal box : | side 2 cable entry I | |
| Insulation class : | F | |
| Mass moment of inertia : | 833x10 ⁻³ | [kgm ²] |
| Further motor executions : | | |
| Fan : | self ventilated | |
| Temperature controller : | Bimetal switch NCC (TH) and PTC thermistor (TF) for switch off | |
| Ball bearing : | Standard | |
| Brake data : | | |
| Type : | BR400 | [Nm] |
| Supply voltage for rectifier : | 190-280V (connected in the motor terminal box) | |
| Rectifier / brake type : | Half wave rectifier FBGR-E500/220-GS f. connection 190-280VAC and coil voltage 102VDC (85-133VDC) | |
| Gear data : | | |
| Max. perm. thermal power limit at +20 °C and S3..S6 ED 40min operation : | 48 | [kW] |
| Output speed : | 30 | [rpm] |
| Output torque : | 9491 | [Nm] |
| Service factor : | 0.85 | |
| Gear stages : | 3 | |
| Ratio : | 32.63 | |
| Circum ferential backlash (min-max) : | 3' - 5' | |
| Reduced circum ferential backlash (min-max) (OPTION) : | 3' - 5' | |
| Perm. input torque at fB1 : | 245.2 | [Nm] |
| Max. perm. input speed : | 2600 | [rpm] |
| Mounting position : | H32 | |
| Output shaft : | Ø 90 m6 x 170 | [mm] |
| Keyway : | DIN6885.1 | |
| Painting : | LC1 - Indoor installation neutral atmosphere NDFT | |
| Color : | 60 μ m (C1 - DIN EN ISO 12944-5) | |
| Total weight : | 601 | [kg] |
| Input side : | | |
| Type : | IEC direct mounting | |
| Input shaft : | Ø 60 m6 x 55 mm | |
| Input flange : | square according to IEC Ø450 mm | |

Slika 25. Elektromotor za dizanje

4.2.2.2 Provjera kočnice motora

Momenta kočenja određuje se:

$$M_k = M_{st} + M_{din}$$

Statički moment kočenja:

$$M_{st} = Q_t \cdot g \cdot \frac{v_{diz}}{\omega_{EM}} \cdot \eta_{uk,k} = 5000 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,4167}{103,15} \cdot 0,913 = 180,91 \text{ Nm}$$

$$\omega_{EM} = 2\pi \cdot \frac{n_{EM}}{60} = 2\pi \cdot \frac{985}{60} = 103,15 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\eta_{uk,k} = 2 - \frac{1}{\eta_{uk}} = 2 - \frac{1}{0,92} = 0,913$$

Moment inercije rotirajućih masa:

$$I_{rot} = I_{EM} \cdot \beta = 0,833 \cdot 0,85 = 0,708 \text{ kgm}^2$$

Moment inercije translacijskih masa:

$$I_{trans} = Q_t \cdot \eta_{uk,k} \cdot \left(\frac{v_{diz}}{\omega_{EM}}\right)^2 = 5000 \cdot 0,913 \cdot \left(\frac{0,4167}{103,15}\right)^2 = 0,0745 \text{ kgm}^2$$

Kutno usporavanje elektromotora:

$$\varepsilon_{EM} = \frac{\omega_{EM}}{t_z} = \frac{103,15}{3} = 34,38 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

gdje je $t_z = 3$ s vrijeme zaustavljanja.

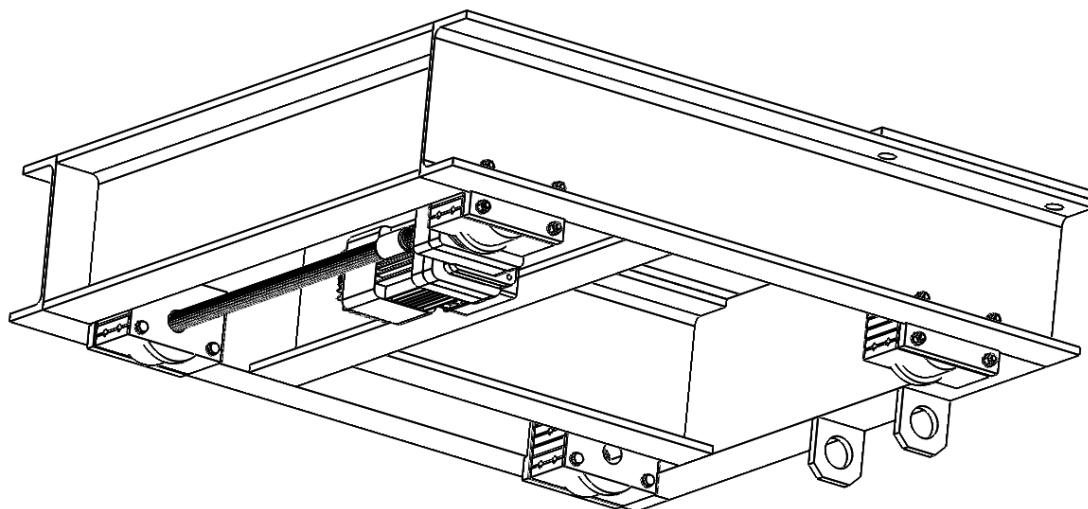
$$M_{din} = (I_{rot} + I_{trans}) \cdot \varepsilon_{EM} = (0,708 + 0,0745) \cdot 34,38 = 26,91 \text{ Nm}$$

$$M_k = M_{st} + M_{din} = 180,91 + 26,91 = 207,82 \text{ Nm} < M_{k,EM} = 400 \text{ Nm}$$

ZADOVOLJAVA

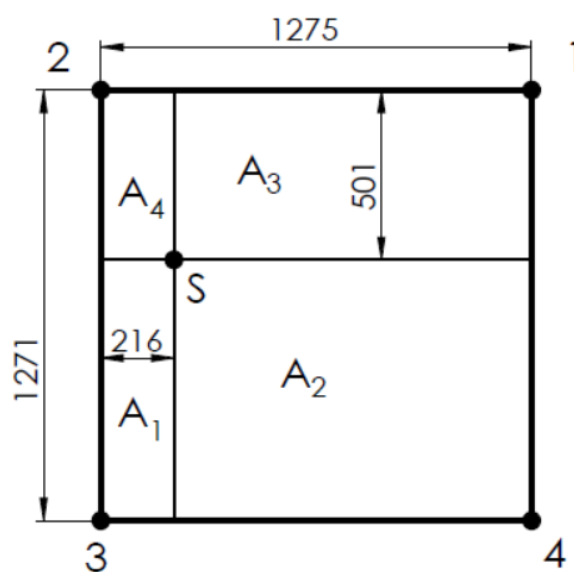
4.2.3 Proračun i dimenzioniranje vitla

4.2.3.1 Proračun kotača vitla



Slika 26. Sklop vitla

Sile u osloncima izračunat će se pomoću Andreeove metode:



Slika 27. Površine za izračunavanje sila Andreeovom metodom

Proporcionalne površine iznose:

$$A = 1271 \cdot 1275 = 1620525 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 770 \cdot 216 = 166320 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 770 \cdot 1059 = 815430 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 501 \cdot 1059 = 530559 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = 501 \cdot 216 = 108216 \text{ mm}^2$$

Težina tereta jednaka je sili koja djeluje u točki S:

$$F_o = Q \cdot g = 5000 \cdot 9,81 = 49050 \text{ N}$$

Masa vitla iznosi:

$$m_v = 1100 \text{ kg}$$

Sile u osloncima iznose:

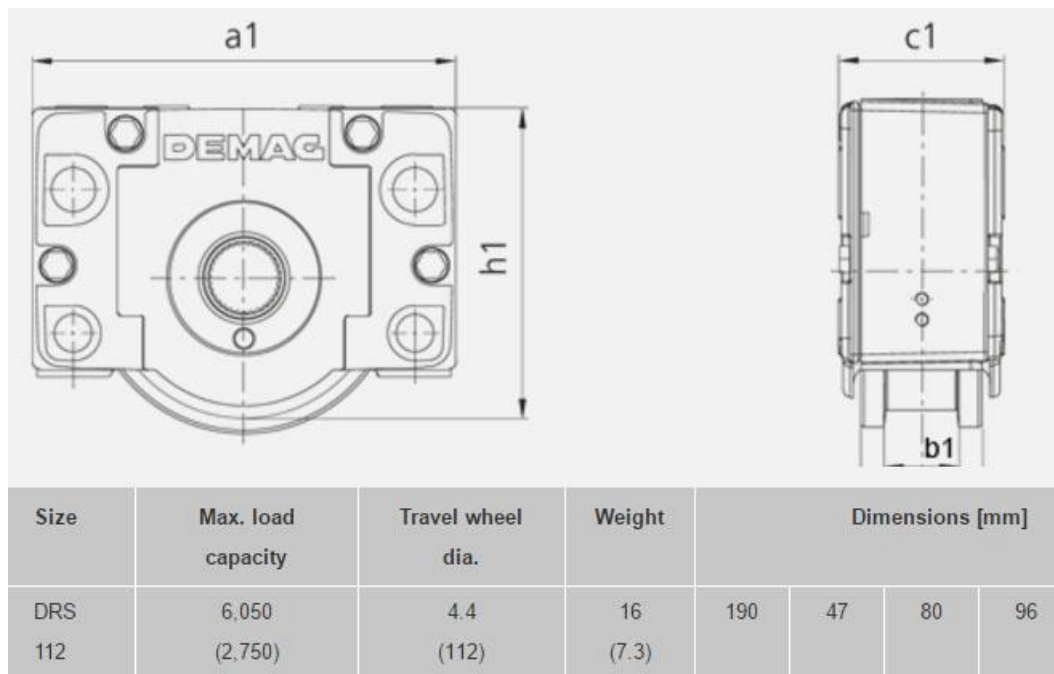
$$F_{1o} = F_o \cdot \frac{A_1}{A} + \frac{m_v \cdot g}{4} = 49050 \cdot \frac{166320}{1620525} + \frac{1100 \cdot 9,81}{4} = 7731,92 \text{ N}$$

$$F_{2o} = F_o \cdot \frac{A_2}{A} + \frac{m_v \cdot g}{4} = 49050 \cdot \frac{815430}{1620525} + \frac{11000 \cdot 9,81}{4} = 26179,17 \text{ N}$$

$$F_{3o} = F_o \cdot \frac{A_3}{A} + \frac{m_v \cdot g}{4} = 49050 \cdot \frac{530559}{1620525} + \frac{11000 \cdot 9,81}{4} = 18765,69 \text{ N}$$

$$F_{4o} = F_o \cdot \frac{A_4}{A} + \frac{m_v \cdot g}{4} = 49050 \cdot \frac{108216}{1620525} + \frac{1100 \cdot 9,81}{4} = 5973,24 \text{ N}$$

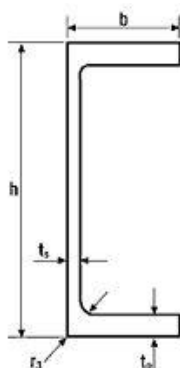
Prema najvećoj sili u osloncu 2 bira se kotač za vožnju vitla DRS 112 prema [7]:



Slika 28. Karakteristike kotača vitla

4.2.3.2 Dimenzioniranje profila okvira vitla

Odabran je standardni UPE 270 profil sljedećih karakteristika:

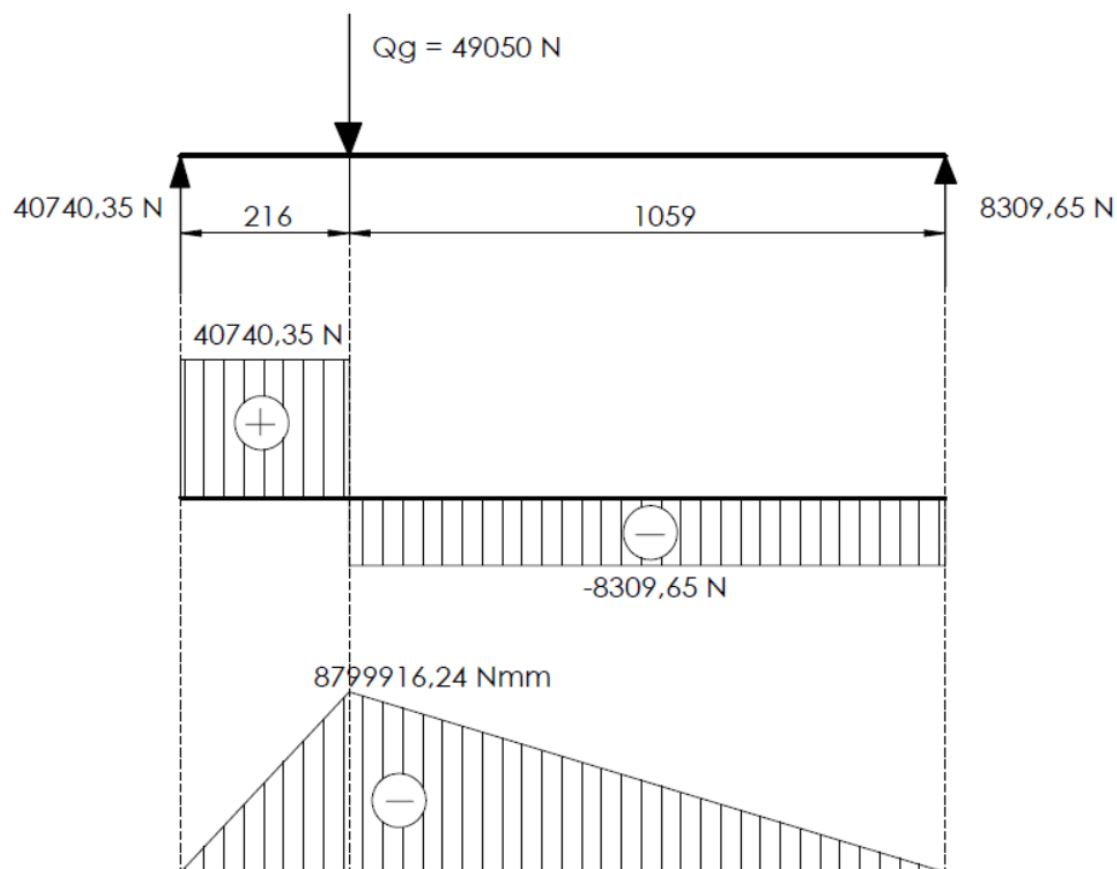


Slika 29. Profil okvira vitla

$$G_{nos} = 35,2 \text{ kg/m}$$

$$I_y = 52550000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 389000 \text{ mm}^3$$



Slika 30. Proračunski model, Q i M dijagram okvira vitla

Moment savijanja u kritičnom presjeku iznosi:

$$M_f = 8799916,24 \text{ Nmm}$$

Naprezanje u kritičnom presjeku iznosi:

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W_y} = \frac{8799916,24}{389000} = 22,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{dop} = 160 \text{ N/mm}^2$$

ZADOVOLJAVA

4.2.3.3 Odabir motora za vožnju vitla

Potrebna snaga za ustaljenu vožnju iznosi:

$$P_v = \frac{F_v \cdot v_{vož}}{\eta} = \frac{299,21 \cdot 0,4667}{0,93} = 150,15 \text{ W}$$

gdje je $F_v = (m_v + Q_t) \cdot g \cdot f_e = (1100 + 5000) \cdot 9,81 \cdot \frac{5}{1000} = 299,21 \text{ N}$ sila za ustaljenu vožnju, a $f_e = 5 \text{ N/kN}$ specifični otpor.

Potrebna snaga kod pokretanja:

$$P_n = \frac{F_n \cdot v_{vož}}{\eta} = \frac{589,48 \cdot 0,4667}{0,93} = 295,82 \text{ W}$$

gdje je $F_p = F_v + \beta_v \cdot (m_v + Q_t) \cdot \frac{v_{vož}}{t_p} = 299,21 + 1,2 \cdot (1100 + 5000) \cdot \frac{0,4667}{5} = 982,46 \text{ N}$,
 $\beta = 1,2$ faktor sigurnosti, $t_p = 5 \text{ s}$ vrijeme pokretanja.

Nominalna sila vožnje:

$$F_n = 0,6 \cdot F_p = 0,6 \cdot 982,46 = 589,48 \text{ N}$$

Odabran je motor za vožnju vitla sljedećih karakteristika prema [7]:

Geared motor

AME 10 DD-M1-11-1-8.32 ZBF 71 A 2 B003

Technical data

Stamped data Motor

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Number of poles | 2 |
| Duty factor | 40 % |
| Motor power | 0.34 kW |
| Operating voltage (D) | 220 V / 230 V |
| Operating voltage (Y) | 380 V / 400 V |
| Line frequency | 50 Hz |
| Current (D/Y) | 1.65 A / 0.95 A |
| Rated speed | 2630 min ⁻¹ |

Other data

| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Max. ambient temperature Geared motor | -10 °C / 40 °C |
| Rated torque | 1.25 Nm |
| Brake torque | 1.9 Nm |
| Brake voltage | 400 V (AC) / 180 V (DC) |
| Duty factor f _B | 12.8 |
| Output torque | 10 Nm |
| Output speed | 316 min ⁻¹ |

Slika 31. Karakteristike elektromotora za vožnju

4.2.3.3.1 Provjera motora obzirom na pokretanje

Mora biti zadovoljen uvjet:

$$\frac{M_p}{M_n} < 1,7 \dots 2$$

Potrebni moment pokretanja iznosi:

$$M_p = M_{st} + M_{ub} = 0,545 + 1,418 = 1,96 \text{ Nm}$$

Statički moment iznosi:

$$M_{st} = F_v \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{v_{vož}}{\omega_{EM}} = 299,21 \cdot \frac{1}{0,93} \cdot \frac{0,4667}{275,41} = 0,545 \text{ Nm}$$

$$\omega_{EM} = 2\pi \cdot \frac{n_{EM}}{60} = 2\pi \cdot \frac{2630}{60} = 275,41 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Moment ubrzanja masa iznosi:

$$M_{ub} = (I_{rot} + I_{trans}) \cdot \varepsilon_{EM} = (0,006915 + 0,01883) \cdot 55,08 = 1,418 \text{ Nm}$$

Momenti inercije rotacijskih i translacijskih masa iznose:

$$I_{rot} = I_{EM} \cdot \beta = 0,00461 \cdot 1,5 = 0,006915 \text{ kgm}^2$$

$$I_{trans} = \frac{m_v + Q_t}{\eta} \cdot \left(\frac{v_{vož}}{\omega_{EM}} \right)^2 = \frac{1100 + 5000}{0,93} \cdot \left(\frac{0,4667}{275,41} \right)^2 = 0,01883 \text{ kgm}^2$$

Kutno usporavanje motora:

$$\varepsilon_{EM} = \frac{\omega_{EM}}{t_z} = \frac{275,41}{5} = 55,08 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

gdje je $t_z = 5 \text{ s}$ vrijeme pokretanja.

Nazivni moment motora:

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_{EM}} = \frac{340}{275,41} = 1,23 \text{ Nm}$$

$$\frac{M_p}{M_n} = \frac{1,96}{1,23} = 1,59 < 1,7 \dots 2$$

ZADOVOLJAVA

4.2.3.3.2 Provjera motora obzirom na proklizavanje

Do klizanja neće doći ako je zadovoljen uvjet:

$$M_{po} = 1,5 \cdot M_n$$

Moment pokretanja iznosi:

$$M_{po} = I_R \cdot \frac{\omega_{EM}}{t_{min}} + M_{St} = 0,02575 \cdot \frac{275,41}{1,89} + 0,545 = 4,29 \text{ Nm}$$

Ukupni moment inercije iznosi:

$$I_R = I_{rot} + I_{trans} = 0,006915 + 0,01883 = 0,02575 \text{ kgm}^2$$

Minimalno vrijeme pokretanja bez tereta iznosi:

$$t_{min} = 1,2 \cdot \frac{\beta_v \cdot m_v \cdot v_{vož}}{\mu \cdot G_a - W_v} = 1,2 \cdot \frac{1,37 \cdot 1100 \cdot 0,4667}{0,12 \cdot 5395,5 - 200} = 1,89 \text{ s}$$

$$\beta_v = 1 + \frac{I_{rot}}{I_{trans}} = 1 + \frac{0,006915}{0,01883} = 1,37$$

$$G_a = G \cdot \frac{n_p}{n_k} = 1100 \cdot 9,81 \cdot \frac{2}{4} = 5395,5 \text{ N}$$

gdje je $n_k = 4$ broj kotača vitla, a broj pogonskih kotača je:

$$n_p \geq n_k \cdot \left(\frac{F_p}{\mu \cdot m_v \cdot g} \right) = 4 \cdot \left(\frac{299,21}{0,12 \cdot 1100 \cdot 9,81} \right) = 1,39$$

gdje je koeficijent trenja za granike u otvorenom prostoru $\mu_a = 0,12$, otpori vožnje su $W_v = 200 \text{ N}$.

$$M_{po} = 4,29 \text{ Nm} > 1,5 \cdot M_n = 1,5 \cdot 1,23 = 1,845 \text{ Nm}$$

ZADOVOLJAVA

4.2.3.3 Provjera kočnice motora

Mora biti zadovoljen sljedeći uvjet:

$$M_{kpotr} > M_k$$

Potrebni moment kočenja iznosi:

$$\begin{aligned} M_{kpotr} &= I_R \cdot \varepsilon_k - (m_v + Q_t) \cdot g \cdot f_e \cdot \frac{v_{vož}}{\omega_{EM}} \cdot \eta_k \\ &= 0,02575 \cdot 86,34 - (1100 + 5000) \cdot 9,81 \cdot \frac{5}{1000} \cdot \frac{0,4667}{275,41} \cdot 0,925 \\ &= 1,68 \text{ Nm} \end{aligned}$$

gdje je stupanj korisnosti u kočnom stanju:

$$\eta_k = 2 - \frac{1}{\eta} = 2 - \frac{1}{0,93} = 0,925$$

Kutno usporavanje iznosi:

$$\varepsilon_{EM} = \frac{\omega_{EM}}{t_k} = \frac{275,41}{3,19} = 86,34 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Vrijeme kočenja:

$$t_k \leq 5 \cdot \beta_v \cdot v_v = 5 \cdot 1,37 \cdot 0,4667 = 3,19 \text{ s}$$

$$M_{kpotr} = 1,68 \text{ Nm} < M_k = 1,9 \text{ Nm}$$

ZADOVOLJAVA

4.3. Proračun i dimenzioniranje nosive konstrukcije

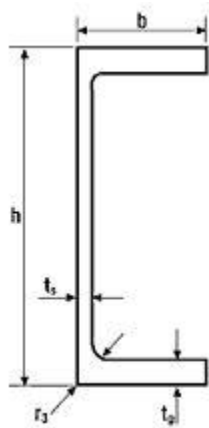
4.3.1 Proračun i dimenzioniranje glavnog nosača

Odabran je standardni UPE 300 profil, sljedećih karakteristika:

$$G_{nos} = 44,4 \text{ kg/m}$$

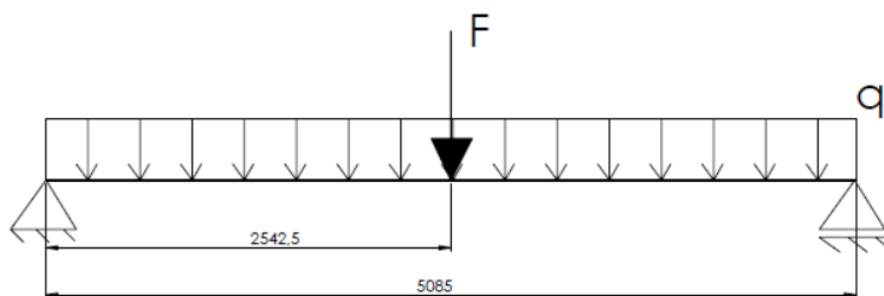
$$I_y = 78230000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 522000 \text{ mm}^3$$



Slika 32. Profil glavnog nosača

4.3.1.1 Proračun na savijanje



Slika 33. Proračunski model glavnog nosača

Sila na sredini nosača iznosi:

$$F = F_{1o} + F_{2o} = 7731,92 + 26179,17 = 33911,09 \text{ N}$$

Kontinuirano opterećenje uslijed vlastite težine nosača iznosi:

$$q = G_{nos} \cdot g = 44,4 \cdot 9,81 = 435,56 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Maksimalni moment savijanja uslijed poprečne sile prema [3] iznosi:

$$M_1 = \frac{F \cdot l}{4} = \frac{33911,09 \cdot 5085}{4} = 43109473 \text{ Nmm}$$

Maksimalni moment savijanja uslijed kontinuiranog opterećenje prema [3] iznosi:

$$M_2 = \frac{q \cdot l^2}{2} = \frac{0,43556 \cdot 5085^2}{2} = 5631186 \text{ Nmm}$$

Ukupni moment savijanja:

$$M_{max} = M_1 + M_2 = 43109476 + 5631186 = 48740662 \text{ Nmm}$$

Maksimalno naprezanje glavnog nosača iznosi:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_y} = \frac{48740662}{522000} = 93,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{dop} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

4.3.1.2 Proračun krutosti

Progib uslijed poprečne sile prema [3]:

$$w_1 = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{33911,09 \cdot 5085^3}{48 \cdot 210000 \cdot 78230000} = 5,65 \text{ mm}$$

Progib uslijed kontinuiranog opterećenja prema [3]:

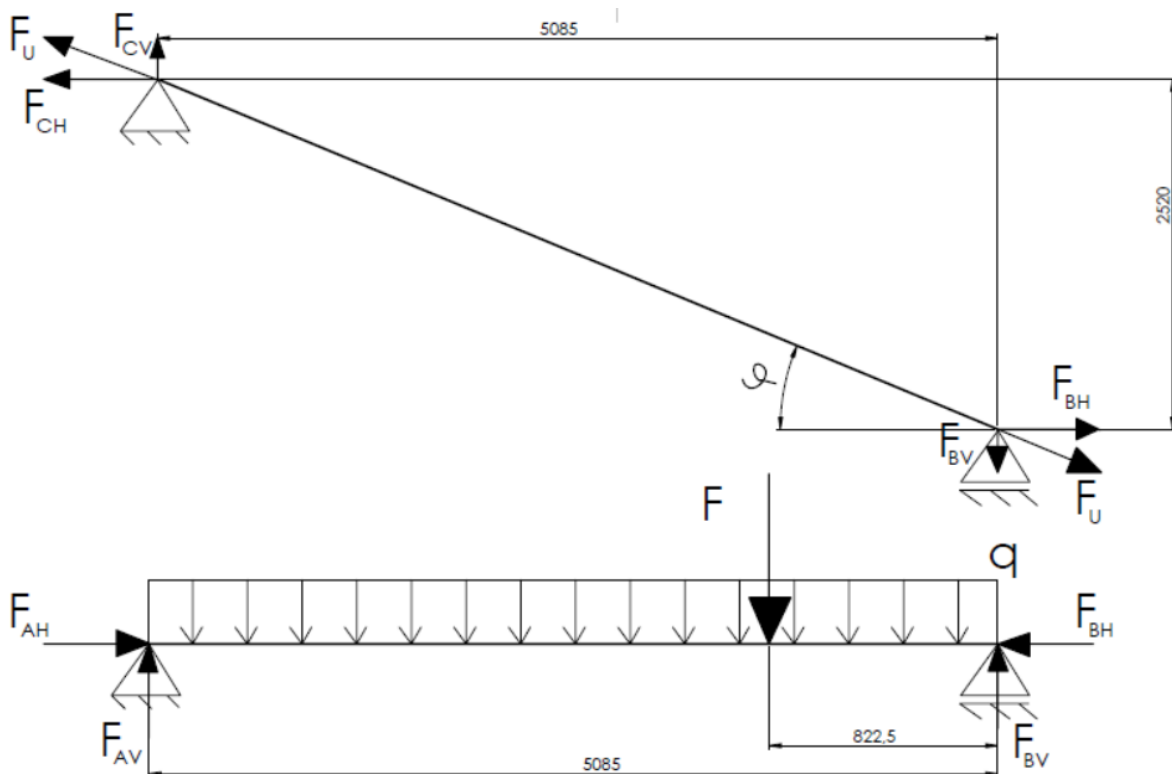
$$w_2 = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 0,43556 \cdot 5085^4}{384 \cdot 210000 \cdot 78230000} = 0,23 \text{ mm}$$

Ukupni progib zbog savijanja iznosi:

$$w_M = w_1 + w_2 = 5,65 + 0,23 = 5,88 \text{ mm}$$

4.3.2 Proračun i dimenzioniranje ukrute

Za proračun ukrute promatra se sljedeći slučaj u kojem je ukruta najopterećenija:



Slika 34. Model za proračun i dimenzioniranje ukrute

Vertikalne sile u osloncima glavnog nosača iznose:

$$F_{AV} = F \cdot \frac{822,5}{5085} + \frac{q \cdot l^2}{2} \cdot \frac{1}{5085} = 33911,09 \cdot \frac{822,5}{5085} + \frac{0,43556 \cdot 5085^2}{2} \cdot \frac{1}{5085} = 6592,54 N$$

$$F_{BV} = F + q \cdot l - F_{AV} = 33911,09 + 0,43556 \cdot 5085 - 6592,54 = 29533,37 N$$

Kut između ukrute i nosača:

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{2520}{5085} \right) = 26,36^\circ$$

Uzdužna sila u ukruti iznosi:

$$F_U = \frac{F_{BV}}{\sin(\varphi)} = \frac{29533,37}{\sin(26,36^\circ)} = 66515,14 N$$

Sile u gornjem osloncu ukrute iznose:

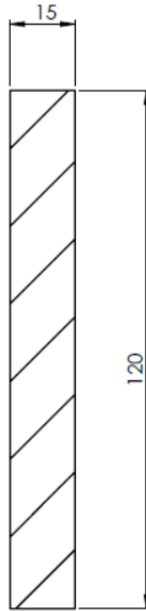
$$F_{CH} = F_U \cdot \cos(\varphi) = 66515,14 \cdot \cos(26,36^\circ) = 59599,03 N$$

$$F_{CV} = F_U \cdot \sin(\varphi) = 66515,14 \cdot \sin(26,36^\circ) = 29533,37 N$$

Horizontalne sile u osloncima glavnog nosača iznose:

$$F_{AH} = F_{BH} = F_{CH} = 59599,03 \text{ N}$$

Odabrane su sljedeće dimenzije ukrute:



Slika 35. Geometrija presjeka ukrute

Površina poprečnog presjeka:

$$A = 120 \cdot 15 = 1800 \text{ mm}^2$$

Naprezanje u ukruti iznosi:

$$\sigma = \frac{F_U}{A} = \frac{66515,14}{1800} = 36,95 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{dop} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

Duljina ukrute:

$$l = \sqrt{2520^2 + 5085^2} = 5675,18 \text{ mm}$$

Izduženje ukrute prema [3] iznosi:

$$\Delta l = \frac{F_U \cdot l}{A \cdot E} = \frac{66515,14 \cdot 5675,18}{1800 \cdot 210000} = 0,99 \text{ mm}$$

Izduženje ukrute u vertikalnom smjeru:

$$\Delta h = \Delta l \cdot \sin(\varphi) = 0,99 \cdot \sin(26,36^\circ) = 0,44 \text{ mm}$$

Dopušteni progib glavnog nosača iznosi:

$$w_{dop} = \frac{5085}{600} = 8,475 \text{ mm}$$

Ukupni progib uslijed savijanja glavnog nosača i izduženja ukrute:

$$w = w_M + \frac{\Delta h}{2} = 5,88 + \frac{0,44}{2} = 6,1 \text{ mm} < w_{dop} = 8,475 \text{ mm}$$

ZADOVOLJAVA

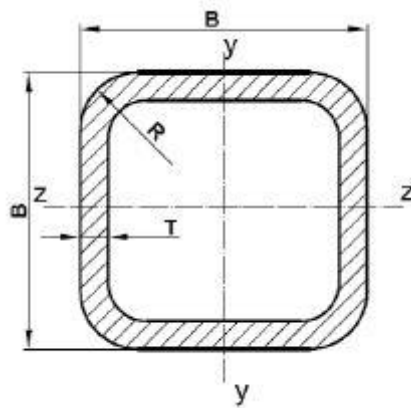
4.3.3 Proračun i dimenzioniranje vertikalnog stupa

Odabran je standardni HSS 220x16 profil, sljedećih karakteristika:

$$i = 82,7 \text{ mm}$$

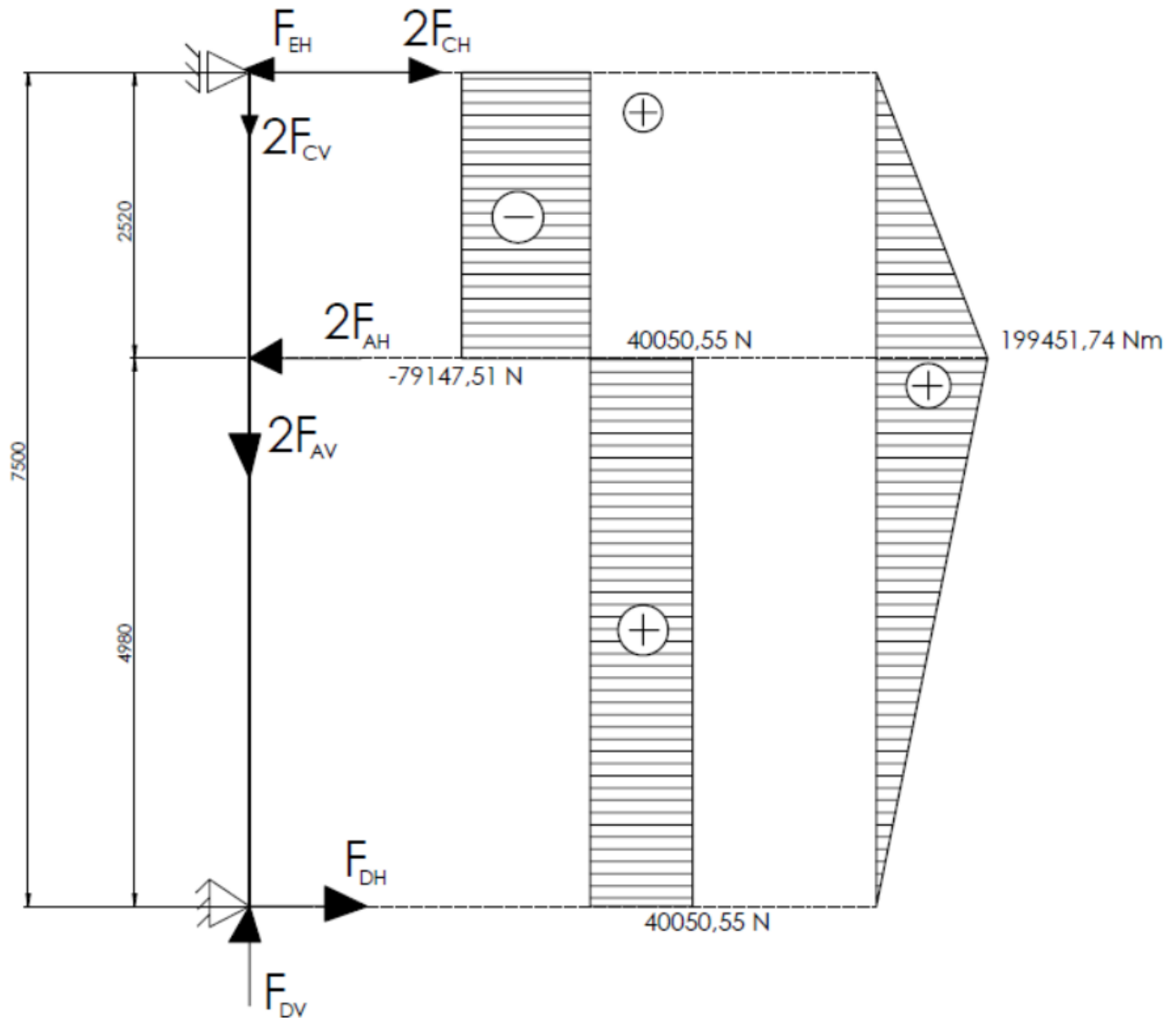
$$A = 12800 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 795000 \text{ mm}^3$$



Slika 36. Profil vertikalnog stupa

4.3.3.1 Proračun na savijanje



Slika 37. Proračunski model vertikalnog stupa

Sile u osloncima stupa iznose:

$$F_{DV} = 2 \cdot F_{AV} + 2 \cdot F_{CV} = 2 \cdot 6592,54 + 2 \cdot 29533,37 = 72251,82 \text{ N}$$

$$F_{DH} = \frac{1}{7500} \cdot (2 \cdot F_{AH} \cdot 2520) = \frac{1}{7500} \cdot (2 \cdot 59599,03 \cdot 2520) = 40050,55 \text{ N}$$

$$F_{EH} = F_{DH} + 2 \cdot F_{CH} - 2 \cdot F_{AH} = 40050,55 + 2 \cdot 59599,03 - 2 \cdot 59599,03 = 40050,55 \text{ N}$$

Maksimalni moment savijanja iznosi:

$$M_{max} = 199451740 \text{ Nmm}$$

Maksimalno naprežanje iznosi:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{2 \cdot W_y} = \frac{199451740}{2 \cdot 795000} = 125,44 \frac{N}{mm^2} < \sigma_{dop} = 160 \frac{N}{mm^2}$$

ZADOVOLJAVA

4.3.3.2 Proračun na izvijanje

Slobodna duljina izvijanja jednaka je visini stupa:

$$l_0 = 7500 \text{ mm}$$

Vitkost stupa prema [3] iznosi:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{7500}{82,7} = 90,69 < 105$$

Proračun provodimo po Tetmajeru za meke čelike, pa najveće naprežanje prema [3] iznosi:

$$\sigma_k = 310 - 1,14 \cdot \lambda = 310 - 1,14 \cdot 90,69 = 206,61 \frac{N}{mm^2}$$

Najveće dopušteno opterećenje na izvijanje iznosi:

$$F_{dop} = \frac{\sigma_k \cdot 2 \cdot A}{v} = \frac{206,61 \cdot 2 \cdot 12800}{5} = 1057865,05 \text{ N}$$

gdje je $v = 5$ faktor sigurnosti.

Postojeće opterećenje na izvijanje:

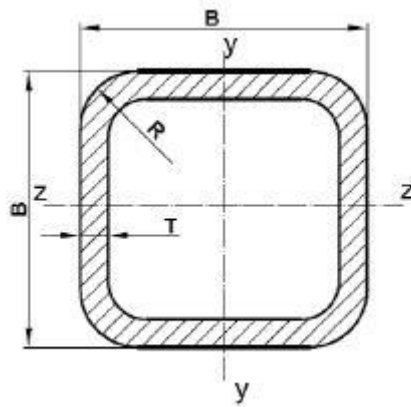
$$F = F_{DV} = 72251,82 \text{ N} < F_{dop} = 1057865,05 \text{ N}$$

ZADOVOLJAVA

4.3.4 Proračun i dimenzioniranje gornjeg uzdužnog nosača

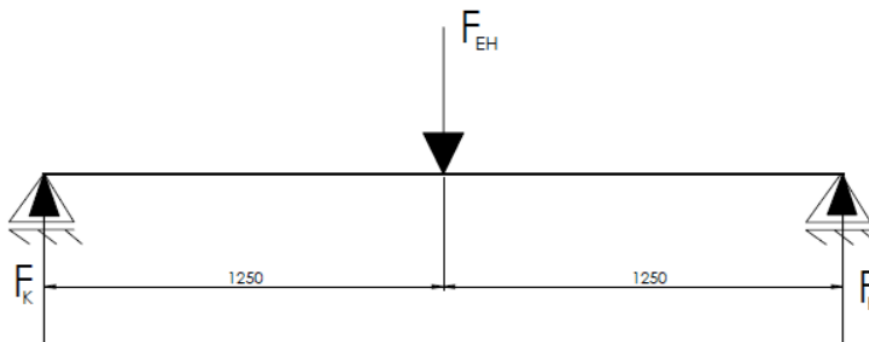
Odabran je standardni HSS 260x6,3 profil, sljedećih karakteristika:

$$W_y = 522000 \text{ mm}^3$$



Slika 38. Profil vertikalnog stupa

Provodit će se proračun na savijanje prema sljedećem modelu:



Slika 39. Proračunski model gornjeg uzdužnog nosača

Najveći moment savijanja prema [3] iznosi:

$$M_{max} = \frac{F_{EH} \cdot l}{4} = \frac{40050,55 \cdot 2500}{4} = 25031593,75 \text{ Nmm}$$

Najveće naprezanje iznosi:

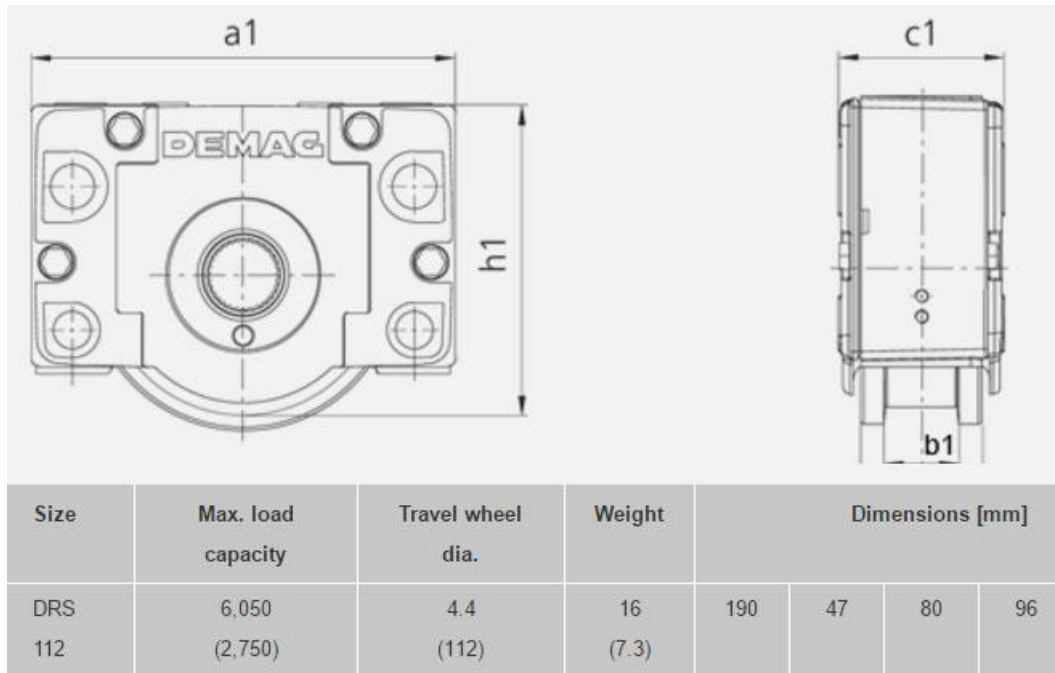
$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_y} = \frac{25031593,75}{522000} = 47,95 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{dop} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

Sila koja djeluje na pojedini kotač:

$$F_K = \frac{F_{EH}}{2} = \frac{40050,55}{2} = 20025,28 \text{ N}$$

Prema sili koja djeluje na pojedini kotač, bira se kotač za gornji uzdužni nosač DRS 112 prema [7]:

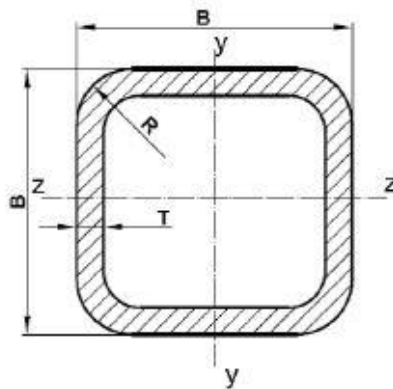


Slika 40. Karakteristike kotača na gornjem uzdužnom nosaču

4.3.5 Proračun i dimenzioniranje donjeg uzdužnog nosača

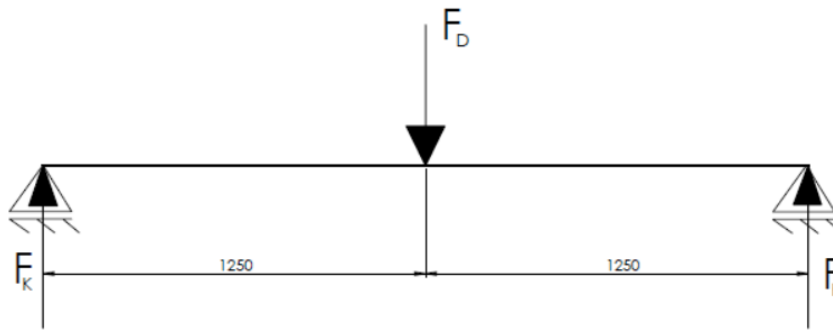
Odabran je standardni HSS 260x6,3 profil, sljedećih karakteristika:

$$W_y = 522000 \text{ mm}^3$$



Slika 41. Profil vertikalnog stupa

Provodit će se proračun na savijanje prema sljedećem modelu:



Slika 42. Proračunski model gornjeg uzdužnog nosača

Rezultantna sila na nosač iznosi:

$$F_D = \sqrt{F_{DH}^2 + F_{DV}^2} = \sqrt{40050,55^2 + 72251,82^2} = 82609,76 \text{ N}$$

Najveći moment savijanja prema [3] iznosi:

$$M_{max} = \frac{F_D \cdot l}{4} = \frac{82609,76 \cdot 2500}{4} = 51631098,49 \text{ Nmm}$$

Najveće naprezanje iznosi:

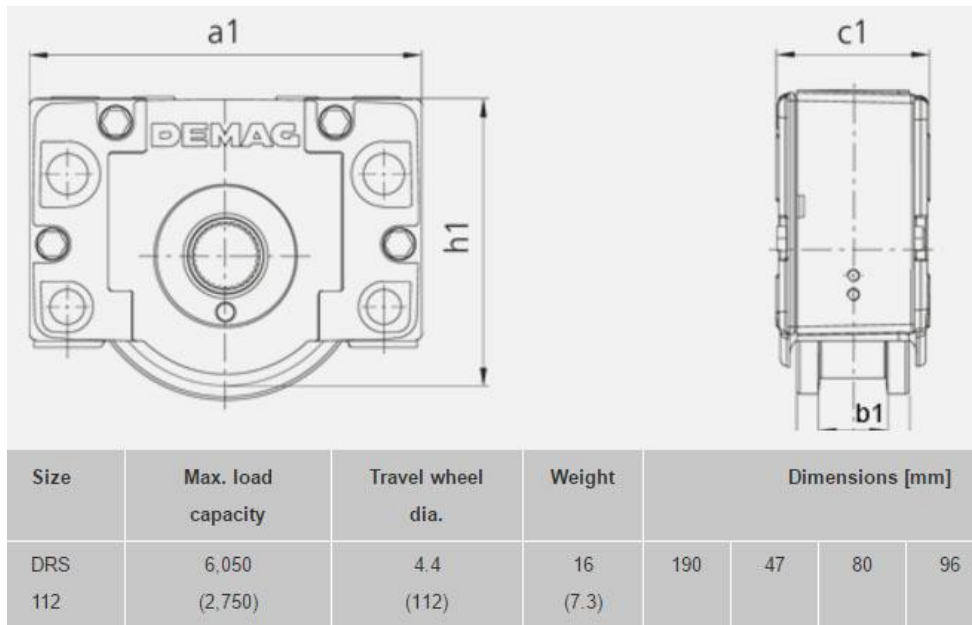
$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_y} = \frac{51631098,49}{522000} = 98,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{dop} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

Sila koja djeluje na pojedini bočni kotač iznosi:

$$F_K = \frac{F_{DH}}{2} = \frac{40050,55}{2} = 20025,28 \text{ N}$$

Prema sili koja djeluje na pojedini bočni kotač, bira se bočni kotač za donji uzdužni nosač DRS 112 prema [7]:

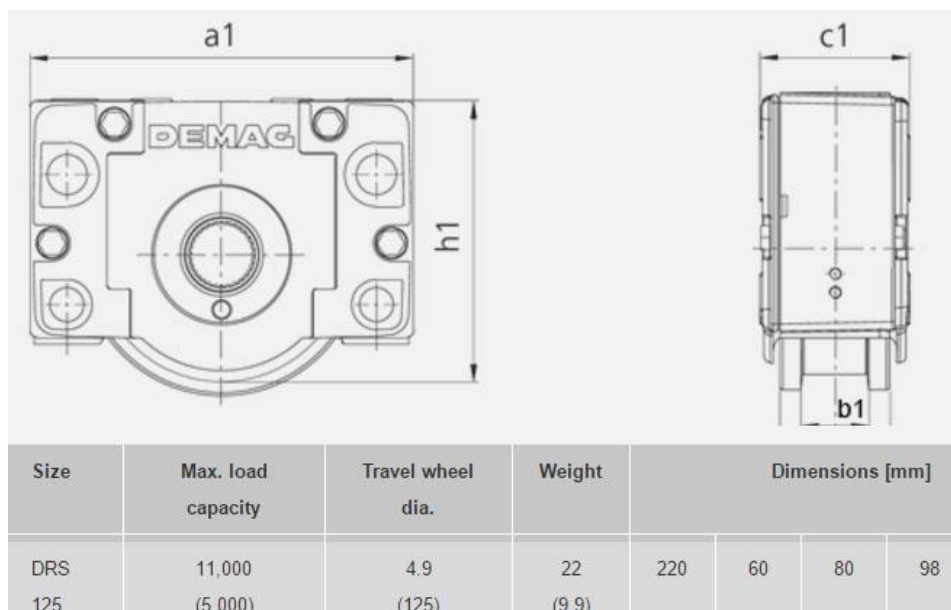


Slika 43. Karakteristike bočnog kotača na donjem uzdužnom nosaču

Sila koja djeluje na pojedini pogonski kotač iznosi:

$$F_K = \frac{F_{DV}}{2} = \frac{72251,82}{2} = 36125,91 \text{ N}$$

Prema sili koja djeluje na pojedini pogonski kotač, bira se pogonski kotač za donji uzdužni nosač DRS 125 prema [7]:



Slika 44. Karakteristike pogonskog kotača na donjem uzdužnom nosaču

4.3.6 Odabir motora za vožnju granika

Potrebna snaga za ustaljenu vožnju iznosi:

$$P_v = \frac{F_v \cdot v_{vož}}{\eta} = \frac{426,74 \cdot 0,4667}{0,93} = 214,15 \text{ W}$$

gdje je $F_v = (m_v + m_n + Q_t) \cdot g \cdot f_e = (1100 + 2600 + 5000) \cdot 9,81 \cdot \frac{5}{1000} = 426,74 \text{ N}$ sila za ustaljenu vožnju, a $f_e = 5 \text{ N/kN}$ specifični otpor.

Potrebna snaga kod pokretanja:

$$P_n = \frac{F_n \cdot v_{vož}}{\eta} = \frac{589,48 \cdot 0,4667}{0,93} = 295,82 \text{ W}$$

gdje je $F_p = F_v + \beta_v \cdot (m_v + m_n + Q_t) \cdot \frac{v_{vož}}{t_p} = 426,74 + 1,2 \cdot (1100 + 2600 + 5000) \cdot \frac{0,4667}{5} = 1401,21 \text{ N}$, $\beta = 1,2$ faktor sigurnosti, $t_p = 5 \text{ s}$ vrijeme pokretanja.

Nominalna sila vožnje:

$$F_n = 0,6 \cdot F_p = 0,6 \cdot 1401,21 = 840,73 \text{ N}$$

Odabran je motor za vožnju vitla sljedećih karakteristika prema [7]:

Geared motor

AME 20 DD-M1-35-1-6.21 ZBF 80 A 2 B020

Technical data

Stamped data Motor

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Number of poles | 2 |
| Duty factor | 40 % |
| Motor power | 0.5 kW |
| Operating voltage (D) | 220 V / 230 V |
| Operating voltage (Y) | 380 V / 400 V |
| Line frequency | 50 Hz |
| Current (D/Y) | 2.3 A / 1.3 A |
| Rated speed | 2630 min ⁻¹ |

Other data

| | |
|---------------------------------------|--|
| Max. ambient temperature Geared motor | -10 °C / 40 °C |
| Rated torque | 1.8 Nm |
| Brake torque | 3.3 Nm |
| Brake voltage | 400 V (AC) / 180 V (DC) |
| Duty factor f _B | 14.5 |
| Output torque | 11 Nm |
| Output speed | 424 min ⁻¹ |
| Input speed | 2900 (2-pole with 50 Hz) min ⁻¹ |

Slika 45. Karakteristike elektromotora za vožnju granika

4.3.6.1 Provjera motora obzirom na pokretanje

Mora biti zadovoljen uvjet:

$$\frac{M_p}{M_n} < 1,7 \dots 2$$

Potrebni moment pokretanja iznosi:

$$M_p = M_{st} + M_{ub} = 0,778 + 2,53 = 2,64 \text{ Nm}$$

Statički moment iznosi:

$$M_{st} = F_v \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{v_{vož}}{\omega_{EM}} = 426,74 \cdot \frac{1}{0,93} \cdot \frac{0,4667}{275,41} = 0,778 \text{ Nm}$$

$$\omega_{EM} = 2\pi \cdot \frac{n_{EM}}{60} = 2\pi \cdot \frac{2630}{60} = 275,41 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Moment ubrzanja masa iznosi:

$$M_{ub} = (I_{rot} + I_{trans}) \cdot \varepsilon_{EM} = (0,01913 + 0,02686) \cdot 55,08 = 2,53 \text{ Nm}$$

Momenti inercije rotacijskih i translacijskih masa iznose:

$$I_{rot} = I_{EM} \cdot \beta = 0,01275 \cdot 1,5 = 0,01913 \text{ kgm}^2$$

$$I_{trans} = \frac{m_v + m_n + Q_t}{\eta} \cdot \left(\frac{v_{vož}}{\omega_{EM}} \right)^2 = \frac{1100 + 2600 + 5000}{0,93} \cdot \left(\frac{0,4667}{275,41} \right)^2 = 0,02686 \text{ kgm}^2$$

Kutno usporavanje motora:

$$\varepsilon_{EM} = \frac{\omega_{EM}}{t_z} = \frac{275,41}{5} = 55,08 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

gdje je $t_z = 5 \text{ s}$ vrijeme pokretanja.

Nazivni moment motora:

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_{EM}} = \frac{500}{275,41} = 1,82 \text{ Nm}$$

$$\frac{M_p}{M_n} = \frac{3,308}{1,82} = 1,82 < 1,7 \dots 2$$

ZADOVOLJAVA

4.3.6.2 Provjera motora obzirom na proklizavanje

Do klizanja neće doći ako je zadovoljen uvjet:

$$M_{po} = 1,5 \cdot M_n$$

Moment pokretanja iznosi:

$$M_{po} = I_R \cdot \frac{\omega_{EM}}{t_{min}} + M_{St} = 0,04599 \cdot \frac{275,41}{2,83} + 0,778 = 5,25 \text{ Nm}$$

Ukupni moment inercije iznosi:

$$I_R = I_{rot} + I_{trans} = 0,01913 + 0,02686 = 0,04599 \text{ kgm}^2$$

Minimalno vrijeme pokretanja bez tereta iznosi:

$$t_{min} = 1,2 \cdot \frac{\beta_v \cdot (m_v + m_n) \cdot v_{vož}}{\mu \cdot G_a - W_v} = 1,2 \cdot \frac{1,71 \cdot (1100 + 2600) \cdot 0,4667}{0,12 \cdot 12099 - 200} = 2,83 \text{ s}$$

$$\beta_v = 1 + \frac{I_{rot}}{I_{trans}} = 1 + \frac{0,01913}{0,02686} = 1,71$$

$$G_a = G \cdot \frac{n_p}{n_k} = (1100 + 2600) \cdot 9,81 \cdot \frac{2}{6} = 12099 \text{ N}$$

gdje je $n_k = 6$ broj kotača vitla, a broj pogonskih kotača je:

$$n_p \geq n_k \cdot \left(\frac{F_p}{\mu \cdot m_v \cdot g} \right) = 4 \cdot \left(\frac{299,21}{0,12 \cdot 1100 \cdot 9,81} \right) = 1,93$$

gdje je koeficijent trenja za granike u otvorenom prostoru $\mu_a = 0,12$, otpori vožnje su $W_v = 200 \text{ N}$.

$$M_{po} = 5,25 \text{ Nm} > 1,5 \cdot M_n = 1,5 \cdot 1,82 = 2,73 \text{ Nm}$$

ZADOVOLJAVA

4.3.6.3 Provjera kočnice motora

Mora biti zadovoljen sljedeći uvjet:

$$M_{kpotr} > M_k$$

Potrebni moment kočenja iznosi:

$$\begin{aligned} M_{kpotr} &= I_R \cdot \varepsilon_k - (m_v + m_n + Q_t) \cdot g \cdot f_e \cdot \frac{v_{vož}}{\omega_{EM}} \cdot \eta_k \\ &= 0,04599 \cdot 69,03 - (1100 + 2600 + 5000) \cdot 9,81 \cdot \frac{5}{1000} \cdot \frac{0,4667}{275,41} \cdot 0,925 \\ &= 2,51 \text{ Nm} \end{aligned}$$

gdje je stupanj korisnosti u kočnom stanju:

$$\eta_k = 2 - \frac{1}{\eta} = 2 - \frac{1}{0,93} = 0,925$$

Kutno usporavanje iznosi:

$$\varepsilon_{EM} = \frac{\omega_{EM}}{t_k} = \frac{275,41}{3,99} = 69,03 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Vrijeme kočenja:

$$t_k \leq 5 \cdot \beta_v \cdot v_v = 5 \cdot 1,71 \cdot 0,4667 = 3,99 \text{ s}$$

$$M_{kpotr} = 2,51 \text{ Nm} < M_k = 3,3 \text{ Nm}$$

ZADOVOLJAVA

4.3.7 Provjera čvrstoće svornjaka zglobnih veza

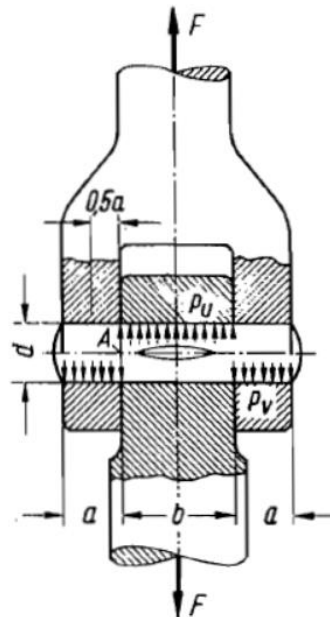
Svornjaci se proračunavaju na bočni tlak, savijanje i odrez.

Dopuštenja naprezanja za čelik E295 prema [6] iznose:

$$p_{dop} = 100 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{f,dop} = 80 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{a,dop} = 52 \frac{N}{mm^2}$$



Slika 46. Prikaz geometrije zglobne veze

4.3.7.1 Zglobna veza između vertikalnog stupa i glavnog nosača

Geometrijski parametri i opterećenje:

$$a = 20 \text{ mm}$$

$$b = 35 \text{ mm}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{40^2 \cdot \pi}{4} = 1256,64 \text{ mm}^2$$

$$F = \sqrt{F_{AH}^2 + F_{AV}^2} = \sqrt{59599,03^2 + 6592,54^2} = 59962,54 \text{ N}$$

Naprezanja svornjaka:

$$p_v = \frac{F}{2 \cdot a \cdot d} = \frac{59962,54}{2 \cdot 20 \cdot 40} = 37,48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$p_u = \frac{F}{b \cdot d} = \frac{59962,54}{35 \cdot 40} = 42,83 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_f = \frac{0,5 \cdot F \cdot 0,5 \cdot a}{0,1 \cdot d^3} = \frac{0,5 \cdot 59962,54 \cdot 0,5 \cdot 20}{0,1 \cdot 40^3} = 46,85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_a = \frac{F}{2 \cdot A} = \frac{59962,54}{2 \cdot 1256,64} = 12,21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

4.3.7.2 Zglobna veza ukrute sa nosivom konstrukcijom

Geometrijski parametri i opterećenje:

$$a = 20 \text{ mm}$$

$$b = 35 \text{ mm}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{40^2 \cdot \pi}{4} = 1256,64 \text{ mm}^2$$

$$F = F_U = 66515,14 \text{ N}$$

Naprezanja svornjaka:

$$p_v = \frac{F}{2 \cdot a \cdot d} = \frac{66515,14}{2 \cdot 20 \cdot 40} = 41,57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$p_u = \frac{F}{b \cdot d} = \frac{66515,14}{35 \cdot 40} = 47,51 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_f = \frac{0,5 \cdot F \cdot 0,5 \cdot a}{0,1 \cdot d^3} = \frac{0,5 \cdot 66515,14 \cdot 0,5 \cdot 20}{0,1 \cdot 40^3} = 51,96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_a = \frac{F}{2 \cdot A} = \frac{66515,14}{2 \cdot 1256,64} = 26,47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ZADOVOLJAVA

5. ZAKLJUČAK

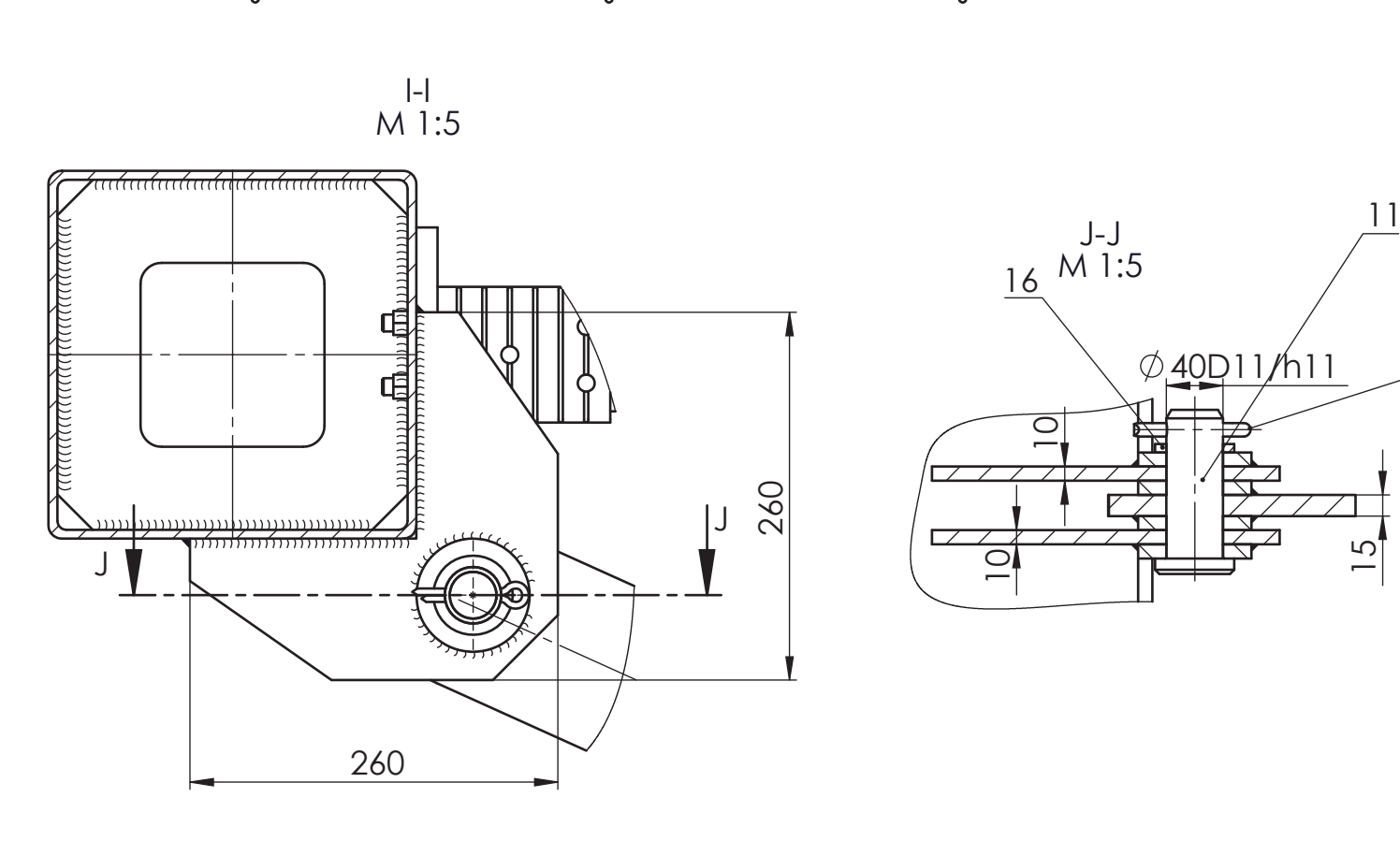
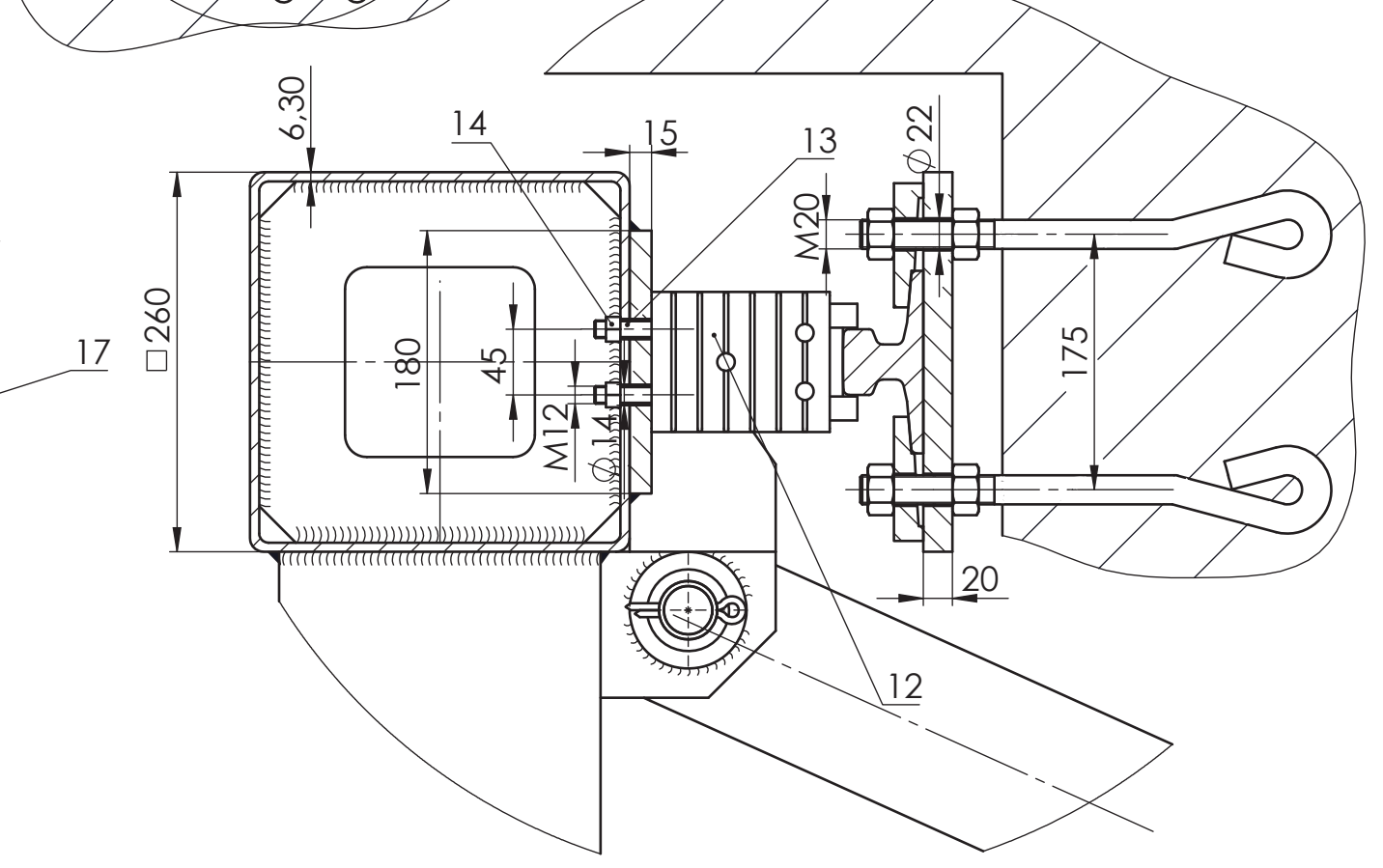
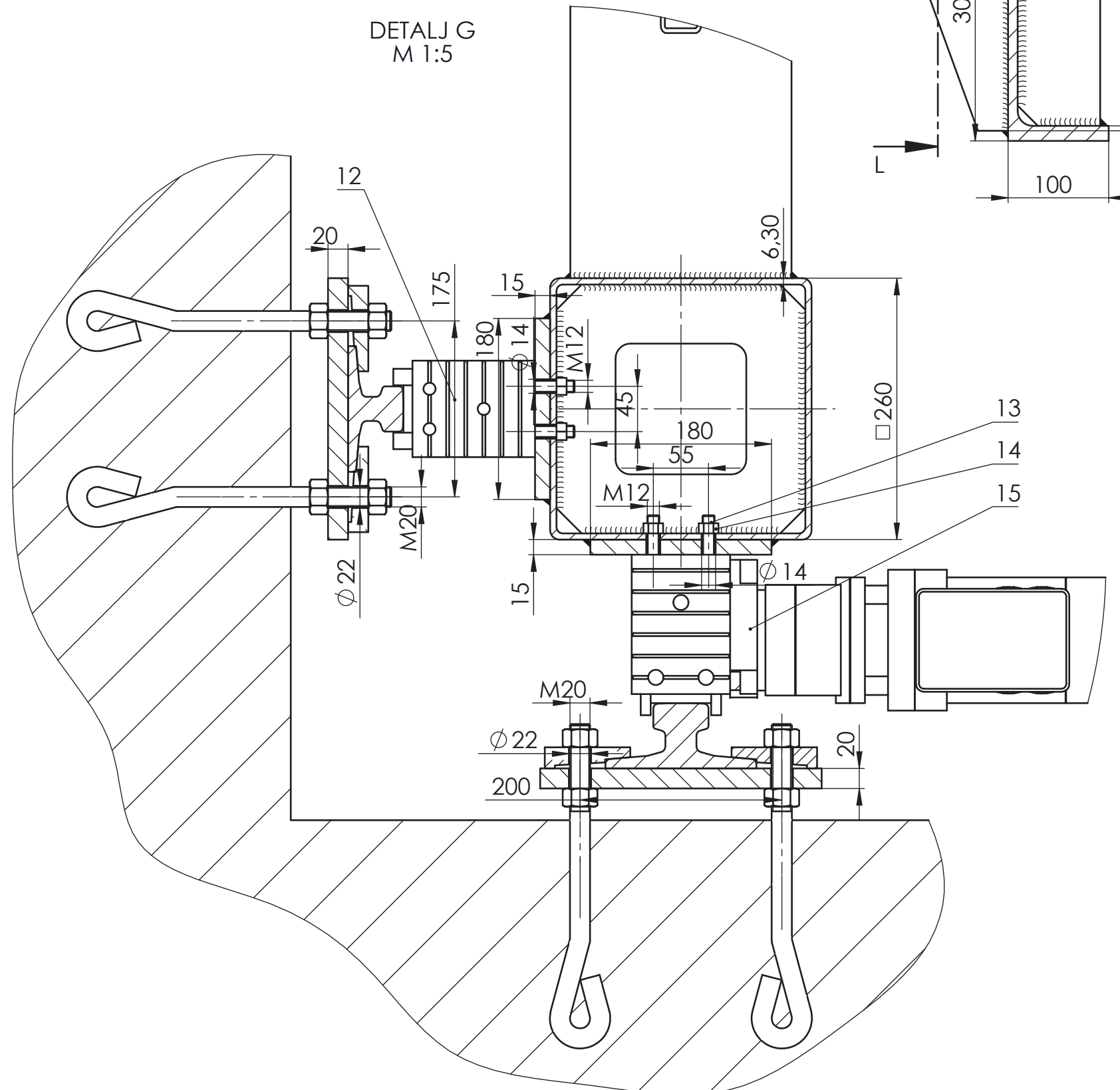
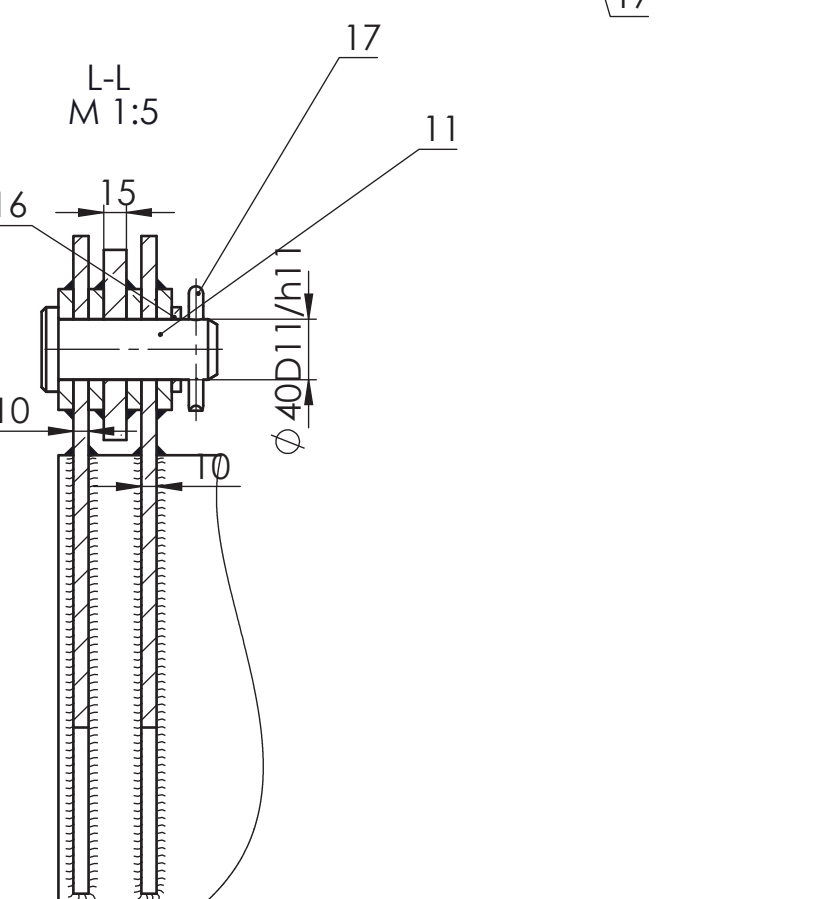
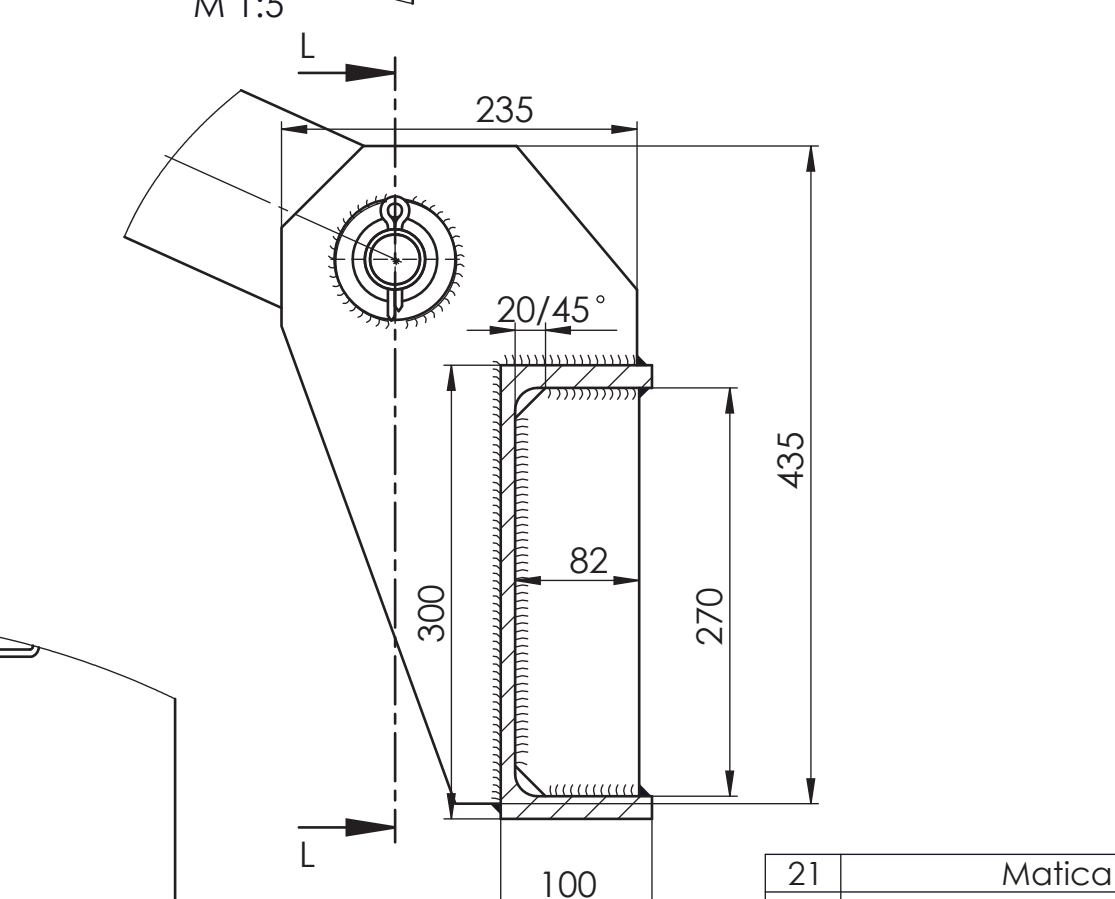
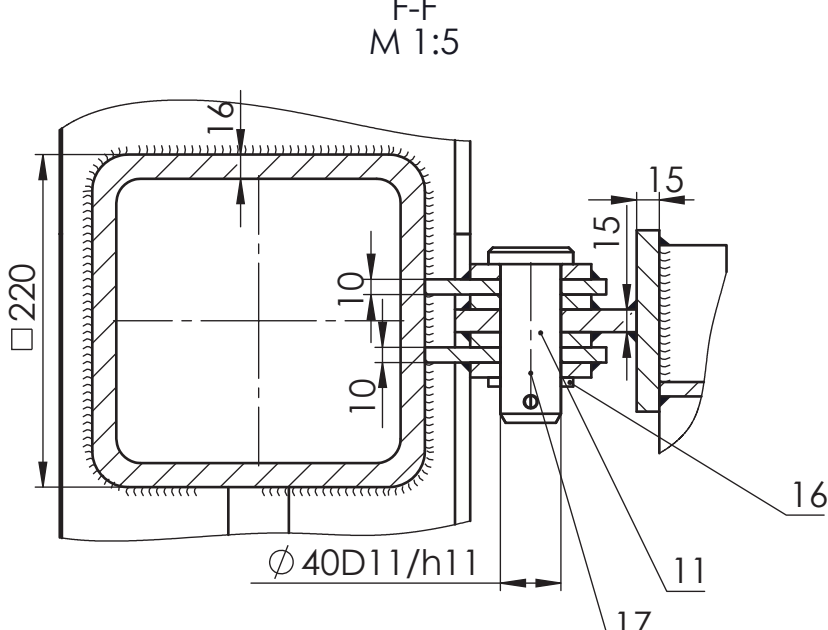
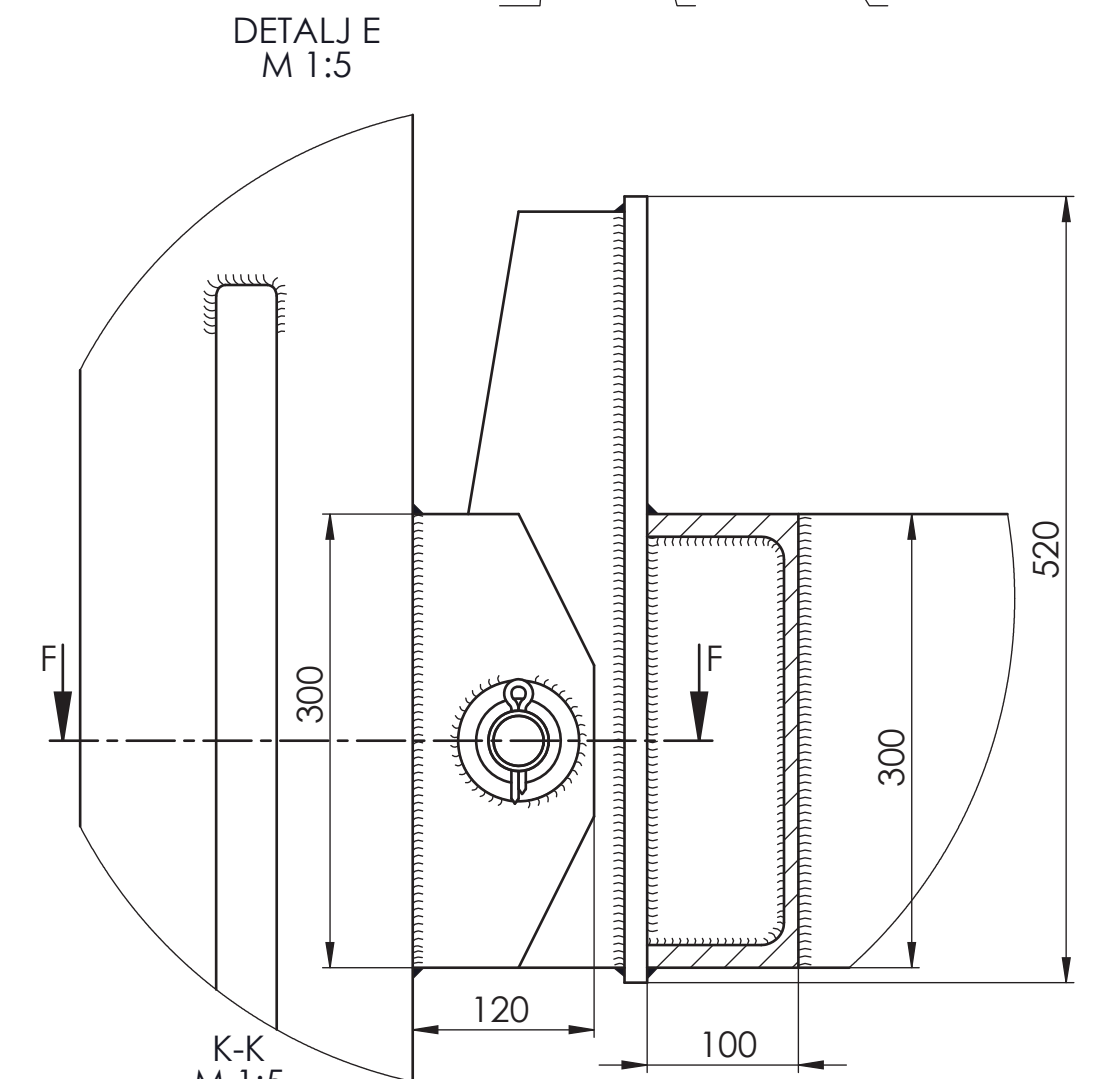
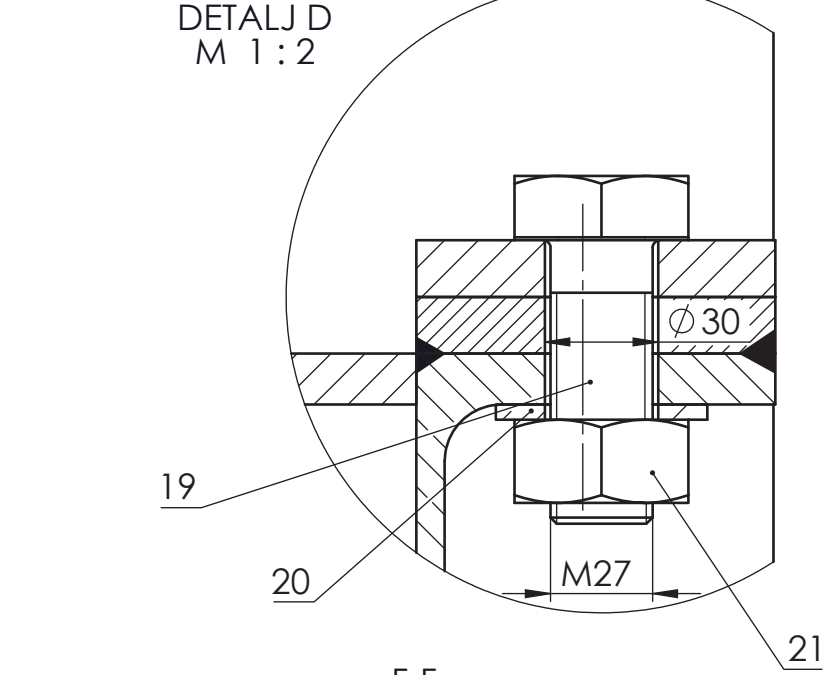
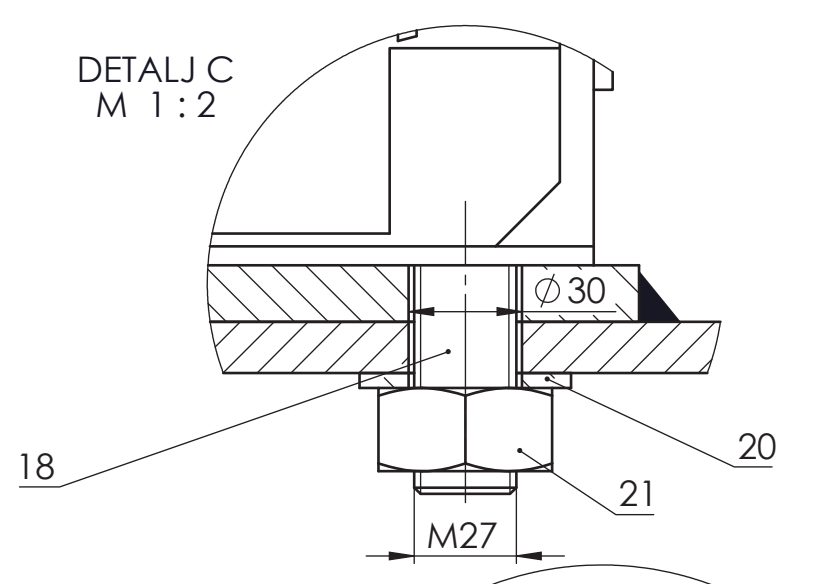
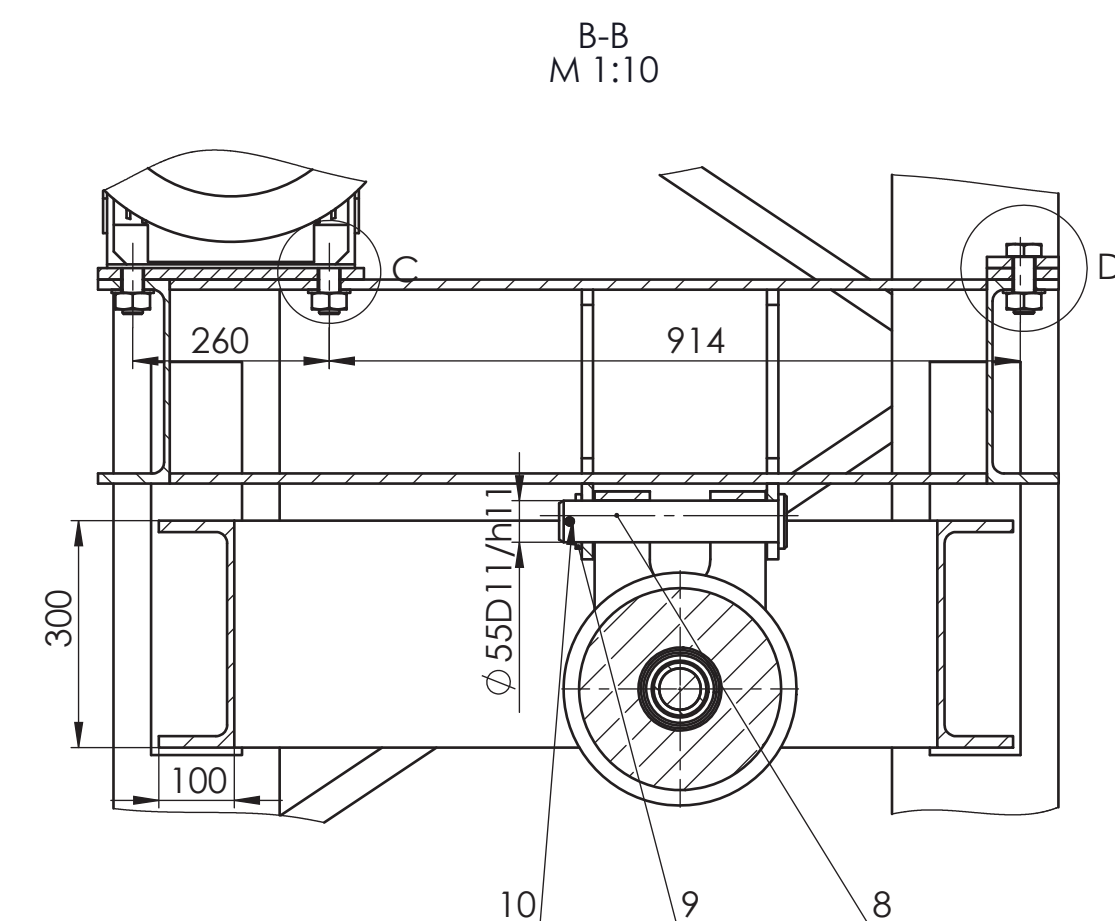
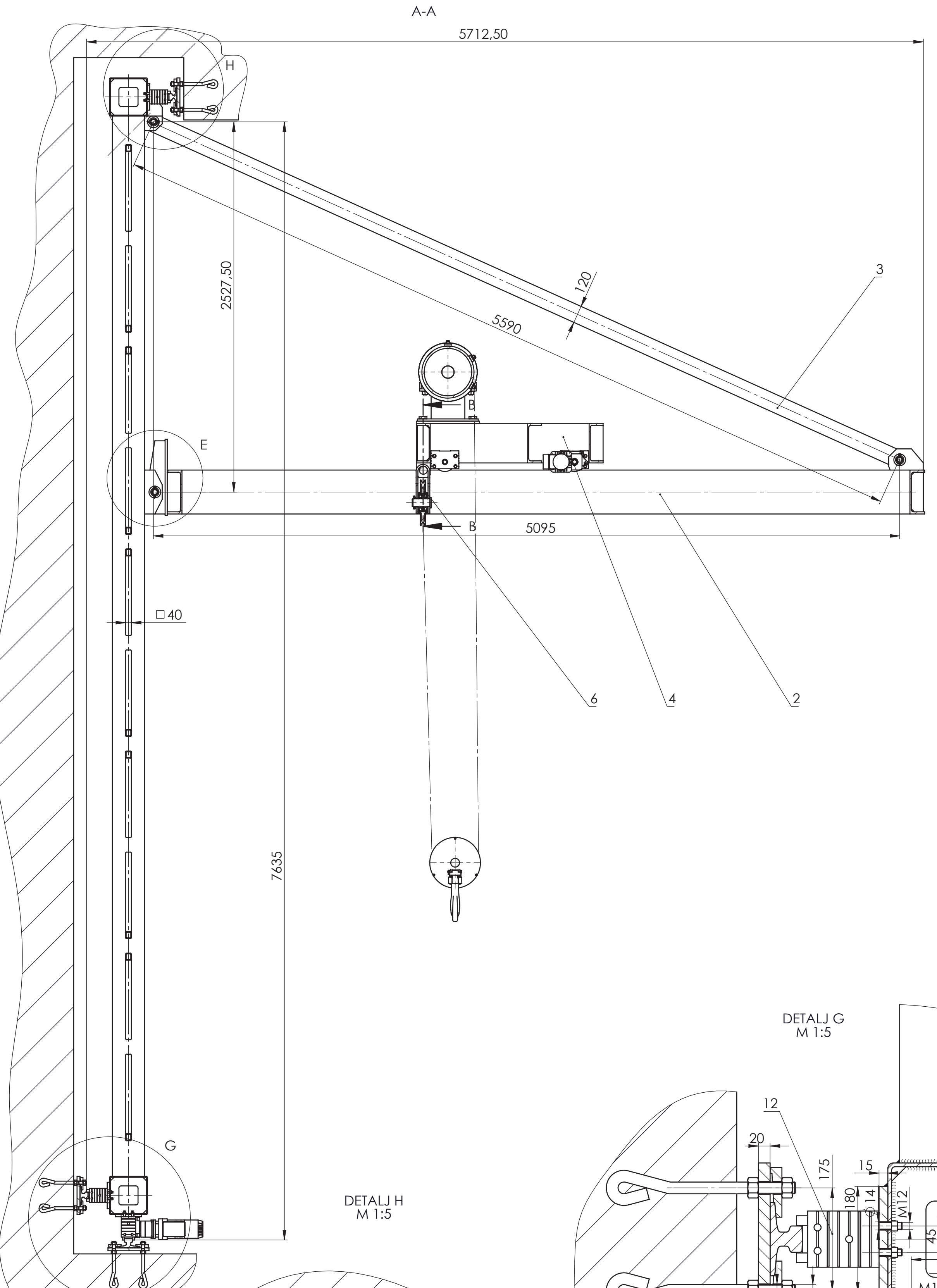
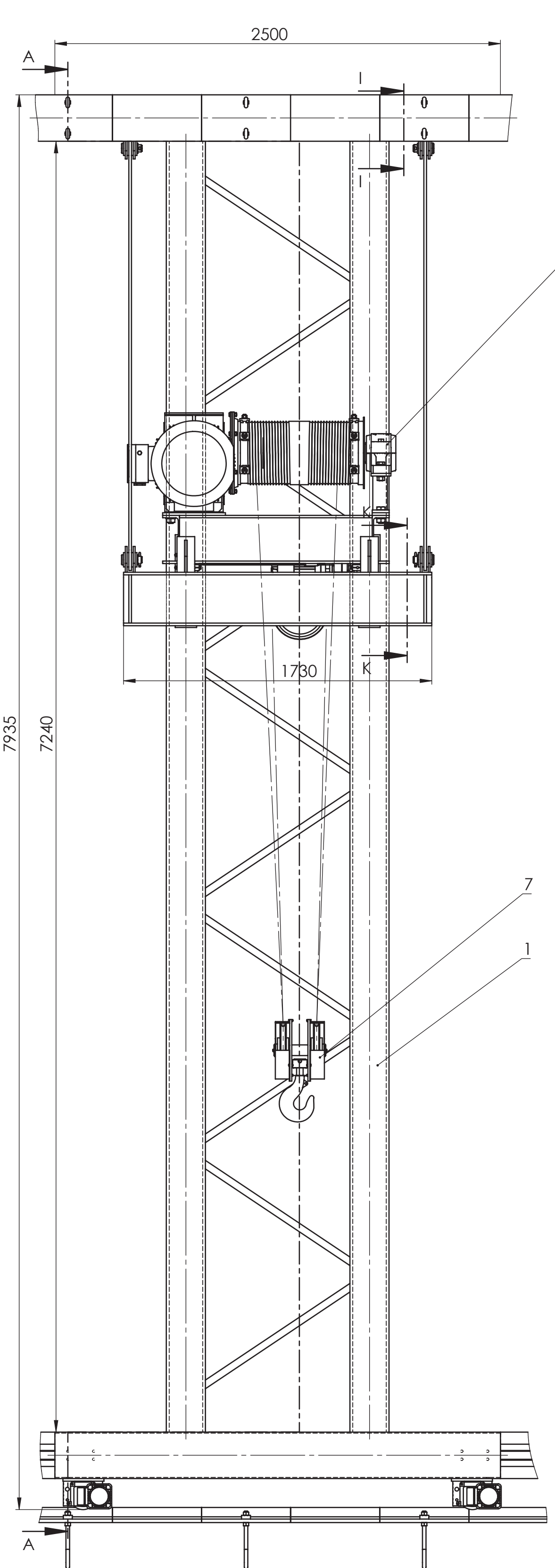
Prema prethodno obavljenom proračunu konstruiran je zidni granik s konzolnom voznom stazom. Da bi se ovaj granik mogao koristiti, mora biti u skladu s proračunom, ali i s važećim međunarodnim i hrvatskim normama i pravilnicima. Nosiva konstrukcija se sastoji od tri dijela: stup koji nosi cijelu strukturu graniku, glavni nosač koji ima ulogu vozne staze i ukruta koja smanjuje progib da bi se zadovoljila važeća norma. Stupovi i uzdužni nosači stupova su napravljeni od pravokutnih kutijastih HSS profila, a ukrućeni su dijagonalnim manjim profilima koji se nalaze između stupova. Glavni nosač koji ima ulogu vozne staze je iz UPE profila i vezan je na stup zglobnom vezom pomoću svornjaka s glavom. Ukruta povezuje kraj vozne staze s vrhom stupa i izrađena je od plosnatog lima, i vezana je zglobnim vezama. Granik se kreće blokovima kotača proizvođača Demag po tračnicama određenima normom i pričvršćena za betonsku podlogu sidrenim vijcima. Sam sustav za podizanje tereta se sastoji vitla koje je izrađeno iz UPE profila i vozi se na blokovima kotača već navedenog proizvođača, na kojem se nalaze elektromotor za podizanje proizvođača Wattdrive i bubanj za namatanje užeta. Bubanj koristi dvoredni kuglična samopodesivi ležaj da se omogući blagi progib bubnja, a da ne dođe do oštećenja ležaja. Korišteno je čelično prameno paralelno pleteno uže Seale zbog toga što je trajnije. Kod mehanizma za dizanje korišten je udvojeni faktorski koloturnik jer svojim prijenosim omjerom smanjuje potrebnu snagu elektromotora za dizanje. Sustav udvojenog koloturnika ostvaruje se izravnavajućom užnicom montiranom na sklopu vitla i sa dvije užnice montirane na sklopu kuke.

6. LITERATURA

- [1] Ščap, D.: Transportni uređaji – podloge uz predavanja, FSB, Zagreb, 2004.
- [2] Ščap, D.: Prenosila i dizala – podloga za konstrukciju i proračun, FSB, Zagreb, 1990.
- [3] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb 1997.
- [4] www.skf.com
- [5] www.wattdrive.com
- [6] Decker, K.-H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga, Zagreb, 2006.
- [7] www.demagcranes.de

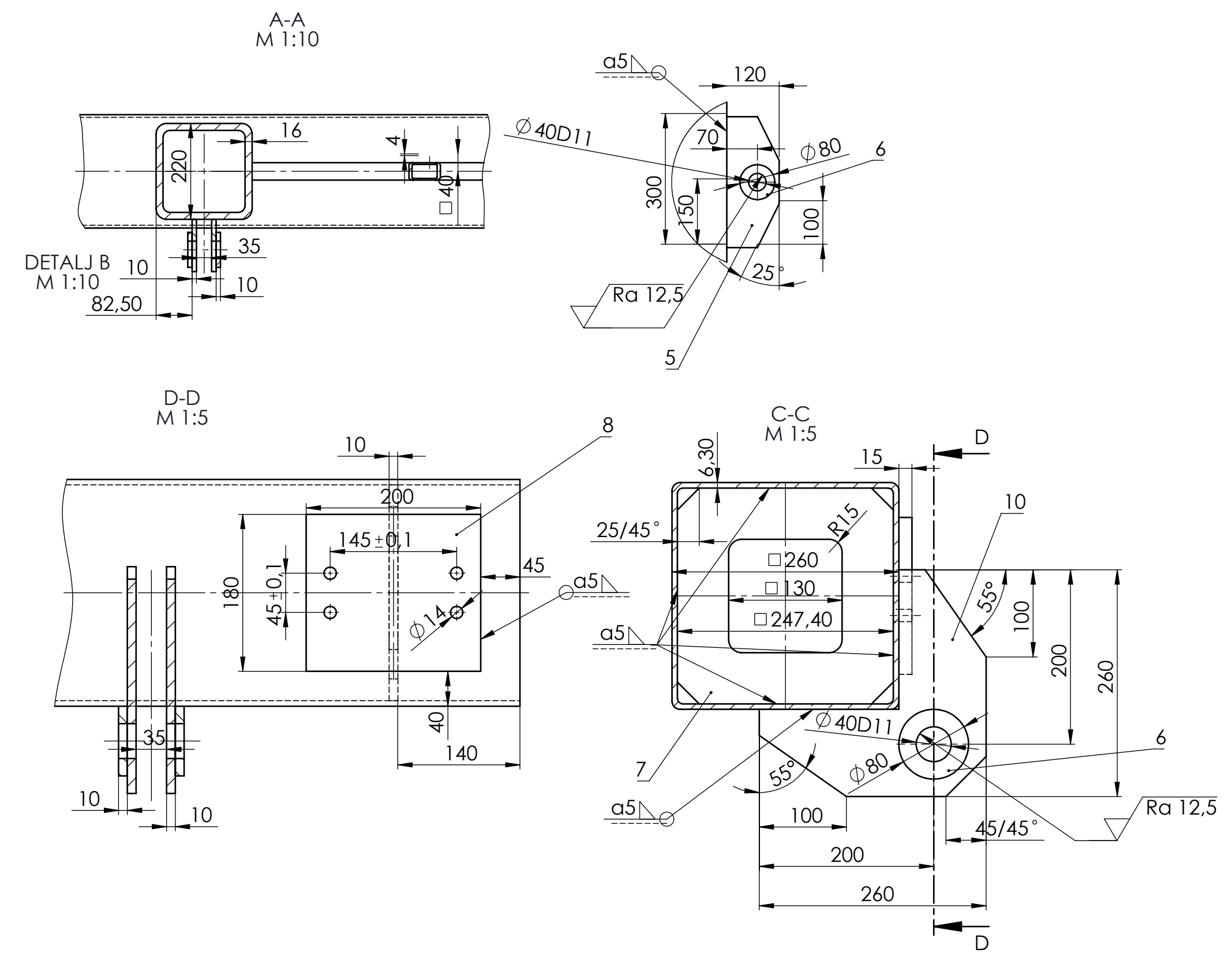
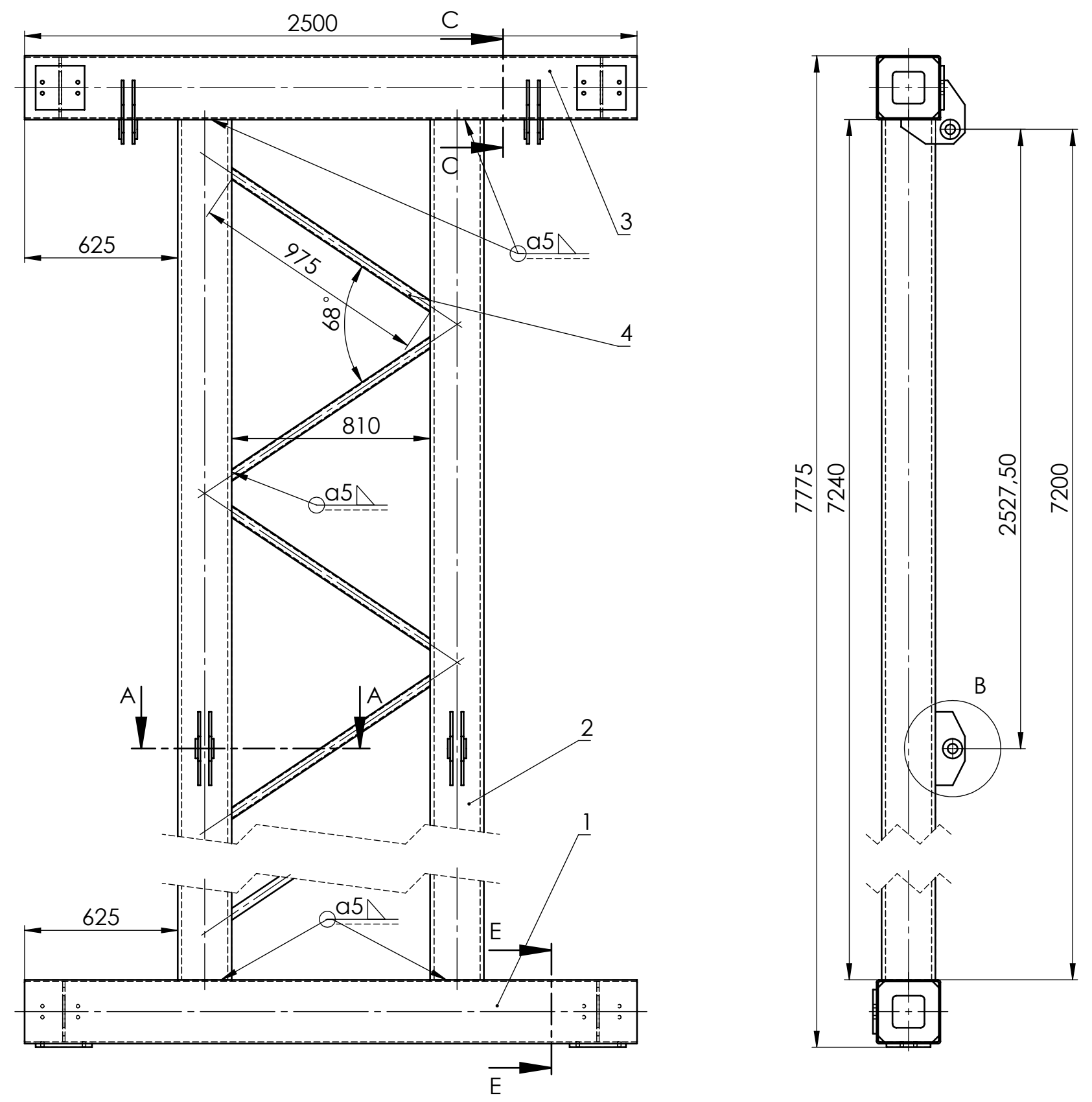
7. PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija



| 21 | Matica M27 | 6 | ISO 4035 | 8 | DIV | | | |
|------|--------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------|----------------|------------------|------------|------|
| 20 | Podložna pločica M27 | 6 | ISO 8738 | 140HV | DIV | | | |
| 19 | Vijak M27x75 | 2 | ISO 4017 | 8.8 | DIV | | | |
| 18 | Navojna šipka M27x85 | 4 | DIN 976 | 8.8 | DIV | | | |
| 17 | Rascjepka 8x56 | 6 | ISO 1234 | A4 | DIV | | | |
| 16 | Podložna pločica 40 | 6 | ISO 8738 | 140HV | DIV | | | |
| 15 | Sklop pogonskog kotača DRS 125 | 2 | | | | Demag | | |
| 14 | Matica M12 | 24 | ISO 4035 | 8 | DIV | | | |
| 13 | Navojna šipka M12x60 | 24 | DIN 976 | 8.8 | DIV | | | |
| 12 | Sklop gonjenog kotača DRS 112 | 4 | | | | Demag | | |
| 11 | Svarnjak s glavom 40x105 | 6 | MV-01-01-04 | E295 | 72x76 | | | |
| 10 | Rascjepka 10x63 | 1 | ISO 1234 | A4 | DIV | | | |
| 9 | Podložna pločica 55 | 1 | ISO 8738 | 140HV | DIV | | | |
| 8 | Svarnjak s glavom 55x300 | 1 | ISO 2340 | E295 | DIV | | | |
| 7 | Sklop kuke | 1 | MV-01-05 | | 575x346x306 | 70 kg | | |
| 6 | Sklop izravnavajuće užnice | 1 | MV-01-04 | | 417x308x129 | 29 kg | | |
| 5 | Sklop bubnja | 1 | MV-01-03 | | 1505x1475x560 | 803 kg | | |
| 4 | Sklop vitla | 1 | MV-01-02 | | 1275x1271x385 | 259 kg | | |
| 3 | Sklop ukrute | 2 | MV-01-01-03 | S235 | 5710x120x35 | 81 kg | | |
| 2 | Sklop glavnog nosača | 1 | MV-01-01-02 | S235 | 5305x1730x510 | 601 kg | | |
| 1 | Sklop stupa | 1 | MV-01-01-01 | S235 | 7760x2500x275 | 1815 kg | | |
| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj | Norma | Materijal | Sirove dimenzije | Proizvođač | Masa |
| | Broj naziva - code | Datum | Ime i prezime | Potpis | | | | |
| | Projektno | 14.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | | | |
| | Razradio | 14.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | | | |
| | Crtao | 14.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | | | |
| | Pregledao | 14.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | | | |
| | Mentor | 14.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | | | |
| | ISO - tolerancije | Objekt: | ZIDNI GRANIK | Objekt broj: | | | | |
| | 40D11/h11 | | | R. N. broj: | | | | |
| | | Napomena: | | Smjer: | Konstruktivski | Kopija | | |
| | | Materijal: | Masa:3757 kg | | Završni rad | | | |
| | | Mjerilo originala | 1:50 | Naziv: | ZIDNI GRANIK | Pozicija: | Format: A1 | |
| | | | | Crtež broj: | MV-01-00 | | Listova: 1 | |
| | | | | | | | List: 1 | |

① / Ra 12,5

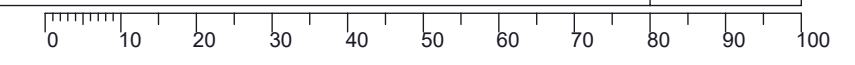


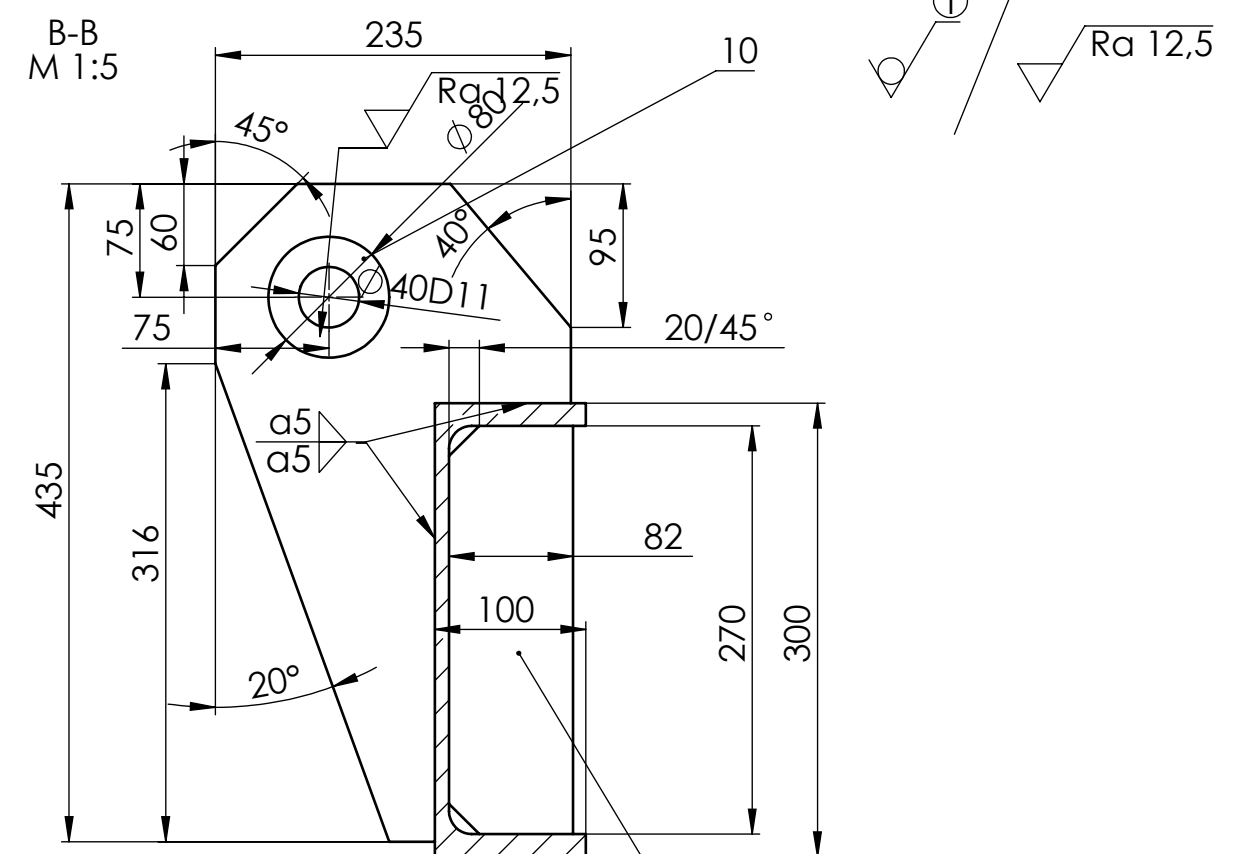
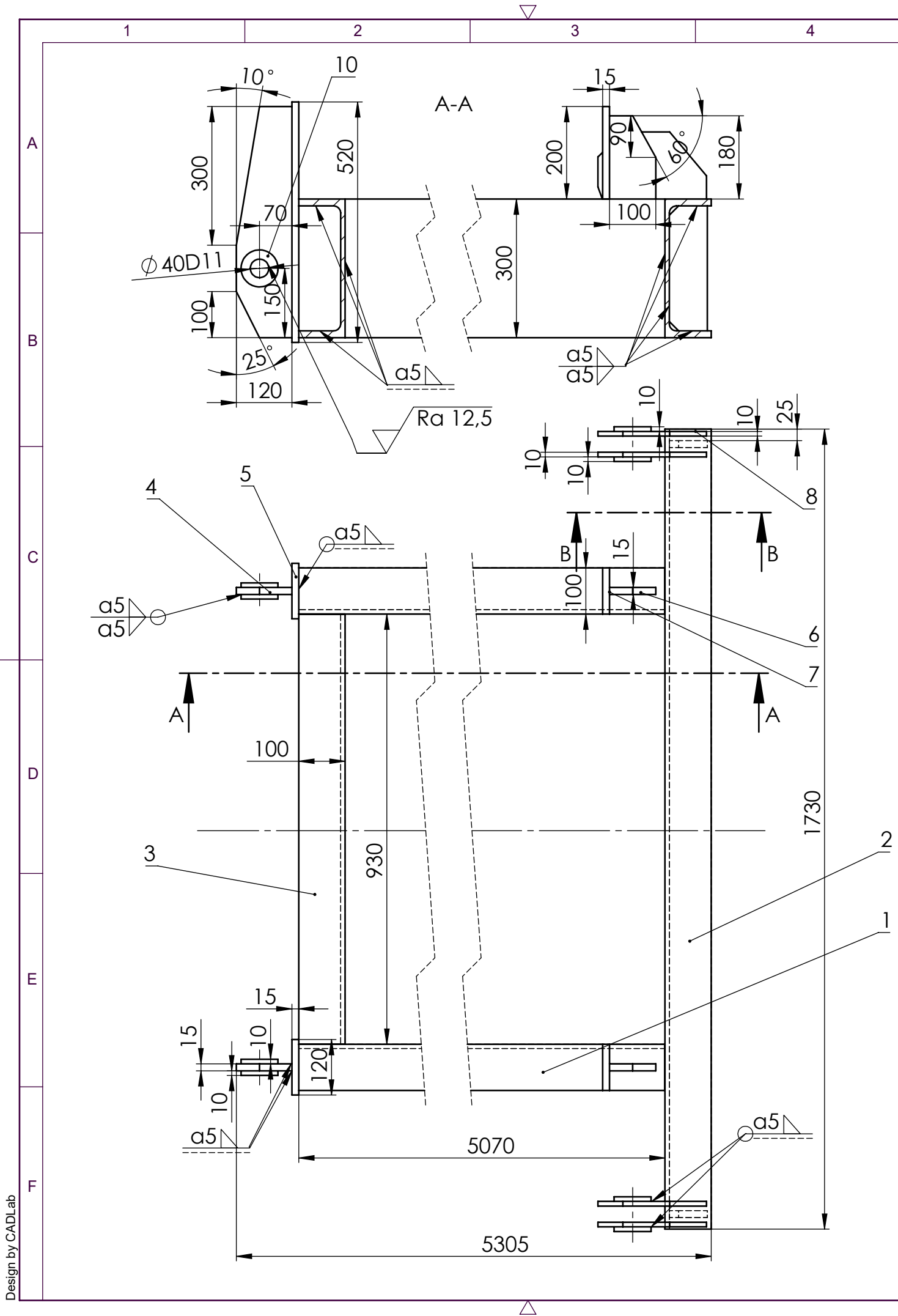
Napomena:
 1. Sve oštre bridove nakon rezanja i bušenja obraditi.
 2. Provrite bušiti i razvrtavati nakon zavarivanja.

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|------|----------------------------------|------|------------------|-----------|-----------------------------|--------|
| 10 | Ušica ukrute | 4 | | S235 | 260x260x10 | 2,5 kg |
| 9 | Ploča pogonskih kotača | 2 | | S235 | 230x180x15 | 4,1 kg |
| 8 | Ploča gonjenih kotača | 4 | | S235 | 200x180x15 | 4,5 kg |
| 7 | Rebro | 4 | | S235 | 247,4x247,4x10 | 4,5 kg |
| 6 | Prsten ušice | 8 | | S235 | Ø 80x10 | 0,2 kg |
| 5 | Ušica glavnog nosača | 4 | | S235 | 300x120x10 | 2 kg |
| 4 | Ukruta stupova HSS 40x40x4 | 10 | | S235 | 40x40x975 | 722 kg |
| 3 | Gornji uzdužni nosač HSS 220x6,3 | 1 | | S235 | 260x260x2500 | 124 kg |
| 2 | Vertikalni nosač HSS 220x16 | 2 | | S235 | 220x220x7240 | 722 kg |
| 1 | Donji uzdužni nosač HSS 260x6,3 | 1 | | S235 | 260x260x2500 | 124 kg |

| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | Potpis | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|--------------------|--|--------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|------|
| Projekтираo | | 15.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Razradio | | 15.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Crtao | | 15.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Pregledao | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: ZIDNI GRANIK | | Objekt broj: | | |
| Ø 40D11 | | +0,265 +0,080 | | R. N. broj: | | |
| Napomena: | | Materijal: Masa: 1815 kg | | Smjer: Konstruktivski | | |
| Materijal: | | Masa: 1815 kg | | Završni rad | | |
| Mjerilo originala | | Naziv: SKLOP STUPA | | Pozicija: 1 | | |
| 1:100 | | Crtež broj: MV-01-01-01 | | Format: A3 | | |
| | | | | Listova: 2 | | |
| | | | | List: 1 | | |

FSB Zagreb
 Studij strojarstva



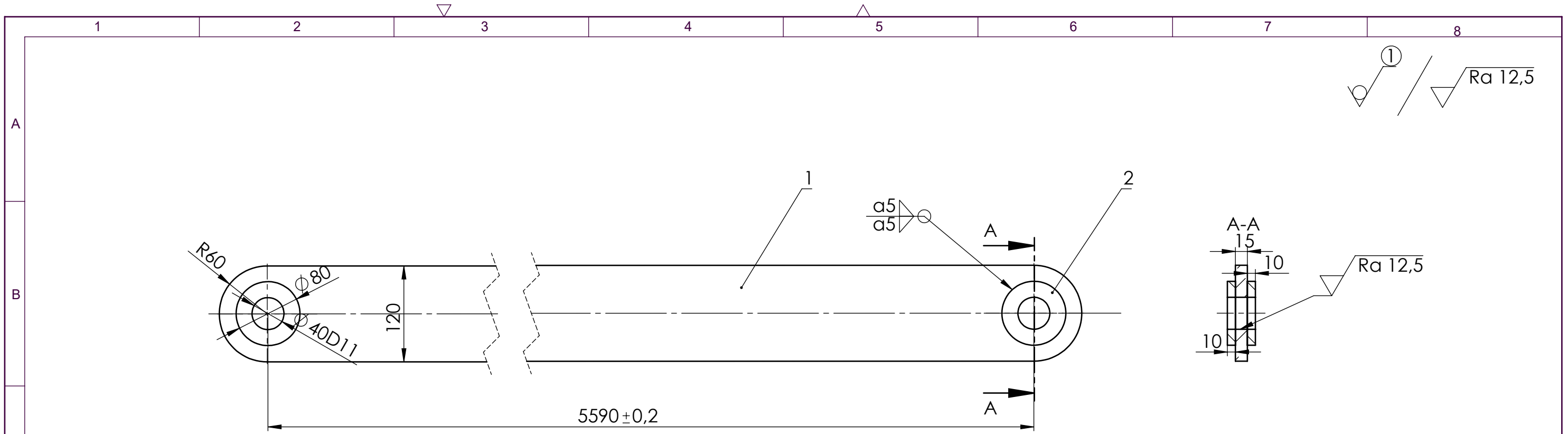


Napomena:
 1. Sve oštre bridove nakon rezanja i bušenja obraditi.
 2. Provrtite bušiti i razvrtavati nakon zavarivanja.


| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|------|------------------------|------|------------------|--------------|-----------------------------|------|
| 10 | Prsten ušice | 8 | S235 | Ø 80x10 | 0,2 kg | |
| 9 | Rebro | 2 | S235 | 270x90,5x15 | 2,5 kg | |
| 8 | Ušica za ukrtu | 4 | S235 | 440x240x10 | 4 kg | |
| 7 | Gračnik | 2 | S235 | 200x100x15 | 2 kg | |
| 6 | Rebro gračnika | 2 | S235 | 180x100x15 | 1,5 kg | |
| 5 | Ploča ušice | 2 | S235 | 510x120x15 | 7 kg | |
| 4 | Ušica za stup | 2 | S235 | 510x120x15 | 5 kg | |
| 3 | Ukruta UPE 300 | 1 | S235 | 300x100x930 | 41 kg | |
| 2 | Nosač ušica UPE 300 | 1 | S235 | 300x100x1730 | 76 kg | |
| 1 | Poprečni nosač UPE 300 | 2 | S235 | 300x100x5070 | 224 kg | |

| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb Studij strojarstva |
|--------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|--|
| Projektirao | | 14.2.2017. | Mateo Vugrinec | | |
| Razradio | | 14.2.2017. | Mateo Vugrinec | | |
| Crtao | | 14.2.2017. | Mateo Vugrinec | | |
| Pregledao | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | |
| Mentor | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: | Objekt broj: | | |
| Ø 40D11 | +0,265 +0,080 | ZIDNI GRANIK | | | |
| Napomena: | | Smjer: Konstruktivski | | Kopija | |
| Materijal: | | Masa: 601 kg | Završni rad | | |
| Mjerilo originala | | Naziv: SKLOP GLAVNOG NOSAČA | | Pozicija: 2 | |
| 1:10 | | Crtež broj: MV-01-01-02 | | Format: A3 | |
| | | | | Listova: 1 | |
| | | | | List: 1 | |

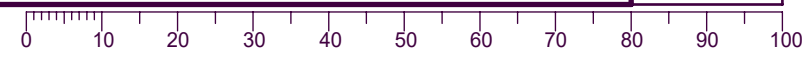


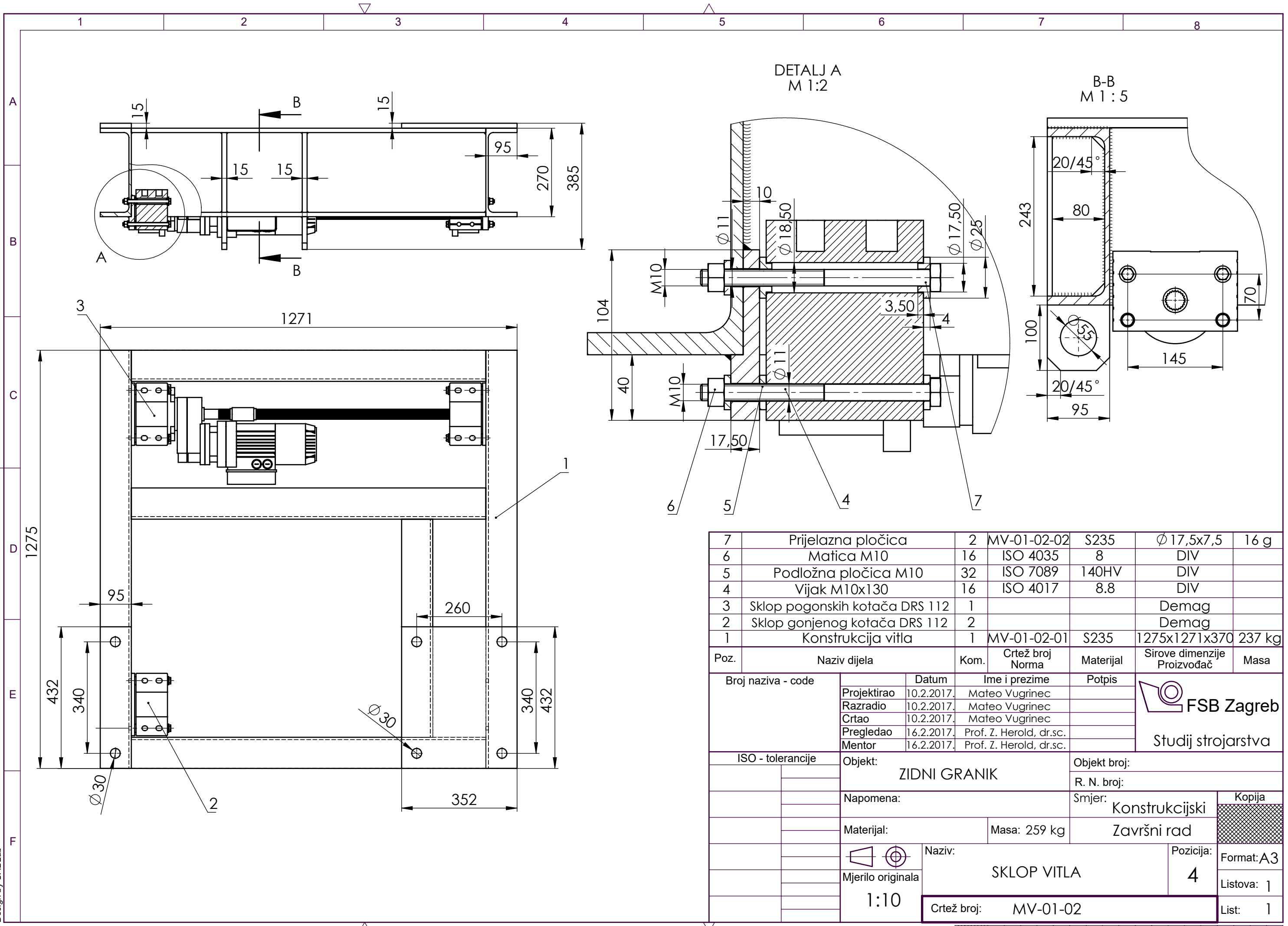


Napomena:
 1. Sve oštre bridove nakon rezanja i bušenja obraditi.
 2. Provrte bušiti i razvrtavati nakon zavarivanja.

| 2 | Prsten | 4 | | S235 | 5830x120x15 | 0,2 kg |
|--------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|---|
| 1 | Ukruta | 1 | | S235 | 300x100x5070 | 80 kg |
| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | | Potpis |  Studij strojarstva |
| Projektirao | | 15.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Razradio | | 15.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Crtao | | 15.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Pregledao | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| Mentor | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: ZIDNI GRANIK | | | Objekt broj: | |
| Ø 40D11 | +0,265 +0,080 | | | | R. N. broj: | |
| Napomena: | | | | Smjer: Konstrukcijski | | Kopija |
| Materijal: | | | Masa: 81 kg | | Završni rad | |
| Mjerilo originala | | Naziv: SKLOP UKRUTE | | | Pozicija: 3 | |
| 1:5 | | Crtež broj: MV-01-01-03 | | | List: 1 | |

Design by CADLab



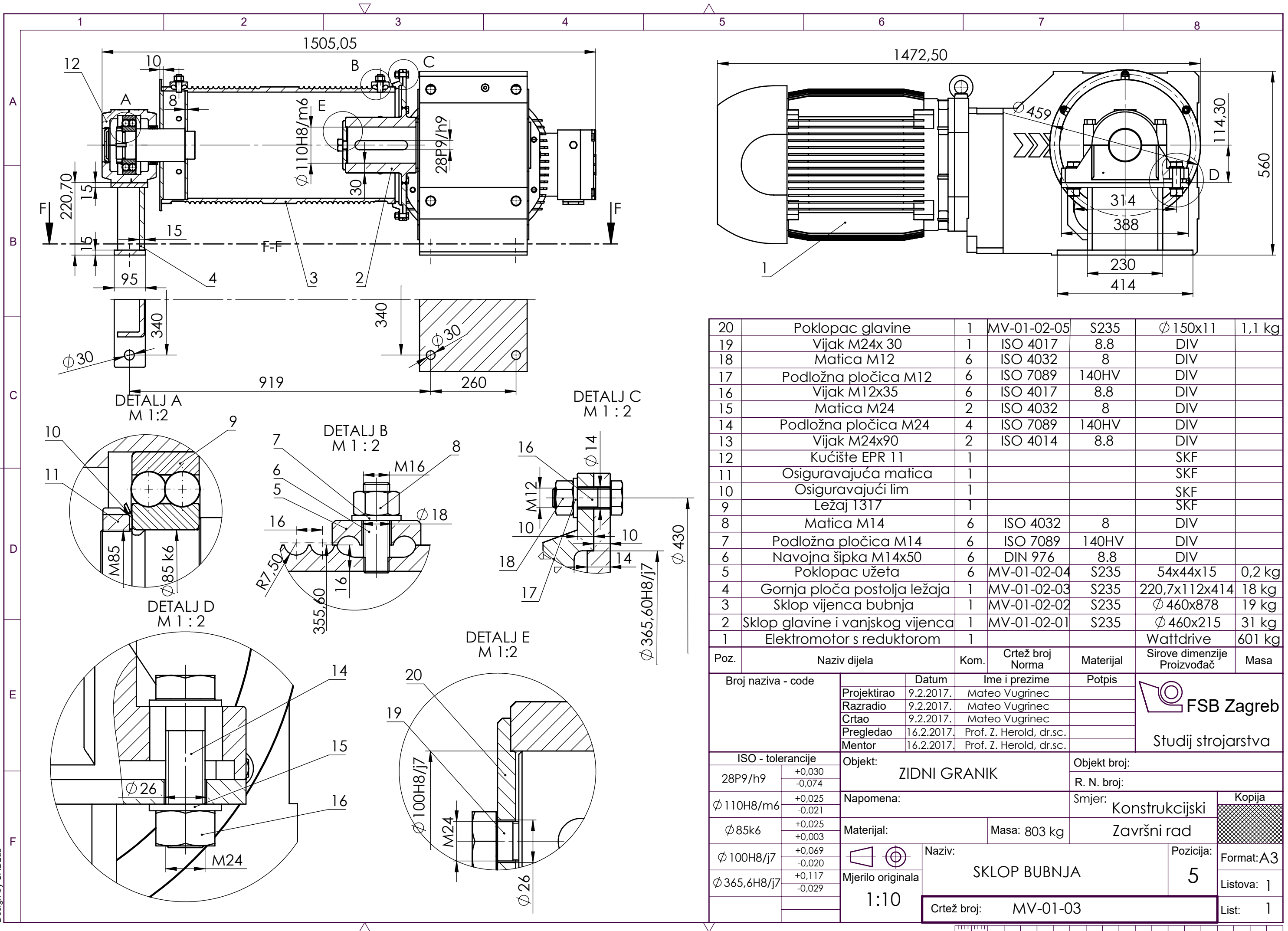


| | | | | | | |
|---|--------------------------------|----|-------------|-------|---------------|--------|
| 7 | Prijelazna pločica | 2 | MV-01-02-02 | S235 | Ø 17,5x7,5 | 16 g |
| 6 | Matica M10 | 16 | ISO 4035 | 8 | DIV | |
| 5 | Podložna pločica M10 | 32 | ISO 7089 | 140HV | DIV | |
| 4 | Vijak M10x130 | 16 | ISO 4017 | 8.8 | DIV | |
| 3 | Sklop pogonskih kotača DRS 112 | 1 | | | Demag | |
| 2 | Sklop gonjenog kotača DRS 112 | 2 | | | Demag | |
| 1 | Konstrukcija vitla | 1 | MV-01-02-01 | S235 | 1275x1271x370 | 237 kg |

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|--------------------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------|--|---|
| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | | Potpis | |
| Projektirao | | 10.2.2017. | Mateo Vugrinec | |  FSB Zagreb Studij strojarstva | |
| Razradio | | 10.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Crtao | | 10.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Pregledao | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| Mentor | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: | | Objekt broj: | | |
| | | ZIDNI GRANIK | | R. N. broj: | | |
| | | Napomena: | | Smjer: | | Kopija |
| | | | | Konstrukcijski | |  |
| | | | | Završni rad | | |
| | | Materijal: | | Masa: 259 kg | Završni rad | |
| | | Naziv: | | Pozicija: | | |
| | | SKLOP VITLA | | 4 | | |
| | | Mjerilo originala | | Listova: 1 | | |
| | | 1:10 | | List: 1 | | |
| | | Crtež broj: MV-01-02 | | | | |



Design by CADLab

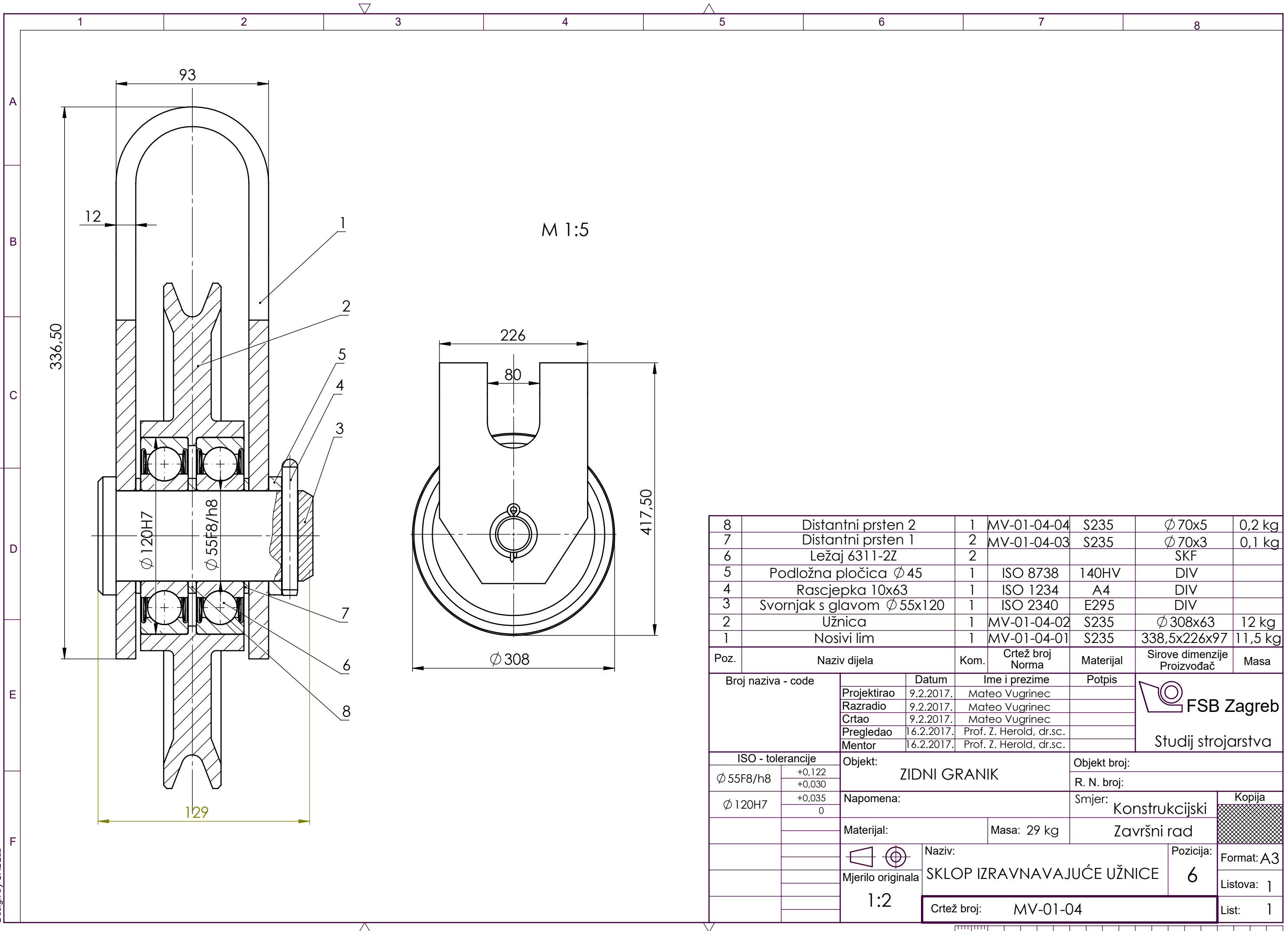


| | | | | | | |
|----|----------------------------------|---|-------------|-------|---------------|--------|
| 20 | Poklopac glavine | 1 | MV-01-02-05 | S235 | Ø 150x11 | 1,1 kg |
| 19 | Vijak M24x 30 | 1 | ISO 4017 | 8.8 | DIV | |
| 18 | Matica M12 | 6 | ISO 4032 | 8 | DIV | |
| 17 | Podložna pločica M12 | 6 | ISO 7089 | 140HV | DIV | |
| 16 | Vijak M12x35 | 6 | ISO 4017 | 8.8 | DIV | |
| 15 | Matica M24 | 2 | ISO 4032 | 8 | DIV | |
| 14 | Podložna pločica M24 | 4 | ISO 7089 | 140HV | DIV | |
| 13 | Vijak M24x90 | 2 | ISO 4014 | 8.8 | DIV | |
| 12 | Kućište EPR 11 | 1 | | | SKF | |
| 11 | Osiguravajuća matica | 1 | | | SKF | |
| 10 | Osiguravajući lim | 1 | | | SKF | |
| 9 | Ležaj T317 | 1 | | | SKF | |
| 8 | Matica M14 | 6 | ISO 4032 | 8 | DIV | |
| 7 | Podložna pločica M14 | 6 | ISO 7089 | 140HV | DIV | |
| 6 | Navojna šipka M14x50 | 6 | DIN 976 | 8.8 | DIV | |
| 5 | Poklopac užeta | 6 | MV-01-02-04 | S235 | 54x44x15 | 0,2 kg |
| 4 | Gornja ploča postolja ležaja | 1 | MV-01-02-03 | S235 | 220,7x112x414 | 18 kg |
| 3 | Sklop vijenca bubnja | 1 | MV-01-02-02 | S235 | Ø 460x878 | 19 kg |
| 2 | Sklop glavine i vanjskog vijenca | 1 | MV-01-02-01 | S235 | Ø 460x215 | 31 kg |
| 1 | Elektromotor s reduktorom | 1 | | | Wattdrive | 601 kg |

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|--------------------|------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|---|------|
| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | | Potpis | |
| Projektirao | | 9.2.2017. | Mateo Vugrinec | | FSB Zagreb Studij strojarstva | |
| Razradio | | 9.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Crtao | | 9.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Pregledao | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| Mentor | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: | | Objekt broj: | | |
| 28P9/h9 | +0,030 -0,074 | ZIDNI GRANIK | | R. N. broj: | | |
| Ø 110H8/m6 | +0,025 -0,021 | Napomena: | | Smjer: Konstrukcijski | | |
| Ø 85k6 | +0,025 +0,003 | Materijal: | | Masa: 803 kg | | |
| Ø 100H8/j7 | +0,069 -0,020 | Mjerilo originala | | Završni rad | | |
| Ø 365,6H8/j7 | +0,117 -0,029 | 1:10 | | Naziv: SKLOP BUBNJA | | |
| | | Crtež broj: MV-01-03 | | Pozicija: 5 | | |
| | | | | Format: A3 | | |
| | | | | Listova: 1 | | |
| | | | | List: 1 | | |



Design by CADLab

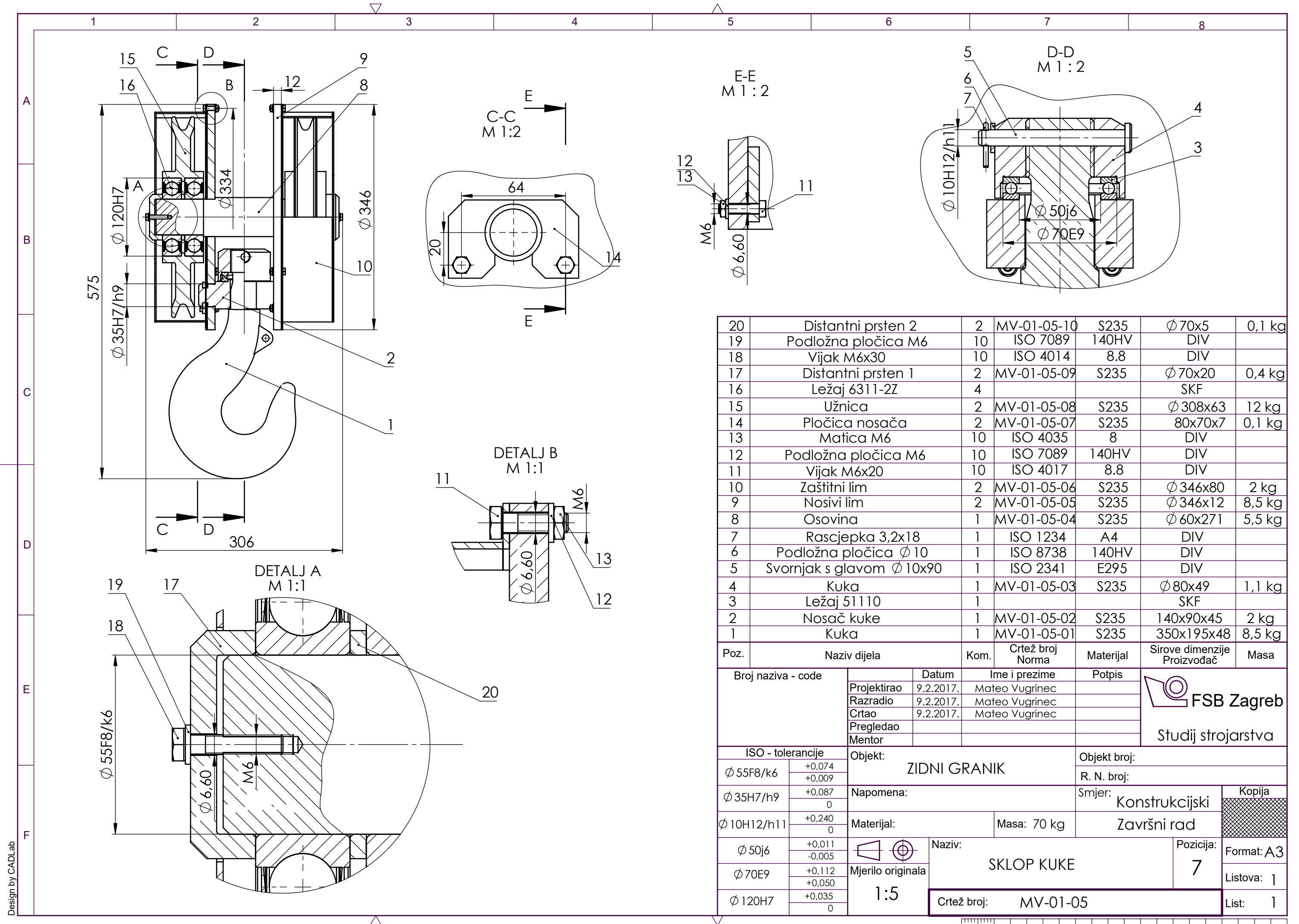


| | | | | | | |
|---|----------------------------|---|-------------|-------|--------------|---------|
| 8 | Distantni prsten 2 | 1 | MV-01-04-04 | S235 | Ø 70x5 | 0,2 kg |
| 7 | Distantni prsten 1 | 2 | MV-01-04-03 | S235 | Ø 70x3 | 0,1 kg |
| 6 | Ležaj 6311-2Z | 2 | | | SKF | |
| 5 | Podložna pločica Ø 45 | 1 | ISO 8738 | 140HV | DIV | |
| 4 | Rascjepka 10x63 | 1 | ISO 1234 | A4 | DIV | |
| 3 | Svornjak s glavom Ø 55x120 | 1 | ISO 2340 | E295 | DIV | |
| 2 | Užnica | 1 | MV-01-04-02 | S235 | Ø 308x63 | 12 kg |
| 1 | Nosivi lim | 1 | MV-01-04-01 | S235 | 338,5x226x97 | 11,5 kg |

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|--------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------|---|------|
| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | | Potpis | |
| Projektirao | | 9.2.2017. | Mateo Vugrinec | | FSB Zagreb Studij strojarstva | |
| Razradio | | 9.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Crtao | | 9.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Pregledao | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| Mentor | | 16.2.2017. | Prof. Z. Herold, dr.sc. | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: ZIDNI GRANIK | | | Objekt broj: | |
| Ø 55F8/h8 | +0,122 +0,030 | Napomena: | | | R. N. broj: | |
| Ø 120H7 | +0,035 0 | Materijal: | | | Smjer: Konstruktivski | |
| | | Masa: 29 kg | | | Završni rad | |
| | | Naziv: SKLOP IZRAVNAVAJUĆE UŽNICE | | | Kopija | |
| | | Mjerilo originala 1:2 | | | Format: A3 | |
| | | Crtež broj: MV-01-04 | | | Listova: 1 | |
| | | | | | List: 1 | |



Design by CADLab



| | | | | | | |
|----|---------------------------|----|-------------|-------|------------|--------|
| 20 | Distantni prsten 2 | 2 | MV-01-05-10 | S235 | Ø 70x5 | 0,1 kg |
| 19 | Podložna pločica M6 | 10 | ISO 7089 | 140HV | DIV | |
| 18 | Vijak M6x30 | 10 | ISO 4014 | 8.8 | DIV | |
| 17 | Distantni prsten 1 | 2 | MV-01-05-09 | S235 | Ø 70x20 | 0,4 kg |
| 16 | Ležaj 6311-2Z | 4 | | | SKF | |
| 15 | Užnica | 2 | MV-01-05-08 | S235 | Ø 308x63 | 12 kg |
| 14 | Pločica nosača | 2 | MV-01-05-07 | S235 | 80x70x7 | 0,1 kg |
| 13 | Matica M6 | 10 | ISO 4035 | 8 | DIV | |
| 12 | Podložna pločica M6 | 10 | ISO 7089 | 140HV | DIV | |
| 11 | Vijak M6x20 | 10 | ISO 4017 | 8.8 | DIV | |
| 10 | Zaštitni lim | 2 | MV-01-05-06 | S235 | Ø 346x80 | 2 kg |
| 9 | Nosivi lim | 2 | MV-01-05-05 | S235 | Ø 346x12 | 8,5 kg |
| 8 | Osovina | 1 | MV-01-05-04 | S235 | Ø 60x271 | 5,5 kg |
| 7 | Rascjepka 3,2x18 | 1 | ISO 1234 | A4 | DIV | |
| 6 | Podložna pločica Ø 10 | 1 | ISO 8738 | 140HV | DIV | |
| 5 | Svornjak s glavom Ø 10x90 | 1 | ISO 2341 | E295 | DIV | |
| 4 | Kuka | 1 | MV-01-05-03 | S235 | Ø 80x49 | 1,1 kg |
| 3 | Ležaj 51110 | 1 | | | SKF | |
| 2 | Nosač kuke | 1 | MV-01-05-02 | S235 | 140x90x45 | 2 kg |
| 1 | Kuka | 1 | MV-01-05-01 | S235 | 350x195x48 | 8,5 kg |

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|--------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|-----------------------|---|-------------|
| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | | Potpis | |
| Projektirao | | 9.2.2017. | Mateo Vugrinec | | FSB Zagreb Studij strojarstva | |
| Razradio | | 9.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Crtao | | 9.2.2017. | Mateo Vugrinec | | | |
| Pregledao | | | | | | |
| Mentor | | | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: ZIDNI GRANIK | | Objekt broj: | | |
| Ø 55F8/k6 | +0,074 +0,009 | Napomena: | | R. N. broj: | | |
| Ø 35H7/h9 | +0,087 0 | | | Smjer: Konstruktivski | | |
| Ø 10H12/h11 | +0,240 0 | Materijal: | | Masa: 70 kg | Završni rad | |
| Ø 50j6 | +0,011 -0,005 | Mjerilo originala 1:5 | | Naziv: SKLOP KUKE | | Pozicija: 7 |
| Ø 70E9 | +0,112 +0,050 | | | Crtež broj: MV-01-05 | | Format: A3 |
| Ø 120H7 | +0,035 0 | | | | | Listova: 1 |
| | | | | | | List: 1 |



Design by CADLab