

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Edy Baborsky

Zagreb, 2011.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Nenad Bojčetić

Student:

Edy Baborsky

Zagreb, 2011.

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

Zahvaljujem se svima koji su mi pomogli pri pisanju ovog rada ponajviše svom mentoru prof.dr.sc Nenadu Bojčetiću, te svojim roditeljima na potpori tokom cijelog studija

Edy Baborsky



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	21-06-2011 Prilog
Klasa:	602-04/11-6/7
Ur.broj:	15-1703-11-146

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **EDY BABORSKY**

Mat. br.:0035154513

Naslov rada na
hrvatskom jeziku: **Klizač za zaštitu od pada s visine**

Naslov rada na
engleskom jeziku: **Fall protection glider**

Opis zadatka:

Pad s visine je jedan od vodećih uzroka teških ozljeda i smrti na poslu. Analiza svih industrijskih nesreća obično naglašava neprimjerene uvjete rada kao glavni faktor. U slučaju radova na visini posljedice su neposredne i ozbiljne, a rezultat je velika invalidnosti ili smrti. Otprilike jedan u sedam smrtnih slučajeva na radnom mjestu je zbog pada s visine. Jedan od načina rješavanja navedenog problema je pomoću sustava zaštite radnika od pada s visine. Sustav zaštite od pada s visine predložiti za stup dalekovoda.

U radu je potrebno:

1. Analizirati postojeće uređaje, za zaštitu radnika od pada s visine, na tržištu, te načine i principe ostvarivanja zaštite (fokusrati se na vertikalne sustave zaštite);
2. Koncipirati više varijanti rješenja, usporediti ih i vrednovanjem odabrati najpovoljnije;
3. Izraditi detaljno konstrukcijsko rješenje odabrane varijante koncepta;
4. Izraditi računalni model uređaja u 3D CAD sustavu;
5. Izraditi tehničku dokumentaciju, pri čemu će se opseg konstrukcijske razrade dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu navesti korištenu literaturu, kao i eventualnu pomoć.

Zadatak zadan:

28. travnja 2011

Rok predaje rada:

30. lipnja 2011.

Predviđeni datum obrane:

06. – 08. srpnja 2011.

Zadatak zadao:

izv. prof. dr. sc. Nenad Bojčetić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Mladen Andrassy

Referada za diplomske i završne ispite

Obrazac DS - 3A/PDS - 3A

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	V
POPIS OZNAKA	VI
SAŽETAK.....	VIII
1. UVOD.....	1
2. RJEŠENJA DRUGIH TVRTKI	3
2.1. Klizač	4
2.2. Vertikalna vodilica	5
2.3. Horizontalna vodilica	6
2.4. PivotLoc	6
3. LISTA ZAHTJEVA.....	8
4. STANDARDI	9
5. ODABIR MATERIJALA.....	10
6. RAZVOJ PENJALICA.....	13
6.1. Profil vodilice.....	13
6.2. Proračun čvrstoće vodilice	13
6.2.1. Vlačna čvrstoća	13
6.2.2. Naprezanje na uvijanje.....	14
6.3. Gazište.....	15
6.3.1. Proračun gazišta	17
6.3.1.1. Proračun zavora između vodilice i gazišta.....	17
6.4. Prihvat ljestava.....	18
7. RAZVOJ KLIZAČA	20
7.1. Matrica veza	20
7.2. Funkcija toka.....	20
7.3. Funkcijska struktura	21
7.4. Morfološka matrica	22
8. KONCEPTI.....	25
8.1. Koncept 1	25
8.2. Koncept 2	27
8.3. Koncept 3	28
8.4. Odabir koncepata	29
9. KONSTRUIRANJE KLIZAČA	30
9.1. Kućište klizača	30
9.1.1. Proračun čvrstoće materijala na smik	30
9.2. Modeliranje kućišta klizača	31

9.3. Kočnica klizača	32
9.3.1. Proračun opruge	33
9.3.2. Proračun čvrstoće materijala na provrtu za apsorber	34
9.4. Apsorber	34
9.5. Karabiner	35
9.6. Redoslijed sklapanja klizača	37
9.7. Montaža klizača na ljestve	38
10. ISPITIVANJE KLIZAČA	39
10.1. Standard po kojem se ispituje	39
10.2. Rezultati ispitivanja	40
10.3. Nova rješenja	42
11. OSTALI MODULI	45
11.1. Ulazno izlazni graničnici	45
11.2. Spojnica	46
11.3. Rotaciona skretnica	46
11.3.1. Proračun zatika	46
11.4. Konzolna vodilica	47
11.5. Izlazna skretnica	47
11.6. Podizne platforme	48
11.7. Košara	49
11.7.1. Princip podizanja košare	50
11.8. Zaštita od neovlaštenog penjanja	51
12. REDOSLIJED SKLAPANJA MODULA NA STUPU	53
13. ZAKLJUČAK	55
PRILOZI	56
LITERATURA	57

POPIS SLIKA

Slika 1.	Učestalost ozljeda na poslu	1
Slika 2.	Ljestve (a- Y spar, b- Twin ladder)	4
Slika 3.	Klizač s kočnicom i karabinerom	5
Slika 4.	a) vertikalna vodilica sa spojnicom, b) rotaciona skretnica, c) izlazna skretnica ...	5
Slika 5.	Horizontalna vodilica sa spojnicom	6
Slika 6.	Pivot Loc (a- otvorene, b- zatvorene).....	7
Slika 7.	Profil u sustavu zaštite od pada (a- C profil, b- I profil, c- T profil).....	13
Slika 8.	Model vodilice.....	15
Slika 9.	Model gazišta sa vodilicom	18
Slika 10.	Prihvat ljestava za stup	19
Slika 11.	Funkcija toka klizača.....	21
Slika 12.	Funkcijska struktura klizača	21
Slika 13.	Koncept 1	25
Slika 14.	Koncept 2	27
Slika 15.	Koncept 3	28
Slika 16.	Model kućišta klizača.....	31
Slika 17.	Model kućišta klizača s kotačićima i osovinicama	32
Slika 18.	Dispozicijski crtež kućišta klizača	32
Slika 19.	Model kočnice	33
Slika 20.	Dijelovi apsorbera (A-klip, B-brtva, C-cilindar, D-tlačni medij, E-plutajući klip, F-zračna komora)	34
Slika 21.	Model apsorbera	35
Slika 22.	Maksimalno opterećenje u vertikalnom smjeru	36
Slika 23.	Maksimalno opterećenje u horizontalnom smjeru	36
Slika 24.	Karabiner	37
Slika 25.	Klizač sa svim dijelovima	37
Slika 26.	Klizač na vodilici.....	38
Slika 27.	Ispitna metoda A	39
Slika 28.	Ispitna metoda B.....	40
Slika 29.	Početak ispitivanja.....	41
Slika 30.	Kraj ispitivanja	42
Slika 31.	Testna metoda D.....	44
Slika 32.	Graničnik.....	45
Slika 33.	Model spojnice	46
Slika 34.	Model rotacione skretnice	47
Slika 35.	Model izlazne skretnice.....	48
Slika 36.	Zatvorena podizna platforma.....	49
Slika 37.	Otvorena podizna platforma.....	49
Slika 38.	Model nosača košare	50
Slika 39.	Model košare	51
Slika 40.	Model jednog limenog poklopca.....	52
Slika 41.	Model stupa sa svim modulima.....	54

POPIS TABLICA

Tablica 1. Popis tvrtki koje se bave proizvodnjom vertikalne i horizontalne zaštite	3
Tablica 2. Usporedba materijala	10
Tablica 3. Kemijski sastav legure 6082	11
Tablica 4. Mehanička svojstva legure 6082	11
Tablica 5. Fizička svojstva legure 6082	12
Tablica 6. Tablica T profila	15
Tablica 7. Morfološka matrica gazišta	16
Tablica 8. Matrica veza	20
Tablica 9. Odabir koncepta	29
Tablica 10. Tablica zahtjeva za ispitivanje metodom D	43

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BROJ CRTEŽA	Naziv iz sastavnice
1000-2010	STUP Cne0
1001-2010	Sklop klizača
1001-2010-1	Klizač
1001-2010-2	Kočnica
1001-2010-3	Kotačić
1001-2010-5	Svornjak
1001-2010-6	Zatik
1001-2010-7	Kotačić bočni
1001-2010-8	Svornjak manji
1011-2010	Klizač za košaru
1011-2010-1	Kućište klizača za košaru

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
a_1	[m]	Debljina lima gazišta
$a_1 \dots a_4$	[m]	Dužina stranice presjeka kućišta klizača
$b_1 \dots b_4$	[m]	Širina stranice presjeka kućišta klizača
D_{sr}	[m]	Srednji promjer opruge
F_u	[N]	Udarna sila
i_f		Broj navoja s opružnim djelovanjem
I_t	[mm ⁴]	Moment tromosti vodilice
I_x	[mm ⁴]	Moment presjeka zavora
M_t	[Nm]	Moment torzije na vodilici
W_t	[mm ³]	Moment otpora vodilice
σ_l	[N/mm ²]	Vlačno naprezanje apsorbera
σ_{dop}	[N/mm ²]	Dopušteno vlačno naprezanje na vodilici
σ_{ekv}	[N/mm ²]	Ekvivalentno naprezanje zavora
σ_v	[N/mm ²]	Vlačno naprezanje vodilice
σ_z	[N/mm ²]	Vlačno naprezanje zavora
σ_{zdop}	[N/mm ²]	Dopušteno naprezanje zavora
$\tau_{ }$	[N/mm ²]	Smično paralelno naprezanje zavora
$\tau_1 \dots \tau_4$	[N/mm ²]	Smično naprezanje materijala
τ_{dop}	[N/mm ²]	Dopušteno smično naprezanje vodilice
τ_{dop}	[N/mm ²]	Dopušteno smično naprezanje materijala
τ_i	[N/mm ²]	Idealno torziono naprezanje
τ_{max}	[N/mm ²]	Maksimalno smično naprezanje
A	[m ²]	Površina presjeka vodilice
a	[m]	Dužina stranice gazišta
b	[m]	Dužina stranice vodilice
d	[mm]	Promjer žice opruge
F	[N]	Sila na vodilici
F	[N]	Sila na gazištu
f	[mm]	Hod opruge
g	[m/s ²]	Ubrzanje mase na vodilici
G	[N/mm ²]	Modul klizanja
h	[m]	Debljina vodilice
h	[m]	Visina stranice gazišta
l	[m]	Duljina vodilice
l	[m]	duljina gazišta

m	[kg]	Masa na vodilici
r	[m]	Polumjer zatika
t	[m]	Širina stranice vodilice
φ		Faktor udara

SAŽETAK

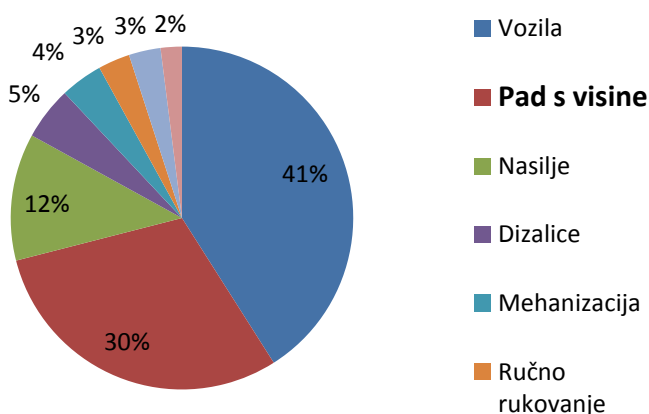
U ovom diplomskom radu obrađena je tema sustava zaštite od pada sa dalekovodnih, antenskih i rasvjetnih stupova. Opisana su postojeća rješenja drugih tvrtki koje se bave tim područjem. Koncipirano je više varijanti rješenja te odabrano najpovoljnije. Detaljno je razrađeno odabrano konstrukcijsko rješenje. Računalni model proizvoda napravljen je u programskoj aplikaciji CATIA V5 R18. U radu su opisani kontrolni proračuni klizača i vodilice. Izrađena je tehnička dokumentacija cijelog sustava, te konstrukcijski razrađen svaki pojedini dio.

1. UVOD

Pad s visine je jedan od vodećih uzroka teških ozljeda i smrti na poslu. Analiza svih industrijskih nesreća obično naglašava neprimjerene uvjete rada kao glavni faktor. U slučaju radova na visini posljedice su neposredne i ozbiljne, a rezultat je velika invalidnost ili smrt. Otprilike jednom u sedam smrtnih slučajeva na radnom mjestu su zbog pada s visine.

Tvrtka koja izvodi radove na visini mora radniku osigurati mjere zaštite od pada po Zakonu o zaštiti na radu (NN 59/96, 94/96, 114/03, 100/04, 86/08, , 116/08, 75/09). Također, tvrtka mora svesti na minimum rizik od pada osiguravajući mjere zaštite. Ako to nije izvedivo onda treba uzeti u obzir ostale zaštitne mjere, kao što je osobna oprema za zaštitu od pada.

Na Slici 1. prikazana je učestalost ozljeda na radnom mjestu:



Slika 1. Učestalost ozljeda na poslu

Sustav zaštite od pada na visini se dijeli na dvije skupine. Jedna skupina je vertikalni sustav zaštite, a druga skupina je horizontalni sustav zaštite.

Vertikalni sustav zaštite je u skladu sa standardom EN 353. Tu spadaju sve vertikalne građevine po kojima se penje, kao što su dalekovodni stupovi, antenski stupovi i veliki rasvjetni stupovi. U tom sustavu je radnik pričvršćen raznim klizačima koji klize po nekoj vodilici ljestava (penjalica) ili užetu.

Horizontalni sustav zaštite je u skladu sa standardom EN 795. Tu spadaju sve građevine po kojima se hoda, kao što su krovovi zgrada, proizvodnih hala, dizalica, ili iznad vozila

(cisterne). Kod tog sustava radnik je pričvršćen klizačem za užu, i može slobodno šetati po krovu.

Pod vertikalnim sustavom se smatra penjanje na neku visinu preko ljestava. Ljestve se mogu postaviti na građevinu (zgradu), antenske, dalekovodne ili rasvjetne stupove. Postoji više vrsta ljestava koje se razlikuju svojim oblikom, dimenzijama, ili namjenom. Najčešće su u upotrebi ljestve s leđobranom, ali isto tako i bez leđobrana. Ukoliko ljestve nemaju leđobran, a radnik se penje na veliku visinu, na ljestve mora biti ugrađen neki drugi oblik zaštite. U većini slučajeva je to užu u sklopu ljestava, na kojem je montirana kočnica u slučaju pada, ili neka vertikalna vodilica po kojoj klizi neki klizač.

2. RJEŠENJA DRUGIH TVRTKI

S obzirom na velik broj tvrtki u svijetu koje se time bave podijeljene su po sustavima zaštite na vertikalne i horizontalne. Veliki broj obrađenih tvrtki bavi se sustavima i vertikalne i horizontalne zaštite.

Prvo će bit spomenute tvrtke koje se bave vertikalnim sustavom zaštite. Podijeljene su na tvrtke koje se bave proizvodnjom isključivo ljestava i opreme za ljestve.

Nakon njih su tvrtke koje se bave horizontalnim sustavom zaštite, kao što su proizvodnja raznih ograda za hodanje po krovovima, i horizontalne vodilice za hodanje iznad transportnih sredstava kao što su kamioni i cisterne.

Na kraju će biti spomenute tvrtke koje se bave isključivo opremom za zaštitu radnika kao što su pojasevi i užad.

U Tablici 1. su nabrojane tvrtke koje se bave proizvodnjom vertikalne i horizontalne zaštite.

Tablica 1. Popis tvrtki koje se bave proizvodnjom vertikalne i horizontalne zaštite

TVRTKE			
Vertikalni sustav zaštite	Horizontalni sustav zaštite		Oprema
ljestve	ograde	horizontalne vodilice	
Guardian Fall Protection	Bodyquard Rail System	Spanco	Guardian Fall Protection
Latchways	BlueWater	FPS (Fall Protection System)	Flexible lifeline systems
Luisville	FPS (Fall Protection System)	Latchways	Tritech fall protection systems
RTC	CAI Safety Sytems	Diversified Fall Protection	MSA
Söll		Söll	Gravitec
Diversified Fall Protection			Latchways

			RTC
			Sperian
			Miller
			Diversified Fall Protection

Tvrtka Söll u svom proizvodnom programu ima cjelokupni asortiman komponenata i opreme za zaštitu od pada na dalekovodnim, antenskim i rasvjetnim stupovima.

Ljestve se sastoje od vodilice C profila koja je integrirana u same ljestve da bi po toj vodilici prolazio klizač. Uloga klizača je da spriječi pad. Materijal ljestava može biti od aluminija, pocinčanog čelika, i nehrđajućeg čelika. Postoje 2 tipa ljestava, s ručkama (Slika 2b) i bez ručki (Slika 2a). Razmak između gazišta kod svih ljestava je 280 mm.



a)



b)

Slika 2. Ljestve (a- Y spar, b- Twin ladder)

2.1. Klizač

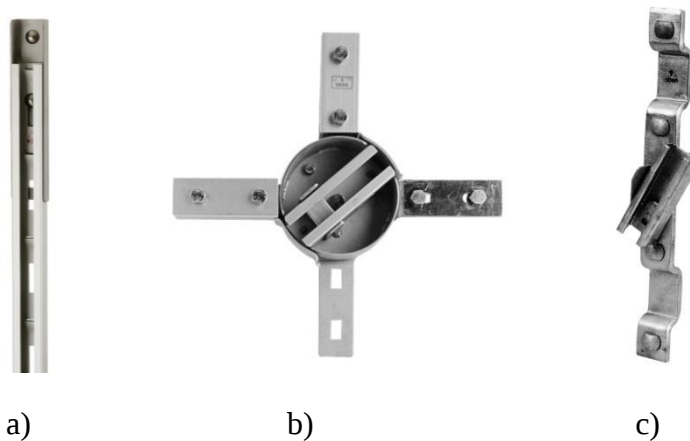
Glavni dio čitavog sustava je klizač. Njegova je uloga da spriječi pad radnika. Klizač se prikopča preko karabinera koji je spojen pojasevima na D prsten. Nakon toga se klizač umetne u vodilicu ljestava. Kod penjanja ili spuštanja, klizač klizi glatko u vodilici. U slučaju pada radnika klizač sprječava pad time što se uklinjuje u vodilicu i zaustavljanja pad u unutar nekoliko centimetara, na bilo kojoj poziciji ili visini. Klizači mogu biti izrađeni od aluminija, pocinčanog čelika ili nehrđajućeg čelika. Neki od tipova klizača tvrtke Söll su: Standard, Comfort, Comfort II, Universal, Universal II, Comfort UK. Na Slici 3. prikazan je klizač tvrtke Söll koji na sebi sadrži kočnicu i karabiner.



Slika 3. Klizač s kočnicom i karabinerom

2.2. Vertikalna vodilica

Vertikalna vodilica je također od C profila i pričvršćuje se na osnovnu konstrukciju ljestava. Otporne su na habanje i atmosferske utjecaje. U prednosti su pred užetom jer omogućuju horizontalan i vertikalni pristup vrhu građevine bez rastavljanja i ponovnog sastavljanja. Izrađuju se od aluminija, pocinčanog čelika i nehrđajućeg čelika. Svaka vodilica uz osnovni modul ima i dodatne module kao što su rotacioni modul za prelazak iz vertikalnog u horizontalni položaj, skretnice, prihvatnici, i dr. Na Slici 4a. prikazana je vertikalna vodilica s spojnicom. Na Slici 4b. je rotaciona skretnica za prelazak iz vertikalnog u horizontalni položaj, a na Slici 4c. je prikazana izlazna skretnica. Svi moduli su od tvrtke Söll.



Slika 4. a) vertikalna vodilica sa spojnicom, b) rotaciona skretnica, c) izlazna skretnica

2.3. Horizontalna vodilica

Horizontalne vodilice mogu biti pričvršćene na zidovima ili čak iznad glave radnika. Izrađene su od C profila i pričvršćuju se u rasponu od 1 m. Mogu biti ravne ili zakrivljenog oblika i izrađene od aluminija, pocinčanog čelika ili nehrđajućeg čelika. Pogodne su za uporabu do 3 osobe u isto vrijeme i za rad na platformama. Na Slici 5. je prikazana horizontalna vodilica sa spojnicom.



Slika 5. Horizontalna vodilica sa spojnicom

2.4. PivotLoc

PivotLoc su preklopne ljestve s ugrađenim GlideLoc zaštitom. Dok su ljestve zatvorene nalaze iza vodilice.

Postoje dva tipa ljestava:

- PivotLoc s ograničenim pristupom
- PivotLoc s sustavom dozvoljene visine

Kada su ljestve zatvorene, mogu se zaključati kako bi se spriječilo neovlašteno korištenje sustava. PivotLoc se može zaključati dok se radi u otvorenom stanju, tako da se spriječi neovlašteno zatvaranje ljestvi. Također se može koristiti u vezi sa svim ostalim sustavima Söll. Proizvode se iz otpornog eloksiranog aluminija. Na Slici 6. prikazane su PivotLoc ljestve u otvorenom i zatvorenom položaju.



a)



b)

Slika 6. Pivot Loc (a- otvorene, b- zatvorene)

Osim opisanog proizvodnog programa tvrtka Söll u svom asortimanu ima još i drugih proizvoda kao što su MultiRail Anchorage Device, Xenon Horizontal Lifeline, Vi-Go Vertical Arest System, sidrišta i osobnu zaštitnu opremu.

3. LISTA ZAHTJEVA

U ovom poglavlju je opisana lista zahtjeva koja bi trebala bit ispunjena. U listu zahtjeva se upisuju zahtjevi (Z) i želje (Ž) za određeni sklop.

Naručitelj: FSB	LISTA ZAHTJEVA	Revizija: 3
Sklop: Klizač	Projekt: DIPLOMSKI RAD	Datum: 25.05.2011.

Datum	Z Ž	Specifikacija	Odobrio
25.05.2011.	Z	Maksimalno sigurno	Prof.dr.sc. Nenad Bojčetić
	Z	Lagano i čvrsto	
	Z	Namjena za dalekovodne stupove	
	Z	Ne smije biti preskupo	
	Ž	Izrađeno lijevanjem ili odvajanjem čestica	
	Z	Jednostavnost korištenja	

4. STANDARDI

U ovom poglavlju naveden je i opisan standard po kojem su ljestve izrađene.

Ljestve su izrađene po brošuri OSHA-e (Occupational Safety and Health Administration). Detaljan standard je CFR 1926. 1050 – 1060. U brošuri su navedene samo najvažnije dimenzije

Neki od važnijih podataka iz standarda su:

- Razmak između gazišta mora biti između 25 – 36 cm.
- Ukoliko ljestve prelaze visinu 7,3 m moraju biti opremljene sigurnosnim uređajima (klizač, vodilica, uže).
- Razmak odmorišnih platformi ne smije prelaziti 45,7 m.
- Ukoliko se penjalice sastoje od više segmenata, segment ne smije biti duži od 15,2 m.
- Cijele penjalice moraju izdržati minimalno 2 x 114 kg.
- Svako gazište mora izdržati minimalno 114 kg.
- Na krajevima gazišta mora biti spriječeno oblikom pokliznuće.
- Gazišta izrađena nakon 15. ožujka 1991. moraju biti valovita i hrapava da spriječe poskliznuće. Iza penjalica mora ostati slobodnog prostora 18 cm, osim ako se radi o otvoru za lift tada može biti 11 cm.
- Oko ljestava mora ostati slobodnog prostora sa svake strane 76 cm, jedino, ukoliko to nije izvedivo, može se smanjiti na 61 cm.
- Završetak penjalica mora biti 1,1 m duži od mjesta odmorišta.
- Penjalice se ne smiju koristiti za kutove veće od 90° od horizontale.
- Dužina užeta između radnika i penjalica ne smije biti duža od 23 cm. Svi uređaji moraju biti testirani na padanje tereta od 226 kg do udaljenosti 41 cm.
- Svi sigurnosni uređaji moraju dozvoliti penjanje i spuštanje radnika bez dodatnog držanja ili guranja bilo kojeg dijela uređaja, ostavljajući mu obje ruke slobodne za penjanje.
- Svaki uređaj se mora aktivirati unutar 61 cm nakon pada i ograničiti brzinu pada radnika na 2,1 m/s ili manje

5. ODABIR MATERIJALA

Zahtjev na konstrukciju je da bude lagana i velike mehaničke čvrstoće. Analizom mehaničkih osobina materijala, te zahtjeva na težinu i čvrstoću, odabrana je aluminijska izvedba. Naime izvedba od karbonskih vlakana je sigurno lakša i čvršća no i skuplja i tehnološki zahtjevnija za izradu. Prednosti aluminija su mala gustoća i velika otpornost prema koroziji i kemijskim utjecajima, osim toga, ima i veliku toplinsku i električnu vodljivost. Za navedenu konstrukciju koristila bi se legura aluminija.

U razmatranje su uzete 2 aluminijske legure koje se najčešće koriste u strojarstvu. Ostale nisu uzete u razmatranje jer financijski ne bi bile prihvatljive, ili bi imale preslaba mehanička svojstva. Odabrana će bit ona legura koja ima bolja svojstva glede čvrstoće. Te aluminijske legure su EN AW-6060 T66, te EN AW-6082 T6. U Tablici 2. je prikazana vlačna čvrstoća obiju legura. Legura EN AW-6082 T6 ima vlačnu čvrstoću 310 N/mm², dok legura EN AW - 6060 T66 ima vlačnu čvrstoću 150 N/mm².

Usporedba:

Tablica 2. Usporedba materijala

legura	Rp0,2 [N/mm2]
EN AW-6060 T66	150
EN AW-6082 T6	310

Odabrana je legura EN AW-6082 T6 jer ima veću granicu elastičnosti.

Aluminijska legura EN AW-6082 T6 je srednje čvrsta legura s izvrsnom otpornosti na koroziju. Legura 6082 je najčvršća od svih legura u seriji 6000. Preporučljiva je za izradu konstrukcija. Kao relativno nova legura zamjenjuje leguru 6061 u mnogim konstrukcijama, i u sve je češćoj upotrebi. Tu dodatnu čvrstoću mu daje veliki udio Mangana. Ova legura se jako dobro zavaruje, ali je čvrstoća slabija u zoni zavora. Ukoliko se žele međusobno dvije iste legure 6082, preporuča se elektroda legure 4043, a ako se legura 6082 zavaruje na leguru 7005, preporuča se elektroda legure 5356. U Tablici 3. prikazan je kemijski sastav legure EN AW-6082 T6. Vidimo da je najveći postotak silicija i mangana.

Tablica 3. Kemijski sastav legure 6082

Element	%
Si	0.7 to 1.3%
Fe	0.5%
Cu	0.1%
Mn	0.4 to 1.0%
Mg	0.6 to 1.2%
Zn	0.2%
Ti	0.1%
Cr	0.25%
Al	ostatak

U Tablici 4. navedena je usporedba mehaničkih svojstava legura 6082 T0, 6082 T4 i 6082 T6 odnosno T651. Vidi se da legura 6082 T6 ima najbolja mehanička svojstva od svih navedenih legura.

Tablica 4. Mehanička svojstva legure 6082

Mehaničko svojstvo	O	T4	T6/T651
Rp 0.2% (MPa)	60	170	310
Vlačna čvrstoća (MPa)	130	260	340
Smična čvrstoća (MPa)	5	170	210
Produljenje A5 (%)	27	19	11
Tvrdoća po Vickersu (HV)	35	75	100

U Tablici 5. navedena su fizička svojstva legure 6082 T6. Svojstva su mu jednaka kao kod običnog aluminija.

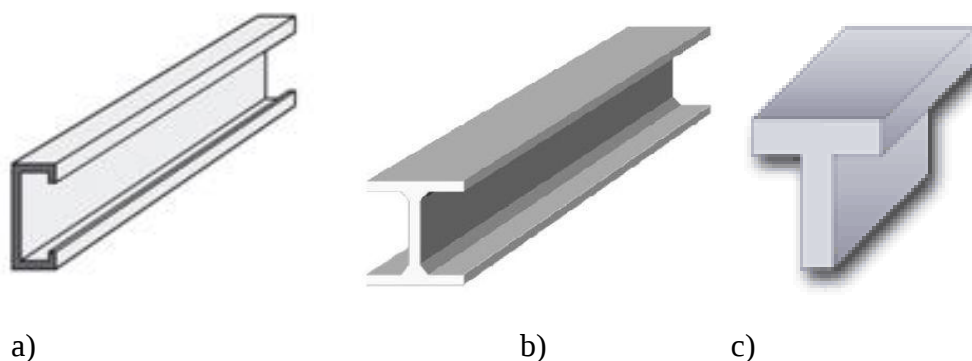
Tablica 5. Fizička svojstva legure 6082

Svojstvo	Vrijednost
Gustoća	2.70 g/cm ³
Točka taljenja	555°C
Modul elastičnosti	70 GPa
Električni otpor	0.038x10 ⁻⁶ Ω.m
Toplinska vodljivost	180 W/m.K
Toplinska rastezljivost	24x10 ⁻⁶ /K

6. RAZVOJ PENJALICA

6.1. Profil vodilice

Postoje različite vrste aluminijskih profila. Neki od njih su L, U, Z, T, H,C i mnogi drugi. U svijetu za sustav zaštite od pada koriste se većinom C profili, i I profili. C profil u sustavu zaštite od pada je prikazan na Slici 7a., a I profil na Slici 7b. Odabir profila je veoma važan jer o njemu ovisi daljnja konstrukcija klizača i ostalih modula. S obzirom da je jedan od zahtjeva i jednostavnost izvedbe, uzet je T profil za penjalicu.



Slika 7. Profili u sustavu zaštite od pada (a- C profil, b- I profil, c- T profil)

Dimenzija profila ponajviše ovisi o čvrstoći, i to vlačnoj čvrstoći, ali isto tako i o naprezanju na uvijanje. S obzirom da konstrukcija ne smije biti robusna, dimenzije profila ne smiju biti velike. Odabrane su dimenzije 50×50×5 mm.

6.2. Proračun čvrstoće vodilice

6.2.1. Vlačna čvrstoća

$$\begin{aligned}m &= 226 \text{ kg} \\ \varphi &= 1,8\end{aligned}$$

$$F = m \cdot a \cdot \varphi = 226 \cdot 9,81 \cdot 1,8 = 3990,7 \text{ N} \approx 4000 \text{ N} \quad (1)$$

$$\sigma_{\text{dop}} = 310 \text{ N/mm}^2$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$h = 50 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$A = [(h - t) \cdot t] + (b \cdot t) = [45 \cdot 5] + (50 \cdot 5) = 475 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_v = \frac{F}{A} = \frac{4000}{475} = 8,421 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\text{dop}} = \frac{310 \text{ N}}{\text{mm}^2} \quad (2)$$

Iz jednadžbe 2 vidi se da T profil zadovoljava vlačnu čvrstoću.

6.2.2. Naprezanje na uvijanje

$$\tau_{\text{dop}} = 210 \text{ N/mm}^2$$

$$l = 1 \text{ m}$$

$$M_t = F \cdot l = 4000 \cdot 1 = 4000 \text{ Nm}$$

$$I_t = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^{i=2} h_i \cdot t_i^3 = \frac{1}{3} [(50 \cdot 5^3) + (45 \cdot 5^3)] = 3958,33 \text{ mm}^4$$

$$W_t = \frac{I_t}{t} = \frac{3958,33}{5} = 791,6 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{4000}{791,6} = 5,05 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\text{dop}} = 210 \text{ N/mm}^2 \quad (3)$$

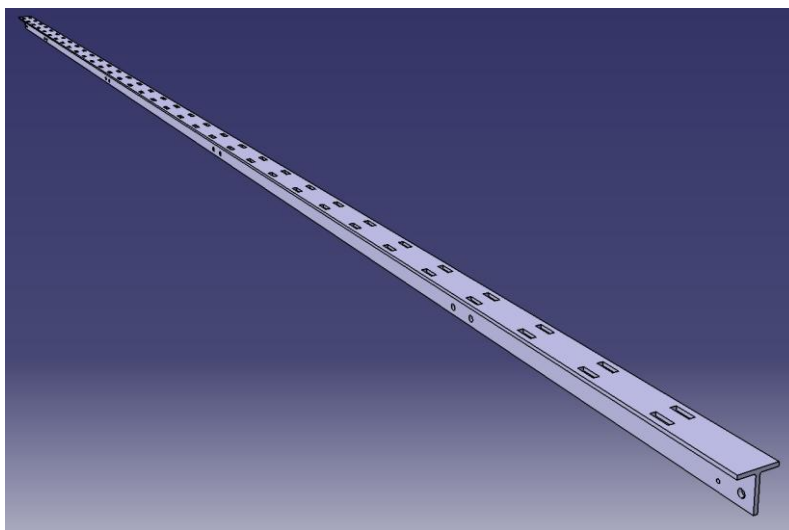
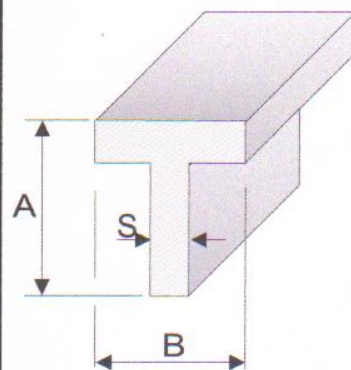
Iz jednadžbe 3 vidi se da odabrani profil dimenzija 50×50×5 zadovoljava naprezanje na uvijanje. Odabrane dimenzije T profila odgovaraju proračunu. U tablici 6 navedene su sve dimenzije T profila koje se mogu naručiti.

Odgovarajući profil tih dimenzija može se naručiti u odgovarajućem materijalu u tvrtki BLECHA G.m.b.h. Tvrtka se bavi proizvodnjom i prodajom svih vrsta aluminijskih profila u svim dimenzijama. Osnovna duljina profila za naručivanje je 6 m. Ukoliko je potrebno može se dodatno skratiti. Trebat će naknadno izbušiti rupe za pričvršćenje na stup. Na T profil izbušene su rupe za ulazak kočnice u slučaju zaustavljanja. Udaljenost rupa je također standardizirana. Budući da se penjač mora u slučaju pada zaustaviti unutar 60 cm od početka pada zaključak je da razmak rupa mora biti manji od 61 cm. Također još jedan od uvjeta je da radnik ne smije padati brzinom većom od 2,1 m/s. Iz tih uvjeta došlo se do zaključka da razmak rupa mora biti 100 mm. Širina rupa je 8 mm. T profil na sebi sadrži i dodatne provrte

za držače profila, provrte za spojnice dvaju profila, te ulazno izlazne graničnike. Dužina profila je varijabilna. Međusobno se slaže po segmentima. Dužine segmenata su 780 mm, 1520 mm, 2260 mm, 3000 mm, 3740 mm i 4480 mm.

Tablica 6. Tablica T profila

A x B x S	kg/m	A x B x S	kg/m
T 15 x 15 x 2	0,1512	T 45 x 110 x 2	0,8262
T 15 x 30 x 2	0,2322	T 50 x 50 x 3	0,7857
T 20 x 20 x 2	0,2052	T 50 x 50 x 4	1,0368
T 20 x 20 x 3	0,2997	T 50 x 50 x 5	1,2825
T 20 x 40 x 2	0,3132	T 50 x 70 x 5	1,5525
T 25 x 25 x 2	0,2592	T 50 x 80 x 5	1,6875
T 25 x 25 x 3	0,3807	T 60 x 60 x 4	1,2528
T 30 x 20 x 2	0,2592	T 60 x 60 x 6	1,8468
T 30 x 30 x 2	0,3132	T 60 x 100 x 5	2,0925
T 30 x 30 x 3	0,4617	T 80 x 50 x 5	1,6875
T 30 x 60 x 4	0,9288	T 80 x 80 x 8	3,2832
T 35 x 35 x 3	0,5427	T 100 x 60 x 5	2,0925
T 40 x 40 x 2	0,4212	T 100 x 100 x 3,5	1,8569
T 40 x 40 x 3	0,6237	T 100 x 100 x 6	3,1428
T 40 x 40 x 4	0,8208	T 100 x 100 x 10	5,1300
T 45 x 80 x 2	0,6642		



Slika 8. Model vodilice

Na Slici 8 prikazan je model vodilice za ljestve.

6.3. Gazište

Osnovni uvjet je da gazište bude od odabrane legure aluminija. Uz to mora biti standardiziran, tj. izrađen po već gore navedenom standardu. Za odabir načina izrade gazišta koristit će se morfološka matrica (Tablica7).

Tablica 7. Morfološka matrica gazišta

FUNKCIJA	NAČIN IZVEDBE			
Vrsta gazišta	Paralelna		Naizmjenična	
Lijevo i desno gazište	od jednog dijela		svako za sebe	
Oblik gazišta	okrugli profil	pravokutni profil	Šipka	savijeni lim
presjek	puni	Šuplji	Mješovito	
pričvršćenje	Vijcima	Zavarivanje	čvrsti dosjed	

Odabrana su paralelna gazišta, od jednog dijela, šupljeg pravokutnog profila, koje će se pričvrstiti zavarivanjem na vodilicu.

Za profil gazišta odabran je pravokutni profil dimenzija 25×30 mm. Jedna od užih strana se izvlači na stroju za izvlačenje lima, tako da se dobije protuklizna površina. Profil se mora na sredini zarezati u debljini vodilice (5 mm), duljine 15 mm. Na krajevima se štancaju rupe

za poklopce kojima se zatvori gazište. Zatim utor koji je odrezan gurne se na vodilicu i po rubu zavari zavarom debljine 3 mm.

6.3.1. Proračun gazišta

6.3.1.1. Proračun zavora između vodilice i gazišta

$$a = 15 \text{ mm}$$

$$h = 30 \text{ mm}$$

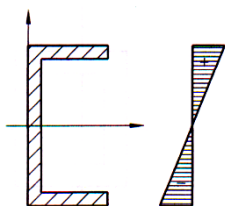
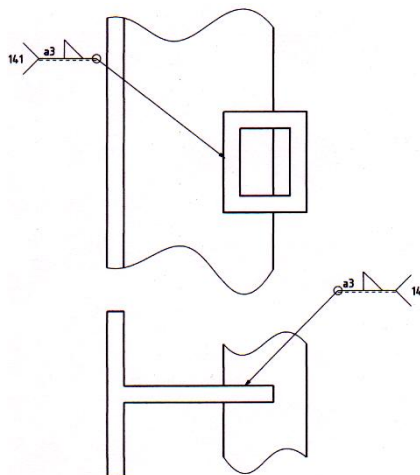
$$a_1 = 3 \text{ mm}$$

$$l = 150 \text{ mm}$$

$$F = 1140 \text{ N}$$

$$\sigma_{z_{dop}} = 165 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} I_x &= \left(\frac{(a + a_1) \cdot (h + a_1)^3}{12} \right) - \left(\frac{a \cdot h^3}{12} \right) = \\ &= \frac{18 \cdot 36^3}{12} - \frac{15 \cdot 30^3}{12} = \\ &= 36234 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

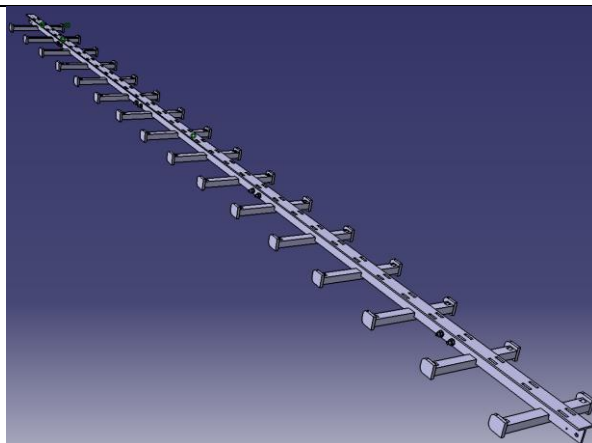


$$\begin{aligned} \sigma_v &= \frac{F \cdot l}{I_x} \cdot \frac{h + 2a_1}{2} = \\ &= \frac{1140 \cdot 150}{36234} \cdot \frac{30 + 6}{2} = \\ &= 86 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\tau_{||} = \frac{F}{(h + 2a_1) \cdot a_1} = \frac{1140}{108} = 10,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_v^2 + 1,8\tau_{||}^2} = \sqrt{86^2 + 10,5^2} = 87,1 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{z_{dop}} = 165 \text{ N/mm}^2 \quad (4)$$

Iz jednadžbe 4 vidi se da će zavari gazišta izdržati.



Slika 9. Model gazišta sa vodicom

Na Slici 9. prikazan je model ljestvi sa gazištima.

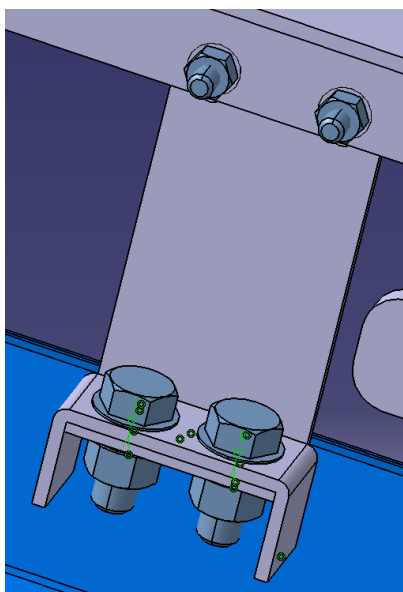
Čepovi za zatvaranje profila se izrađuju tehnologijom injekcijskog prešanja po dimenzijama danim u nacrtima.

Glavni uvjet za gazište je da izdrži silu od 2000 N, te da bude od istog materijala kao i profil penjalica, a to je legura aluminija. Napravljen je proračun na savijanje. Proračunom je određeno da profil za gazište bude pravokutnih dimenzija 305×30×25 mm debljine 5 mm.

Gornja strana gazišta se izvlači na stroju za izvlačenje lima, iz razloga što po standardu sva gazišta izrađena nakon 2004. godine moraju biti nazubljena, ili imati protukliznu površinu na sebi. Na krajevima gazišta se izrežu pravokutne rupe za ulazak čepova.

6.4. Prihvat ljestava

Ljestve se učvršćuju na stup preko prihvata za ljestve. U prihvata ljestava dolazi držač profila ljestava. Držač profila ljestava je aluminijski L profil dimenzija 160×40 mm debljine 4 mm i duljine 80 mm. Držač profila se učvršćuje vijcima M10×30 mm i maticama M10 za vodilicu. S druge strane držač profila se učvršćuje na prihvat za ljestve preko vijaka M16×40 mm i maticama M16. Prihvata za ljestve je aluminijski U profil dimenzija 90×36 mm debljine 5 mm i visine 40 mm. Prihvata za ljestve je zavaren za stup zavarom debljine 3 mm. Razmak između prihвата je 1100 mm. Na Slici 10. je prikazan način pričvršćenja ljestava za stup.



Slika 10. Prihvata ljestava za stup

7. RAZVOJ KLIZAČA

Klizač je najvažniji dio sustava zaštite od pada. On štiti penjača od pada s visina. Klizač mora omogućiti penjaču nesmetano kretanje gore-dolje po stupu i bez korištenja ruku. Klizač mora biti napravljen po najvišim standardima građevinske i zdravstvene organizacije.

Klizač mora zadovoljavati dva osnovna zahtjeva, a to su maksimalna sigurnost, te da mora biti izrađen od legure aluminija 6082 T6.

7.1. Matrica veza

Matrica veza (Tablica 8) se koristi da se povežu zahtjevi tržišta sa tehničkim karakteristikama. Ocjenjuju se na način da se vidi koliki im je međusobni utjecaj.

Tablica 8. Matrica veza

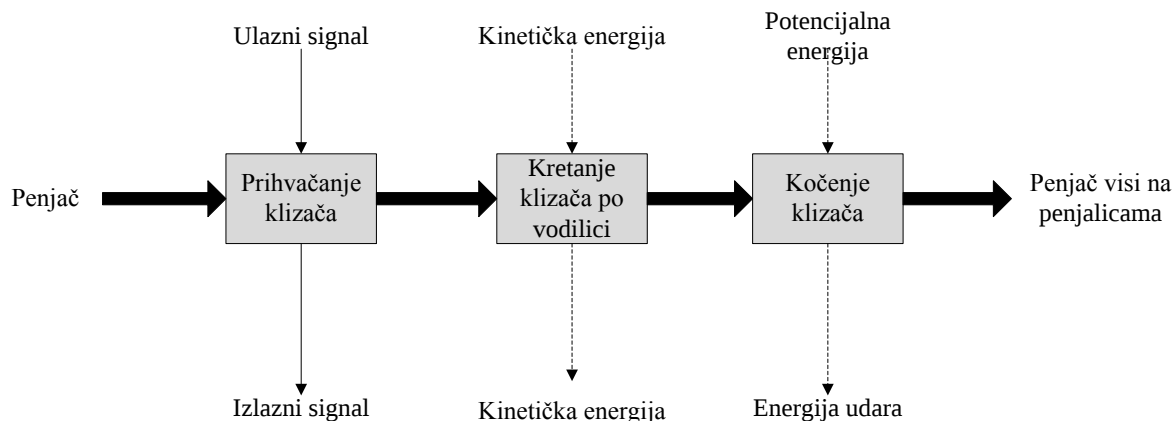
1... mali utjecaj
3... srednji utjecaj
9... veliki utjecaj

Tehničke karakteristike Zahtjevi tržišta	Brzo zaustavljanje	Malih dimenzija	Smanjena energija udara	Način pričvršćenja	Signal za ispravnost	Lagano i ergonomično rukovanje
Sigurnost	9	3	9	3	9	3
Veličina	9		1	3	1	9
Težina	9	9	1	3		9
Jednostavnost rukovanja	9	3	1	9	9	

7.2. Funkcija toka

Razvoj samog klizača započinje funkcijom toka. Funkcija toka opisuje tok materijala, informacije i energije od samog ulaza u sustav do izlaza iz sustava. U toj funkciji toka se vidi koje promjene doživljava materijal, informacija i energija prolazeći kroz sustav. Svaki od njih se označava drugačijom vrstom strelice. Na Slici 11. prikazana je funkcija toka za klizač. Podebljana strelica označava tok materijala (u ovom slučaju penjača), tanka strelica označava

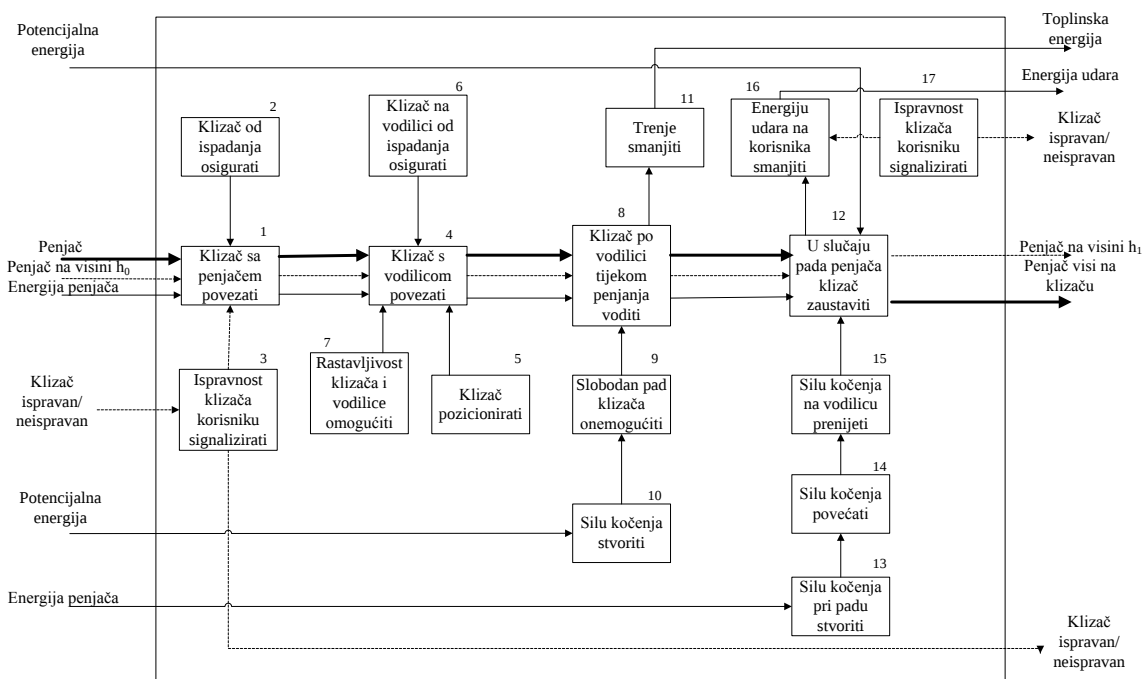
tok informacije (u ovom slučaju ispravnost klizača), dok isprekidana strelica označava tok energije (potencijalne i kinetičke).



Slika 11. Funkcija toka klizača

7.3. Funkcijska struktura

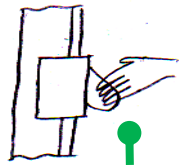
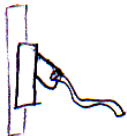
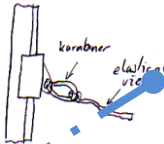
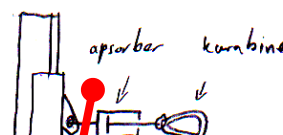
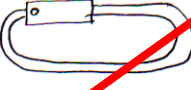
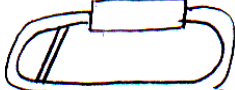
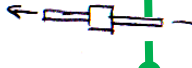
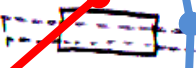
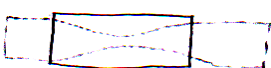
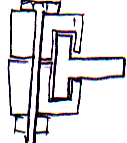
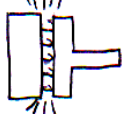
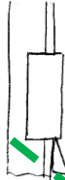
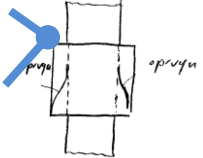
Funkcijska struktura je detaljniji opis funkcije toka, odnosno njen opširniji prikaz. U funkcijskoj strukturi se detaljno opisuje funkcija svakog sklopa zasebno, i to od ulaska energije, materije i signala, pa do izlaska istih. Na Slici 12. prikazana je funkcijska struktura klizača.

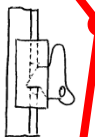
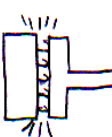
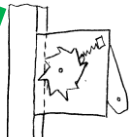
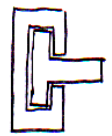
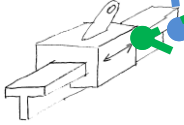
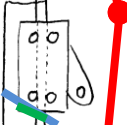
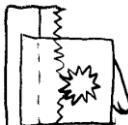
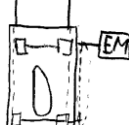
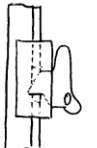
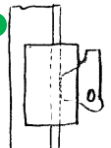
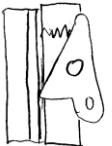
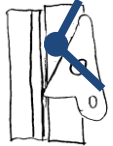
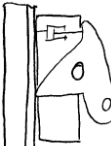
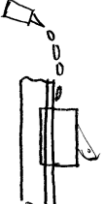
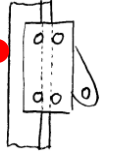
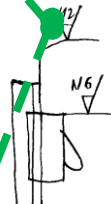
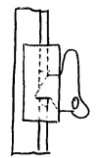
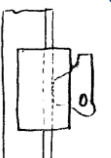
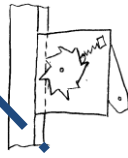
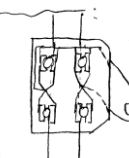


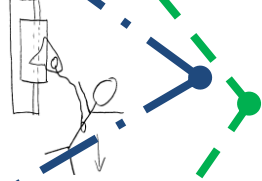
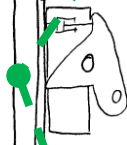
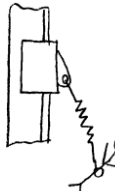
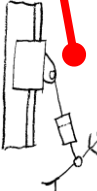
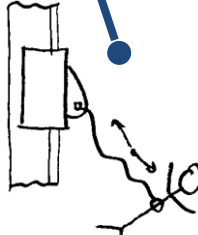
Slika 12. Funkcijska struktura klizača

7.4. Morfološka matrica

Nakon funkcijske strukture na red dolazi morfološka matrica. U morfološkoj matrici nabrojane su sve moguće izvedbe klizača.

FUNKCIJA	NAČIN IZVEDBE			
Povezati klizač sa penjačem	Držeći ga u ruci 	Elastičnim užetom 	karabinerom	
			Preko elastičnog užeta 	Preko apsorbera 
Osigurati klizač od ispadanja	oprugom 	Navojem 	Svornjakom 	Zatikom 
Signalizirati ispravnost klizača	Tenzometarskom trakom 	Elastičnim rastezanjem 	Suženjem poprečnog presjeka 	
Povezivanje klizača s vodicom	Oblikom 	Vijčanim spojem 	Magnetom 	Zavarom 
Pozicioniranje klizača	Oblikom 	Klinom 	Oprugama 	

Osigurati klizač od ispadanja sa vodilice	Trenjem 	Klinom 	Magnetom 	Zadržaćem 
Omogućiti rastavljivost klizača i vodilice	Oblikom 		Vijčanim spojem 	
Vođenje klizača po vodilici tijekom penjanja	Klizanjem 	Kotačićima 	Pužni prijenos 	Elektromotor 
Onemogućava nje slobodnog pada klizača	Klinom 		Trenjem 	
Stvoriti silu kočenja pri slobodnom padu	Oprugom 	Polugom 	Pneumatski cilindar 	
Smanjiti trenje	Podmazivanjem 	Kotačićima 	Finijom obradom 	
Zaustaviti klizač u slučaju pada penjača	Klinom 	Trenjem 	Zadržaćem 	čeljusna kočnica 

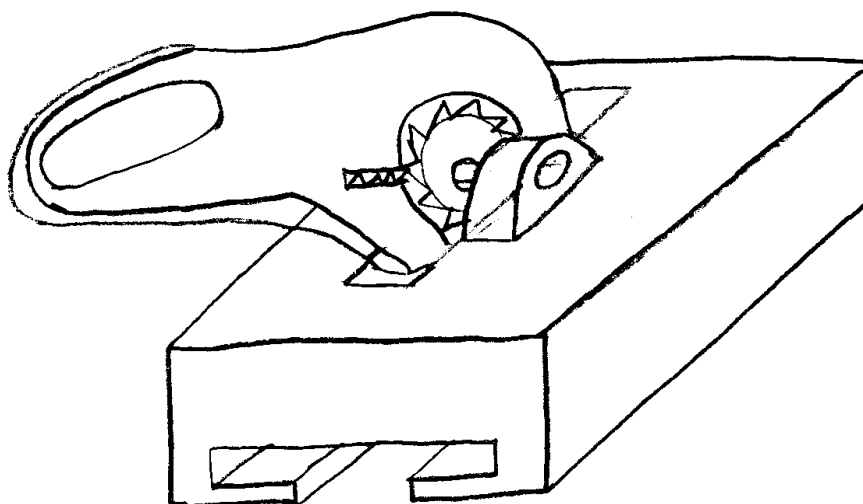
Stvoriti silu kočenja pri padu	Opruga 		Masa tijela 
Povećati silu kočenja	Polugom 	Opruga 	Hidraulički cilindar 
Prenijeti silu kočenja	Klinom 		Trenjem 
Smanjiti energiju udara	oprugom		Hidrauličkim cilindrom
	Cilindrične 	Gumene 	
			Elastičnim užetom 

8. KONCEPTI

8.1. Koncept 1

Koncept 1 (Slika 13) sastoji se od kočnice i kućišta klizača. Klizač kliže po vodilici. Unutar kočnice nalazi se zadržać s oprugom. Prihvat klizača i penjača riješen je tako da je kraj kočnice oblikovan u ručku. To znači da penjač koji se penje mora držati kočnicu u ruci i klizač povlačiti za sobom. Da bi klizač stajao samostalno, služi zadržać sa oprugom. U slučaju da se otpusti kočnica, opruga aktivira zadržać i on zakoči.

U slučaju pada, penjač povlači kočnicu koja koči trenjem po vodilici.



Slika 13. Koncept 1

Prijenos sile se ostvaruje preko sustava poluge. Umjesto zadržaća mogao se koristiti i samokočni zupčanički prijenos, ali to dodatno poskupljuje izradu klizača.

Prednosti:

- jednostavnost izvedbe

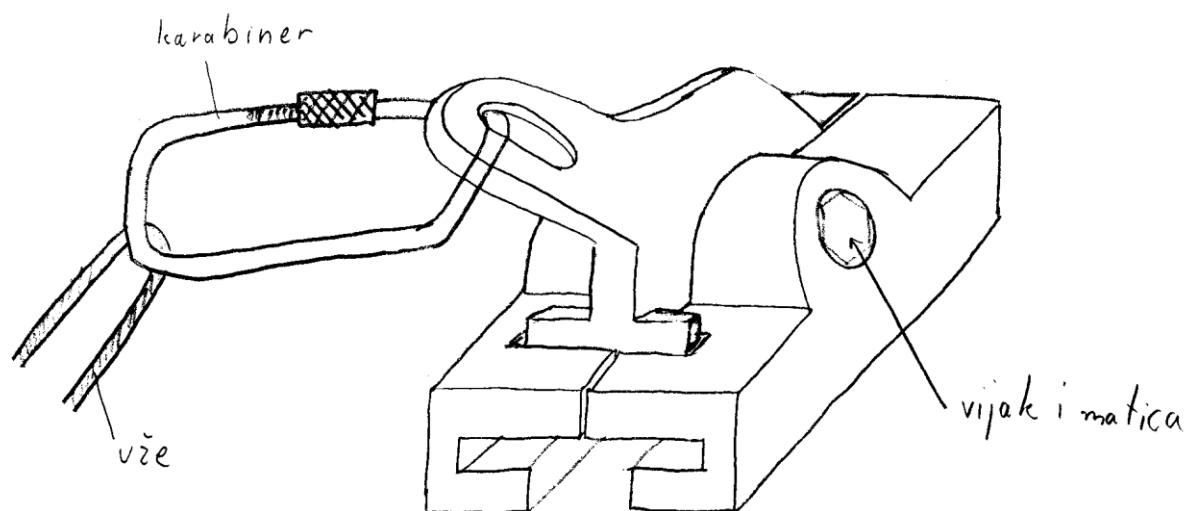
Mane:

- prihvat klizača za penjača

- nema amortizacije udara
- dugo vrijeme zaustavljanja
- mogućnost proklizavanja po vodilici u slučaju nailaska na mast ili ulje
- nemogućnost regulacije u više veličina vodilice
- nemogućnost signalizacije ispravnosti klizača

8.2. Koncept 2

Koncept 2 (Slika 14) sastoji se od kočnice, kućišta klizača i karabinera. Klizač kliže po vodilici. Kućište klizača sastoji se od dva dijela koji se međusobno povezuju vijkom i maticom. Prihvat klizača i penjača riješen je karabinerom koji se montira između kočnice i elastičnog užeta. Da bi se penjač penjao ili spuštao morao bi držati kočnicu napetom, odnosno otkočenom. Za samostalno stajanje klizača na vodilici služi kočnica koja se preko opruge zakoči i na taj način trenjem drži klizač. U slučaju pada penjača sa stupa, on za sobom povlači elastično uže, a uže preko karabinera kočnicu koja zatim trenjem po vodilici zaustavlja klizač. Prijenos sile ostvaruje se preko sustava poluge. Pozicioniranje klizača ostvareno je preko lisnatih opruga čime se smanjuje trenje i poboljšava prianjanje klizača na vodilicu.



Slika 14. Koncept 2

Prednosti:

- jednostavnost izvedbe
- amortizacija udara
- rastavlјivost
- signaliziranje ispravnosti klizača

Mane:

- mogućnost proklizavanja po vodilici u slučaju nailaska na mast ili ulje
- veliko vrijeme zaustavljanja

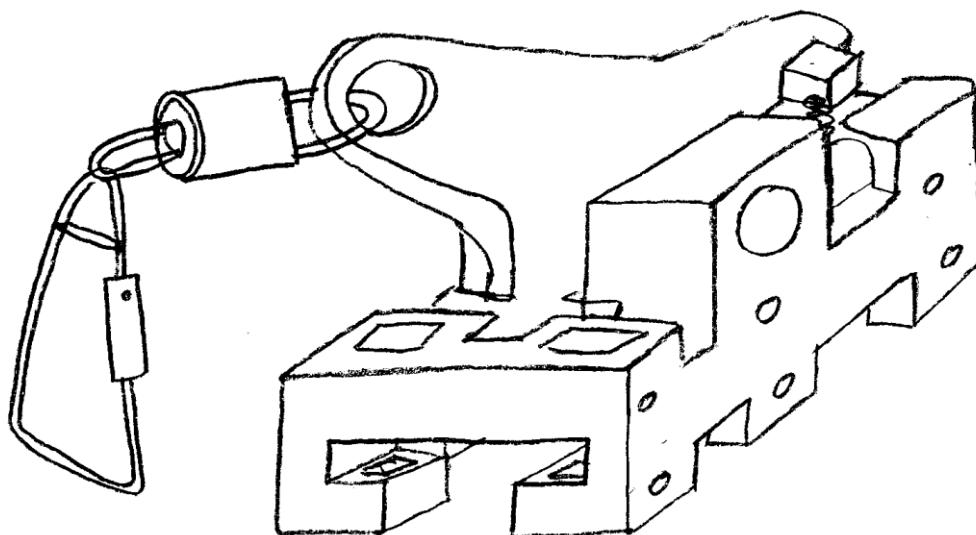
8.3. Koncept 3

Koncept 3 (Slika 15) sastoji se od kočnice, apsorbera, karabinera, dvije opruge, kotačića i kućišta klizača. Kočnica je oblikovana tako da je s prednje strane pritiskuju opruge, a na stražnjoj strani nalaze se klinovi koji ulaze u rupe vodilice. Na kočnicu je montiran apsorber koji služi kao dodatna zaštita pri amortizaciji udara. Također se na njemu nalazi i oznaka za signaliziranje ispravnosti klizača. Na apsorber s druge strane je pričvršćen karabiner. Njegova uloga je da povezuje elastično uže i apsorber. Karabiner je posebno izveden tako da u sebi sadrži poseban osigurač kojim se onemogućuje odvajanje od apsorbera. Kućište na sebi sadrži kotačiće koji služe za pozicioniranje i smanjenje trenja.

Za samostalno stajanje klizača na vodilici koriste se opruge s prednje strane kočnice koje pritišću kočnicu na vodilicu.

U slučaju pada penjača, penjač svojom masom tijela povlači preko elastičnog užeta, karabinera i apsorbera kočnicu. Kočnica svojim klinom nailazi na prvu rupu u vodilici i na taj način se zaustavlja.

Prijenos sile sa kočnicu se ostvaruje sustavom poluga preko svornjaka.



Slika 15. Koncept 3

Prednosti:

- jednostavnost izvedbe

- prihvata na penjača
- kratko vrijeme zaustavljanja
- mogućnost signalizacije ispravnosti klizača
- smanjeno trenje

Mane:

- nemogućnost regulacije za različite veličine vodilica

8.4. Odabir koncepta

Po kriterijima navedenim u Tablici 9. ocijenjeni su koncepti. Koncept s najvišom ocjenom ići će dalje u razmatranje i razvoj.

Tablica 9. Odabir koncepta

	KRITERIJI						Ocjena
	Brzo zaustavljanje	Način prihvata	Signal za ispravnost	Lagan i ergonomičan	Jednostavna izvedba	Smanjena energija udara	
Koncept 1	1	1	1	5	5	1	14
Koncept 2	3	3	3	5	3	5	22
Koncept 3	5	5	5	3	3	5	26

Iz gore prikazanog vidi se da koncept 3 ima najveću ocjenu 26. Taj koncept dalje odlazi u razradu.

9. KONSTRUIRANJE KLIZAČA

Pri konstruiranju i modeliranju proizvoda proračunati su i kritični dijelovi. Pri konstruiranju se vodi računa o tehnologičnom oblikovanju proizvoda. Pri modeliranju korištena je programska aplikacija CATIA V5R18. Izvedba klizača ovdje igra glavnu ulogu u sigurnosti.

Klizač za zaštitu od pada izrađen je od AW 6082 T6 i otporan je na udarnu silu od 4 kN. Masa klizača je 0,94 kg. Okvirne dimenzije su 96x60x45,5 mm. Klizač je spojen sa radnikom preko odgovarajućih spojnih elemenata i remena.

9.1. Kućište klizača

Cijelo kućište je izrađeno od legure aluminija 6082 T6. Unutar kućišta nalazi se 16 kotačića koji služe da bi smanjili trenje pri podizanju ili spuštanju. Kotačići su od bronce. Svaki od kotačića se nalazi na kratkoj osovinici od aluminija. Kućište klizača se radi iz jednog komada aluminija koji se potom obrađuje glodalicom. Ukoliko se želi kućište izrađivati u velikoserijskoj proizvodnji, onda se kućište lijeva, te se naknadno mogu izbušiti rupe za kotačiće. Prije svega mora se napraviti kontrolni proračun da se vidi hoće li kućište izdržati silu udara pri padu. Kritična mjesta su provrti za kotačiće s obzirom da oni preuzimaju najveći dio sile.

9.1.1. Proračun čvrstoće materijala na smik

$$F_u = 4000 \text{ N}$$

$$\begin{array}{llll} a_1 = 3,5 \text{ mm} & a_2 = 5 \text{ mm} & a_3 = 12 \text{ mm} & a_4 = 6 \text{ mm} \\ b_1 = 6,5 \text{ mm} & b_2 = 5,5 \text{ mm} & b_3 = 5 \text{ mm} & b_4 = 28,5 \text{ mm} \end{array}$$

$$\tau_1 = \frac{F}{a_1 \cdot b_1} = \frac{2000}{3,5 \cdot 6,5} = 87,91 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\text{dop}} = 96 \text{ N/mm}^2 \quad (5)$$

$$\tau_2 = \frac{F}{a_2 \cdot b_2} = \frac{2000}{5 \cdot 5,5} = 72,72 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\text{dop}} = 96 \text{ N/mm}^2 \quad (6)$$

$$\tau_3 = \frac{F}{a_3 \cdot b_3} = \frac{2000}{12 \cdot 5} = 33,33 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\text{dop}} = 96 \text{ N/mm}^2 \quad (7)$$

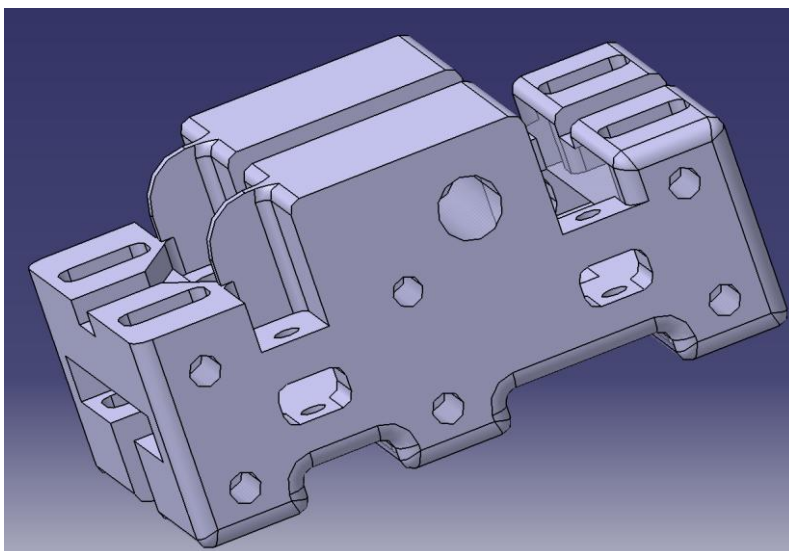
Iz jednadžbi 5, 6 i 7 vidi se da materijal na mjestu provrta za kotačiće zadovoljava.

$$\tau_4 = \frac{F}{a_4 \cdot b_4} = \frac{2000}{6 \cdot 28,5} = 11,69 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\text{dop}} = 96 \text{ N/mm}^2 \quad (8)$$

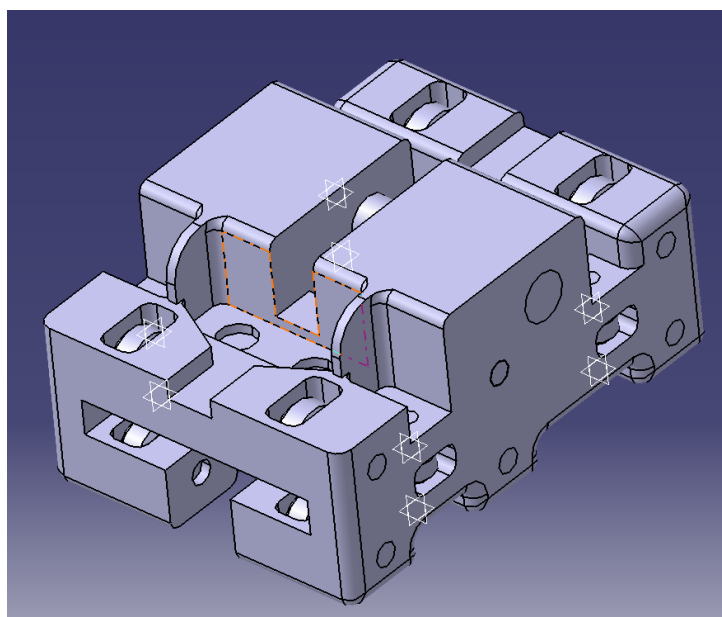
Iz jednadžbe 8 vidi se da materijal na mjestu provrta za kočnicu zadovoljava

9.2. Modeliranje kućišta klizača

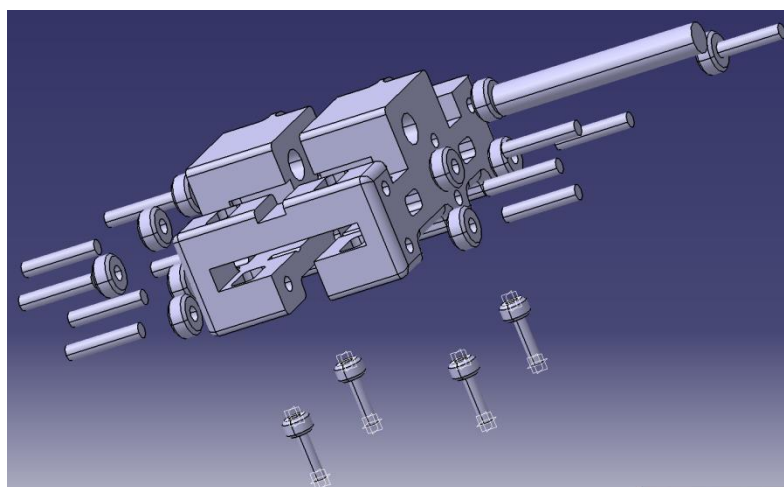
Model kućišta je isprva imao samo 8 kotačića (4 sa prednje i 4 sa stražnje strane). Nakon toga se došlo do zaključka da bi za vrijeme prelaska s jednog modula na drugi došlo do zapinjanja kotačića, pa je stavljeno još 4 kotačića u sredinu, te ih je sad ukupno bilo 12. Time je kućište za vrijeme upotrebe uvijek bilo oslonjeno minimalno na 8 kotačića. Stavljena su i 4 bočna kotačića. Bočni kotačići služe za hodanje po horizontalnim vodilicama (platformama) koje su na konzolama dalekovodnog stupa. Na Slici 16. prikazano je kućište klizača, na Slici 17. prikazano je kućište klizača sa pripadajućim osovinicama i kotačićima, dok je na Slici 18. prikazan dispozicijski crtež koji prikazuje raspored dijelova unutar kućišta.



Slika 16. Model kućišta klizača



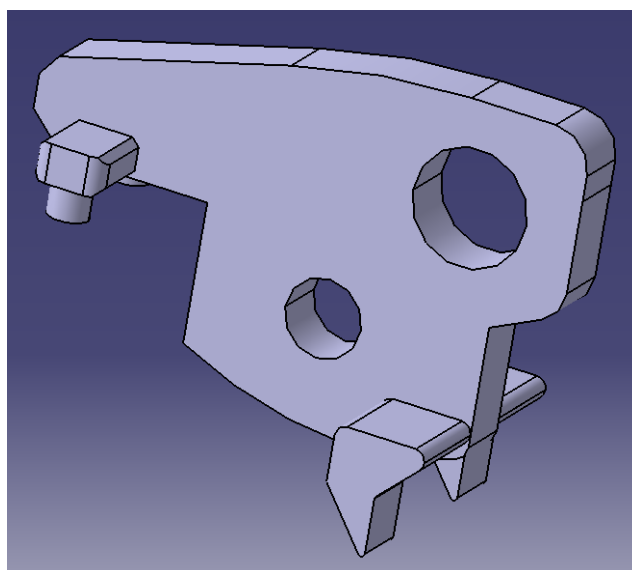
Slika 17. Model kućišta klizača s kotačićima i osovinicama



Slika 18. Dispozicijski crtež kućišta klizača

9.3. Kočnica klizača

Kočnica klizača izrađena je iz jednog dijela. S obzirom na veliko opterećenje koje mora podnijeti, materijal kočnice je čelik Č0561. Na prednjem dijelu kočnice nalaze se dvije opruge koje imaju ulogu povrata kočnice. Na sredini kočnice nalazi se provrt oko kojeg se okreće kočnica. Na gornjoj strani kočnice nalazi se provrt na koji se montira apsorber. Minimalni promjer provrta mora biti 10 mm. S donje strane kočnice nalaze se dva klina koja pri padu ulaze u rupu vodilice i na taj način koče. Na Slici 19. vidi se model kočnice.



Slika 19. Model kočnice

9.3.1. Proračun opruge

U proračun kočnice ulazi proračun opruge i kritičnih mjesta na kočnici. Kritično mjesto na kočnici je debljina materijala kod provrta za apsorber.

$$F = 60 \text{ N}$$

$$G = 73000 \text{ N/mm}^2$$

$$f = 12 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F \cdot D_{sr}}{\pi \cdot \tau_i}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 60 \cdot 7}{\pi \cdot 400}} = 1,38 \text{ mm} \approx 1,4 \text{ mm}$$

$$i_f = \frac{G \cdot d^4 \cdot f}{8 \cdot D_{sr}^3 \cdot F} = \frac{73000 \cdot 1,4^4 \cdot 12}{8 \cdot 7^3 \cdot 60} = 19,3 \text{ zavoja}$$

Odabrana je opruga tvrtke Kern. Uzete su dvije kraće opruge od 10 mm, radi pomaka kočnice.

9.3.2. Proračun čvrstoće materijala na provrtu za apsorber

Proračun čvrstoće na provrtu za apsorber se radi iz razloga da se vidi hoće li doći do puknuća materijala u slučaju pada.

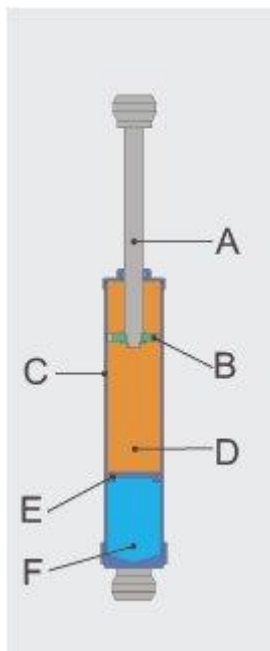
$$\tau_1 = \frac{F}{a_1 \cdot b_1} = \frac{4000}{8 \cdot 6,5} = 76,92 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\text{dop}} = 128 \text{ N/mm}^2 \quad (9)$$

$$\sigma_1 = \frac{F}{a_1 \cdot b_2} = \frac{4000}{8 \cdot 6} = 83,33 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\text{dop}} = 150 \text{ N/mm}^2 \quad (10)$$

Iz jednadžbi 9 i 10 vidi se da materijal na provrtu za apsorber u slučaju pada radnika zadovoljava.

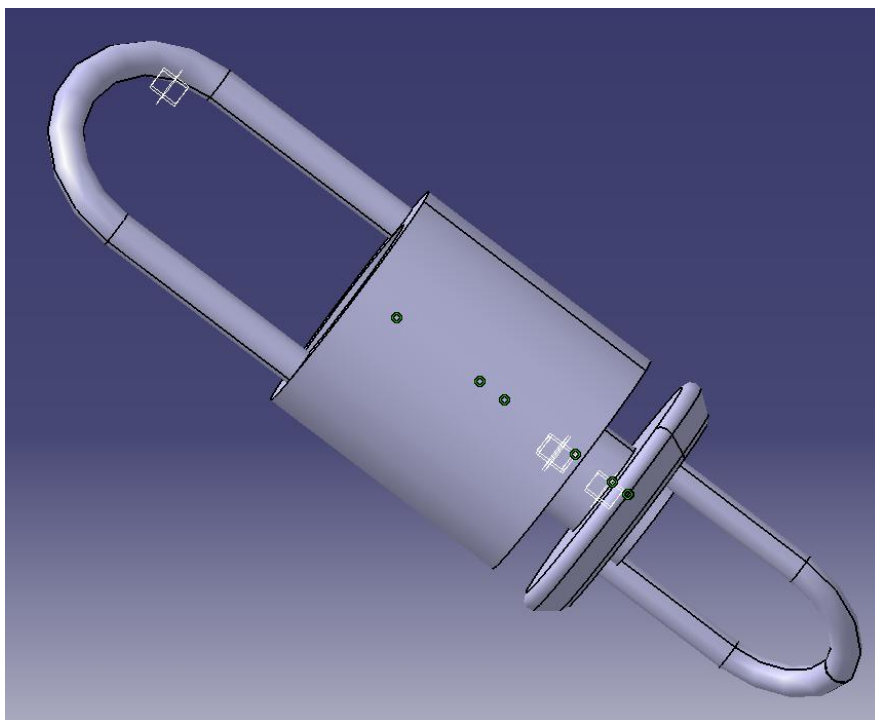
9.4. Apsorber

Apsorber je mehanički uređaj koji se koristi za ublažavanje udarnog šoka pri padu. Drugim riječima umanjuju oscilacije pada. Sastoji se od klipa, vanjskog cilindra i opruge (odnosno bilo kojeg materijala koji može na sebe prenijeti silu). Može se naručiti već gotov apsorber iz kataloga raznih firmi koje se bave proizvodnjom apsorbera. Neke od tih tvrtki su ACE, Airpot, ITT, SMAC, GeTech, Camozzi i mnoge druge.



Slika 20. Dijelovi apsorbera (A-klip, B-brtva, C-cilindar, D-tlačni medij, E-plutajući klip, F-zračna komora)

U ovom slučaju apsorber je izrađen u tvornici DALEKOVOD. Apсорber je morao izdržati silu od 4000 N. Na sebi je imao kontrolnu oznaku ispravnosti. Oznaka se nalazi na vanjskom dijelu klipa. Ta oznaka služi za kontrolu ispravnosti apsorbera prije penjanja. Ukoliko je apсорber ispravan na njemu je zelena oznaka, a ukoliko je neispravan, pored zelene oznake je i crvena oznaka. Na Slici 21. prikazan je model apsorbera koji je ugrađen na klizač.



Slika 21. Model apsorbera

9.5. Karabiner

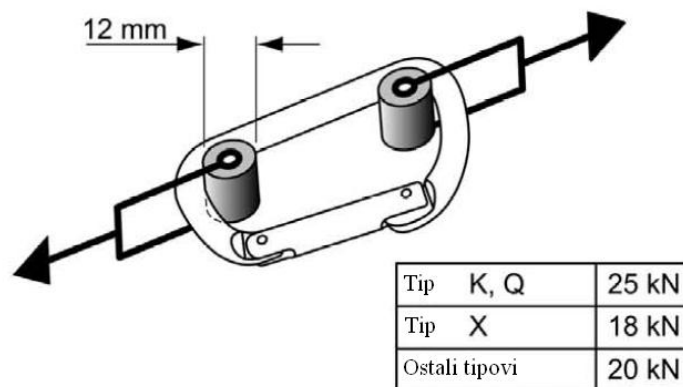
Karabiner je uređaj za brzo povezivanje opreme. Veliku primjenu nalazi u planinarenju, jedrenju, gradnji te sportu. Mogu biti izrađeni od čelika ili aluminija. Ima dvije vrste zaključavanja:

- Zaobljena vrata
- Vijčana vrata

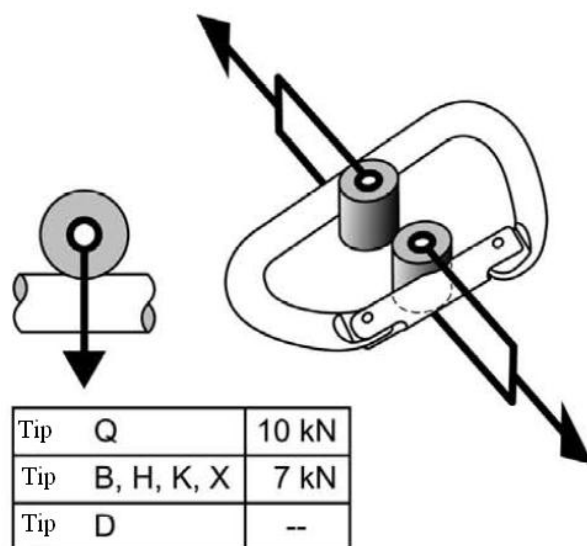
Oblici karabinera su:

- Tip B (basic) - standardna upotreba
- Tip D (directional) - za brzo izvlačenje
- Tip X - za pomoć pri penjanju
- Tip H (HMS)
- Tip K - automatski uređaj za zaključavanje
- Tip Q

Standard po kojem se izrađuju karabineri je EN 12275. Tim standardom se određuje minimalni put otvaranja vrata, sila potrebna za otvaranje vrata, maksimalno opterećenje koje može podnijeti u horizontalnom i vertikalnom smjeru (Slike 22 i 23).



Slika 22. Maksimalno opterećenje u vertikalnom smjeru



Slika 23. Maksimalno opterećenje u horizontalnom smjeru

Tvrtke koje se bave proizvodnjom karabinera su Sperian, Cresto, Petzl, Somain, Skylotec i druge.

Karabiner korišten u ovom radu je naručen iz tvrtke Sperian i prikazan je na Slici 24.

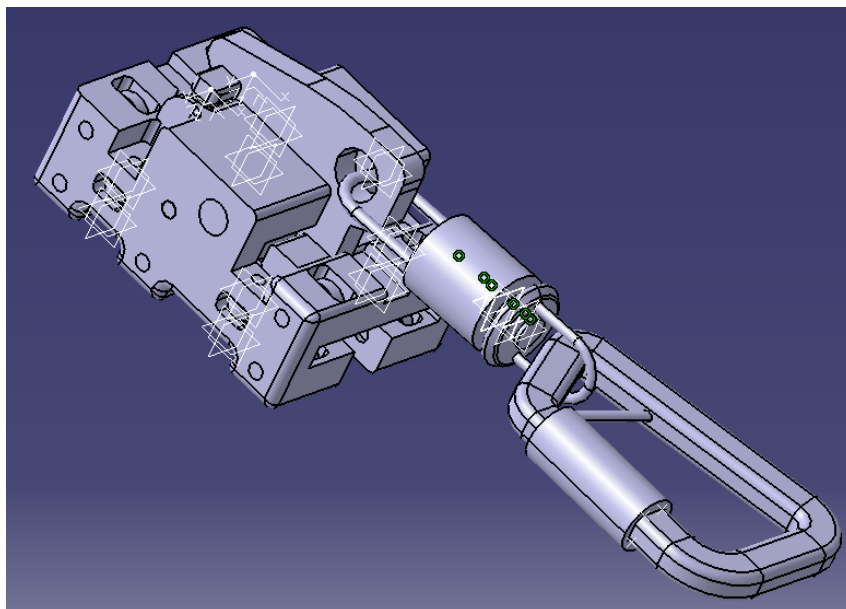


Slika 24. Karabiner

9.6. Redoslijed sklapanja klizača

Nakon što su pribavljeni svi dijelovi i komponente klizača potrebno je sve međusobno spojiti u jedan zajednički modul.

Prvo se u kućište klizača umetnu kotačići na odgovarajuće osovinice. Osovinice se uprešaju u kućište i na krajevima kućišta se osiguravaju zarezom. Nakon kotačića se montira kočnica sa zatikom koji se na krajevima također osigura zarezom. Na kočnicu se zatim montira apsorber, a na apsorber karabiner. Na Slici 25. je prikazan čitav sklop klizača sa pripadajućim dijelovima.



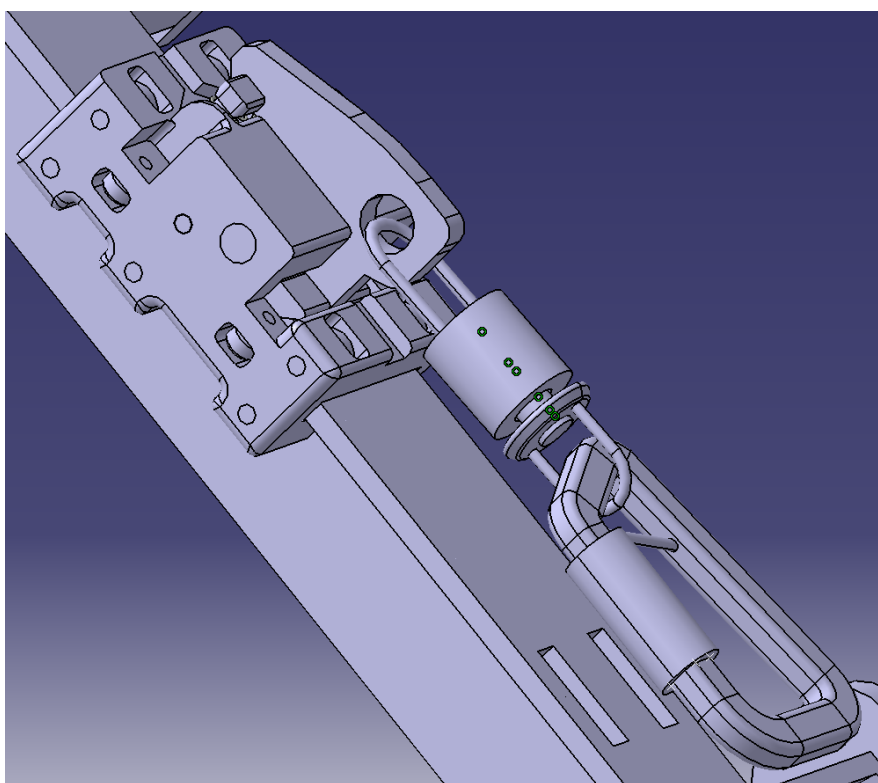
Slika 25. Klizač sa svim dijelovima

9.7. Montaža klizača na ljestve

Nakon što je sklopljen klizač, karabiner klizača se spaja na remen opreme penjača, ili na elastično uže. Bez te opreme klizač se ne smije upotrebljavati. Zatim se klizač montira na ljestve.

Klizač se montira na ljestve na način da se kočnica sa oprugama okrene prema gore. Na samom klizaču postoji crvena strelica koja upozorava radnika na smjer stavljanja klizača. Klizač se gurne u vodilicu na samom dnu ljestvi. Pomiče ga se do dok ne prođe graničnik na ljestvama, ili dok klin kočnice ne upadne u rupu. Tek tada može početi penjanje radnika pomoću klizača.

Radnik pomiče klizač na način da srednji dio tijela malo pomakne unazad i time otkoči kočnicu klizača. Na taj način se penje i spušta po ljestvama. Ukoliko se radnik pomakne prema klizaču pri silasku, zakočit će klizač, i neće bit moguć silazak. Također u slučaju pada kočnica klizača ulazi u otvor na vodilici i na taj način koči. Na Slici 26. prikazan je klizač na vodilici.



Slika 26. Klizač na vodilici

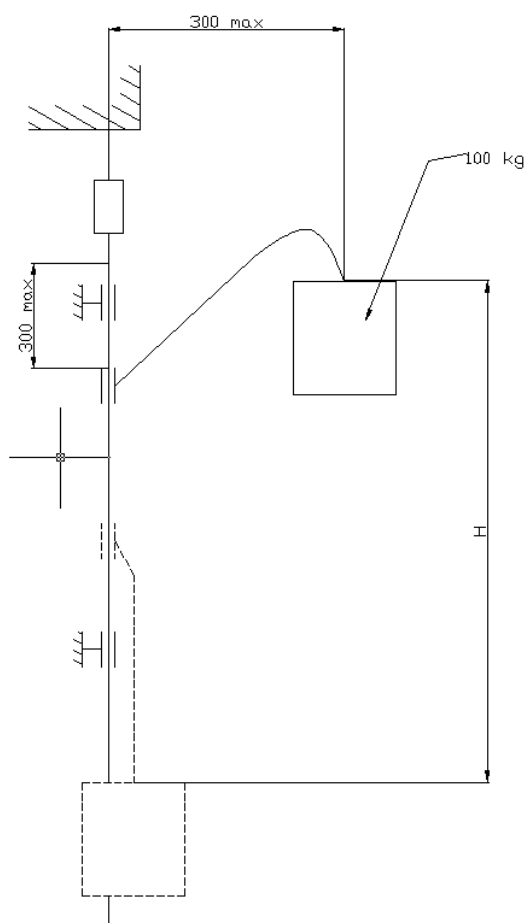
10. ISPITIVANJE KLIZAČA

Nakon što je izrađen klizač pristupilo se njegovom ispitivanju. Ispitivanje je obavljeno u tvrtki DALEKOVOD d.d. Standardi po kojima se ispitivalo su BS EN 353-1 i BS EN 364-2001.

10.1. Standard po kojem se ispituje

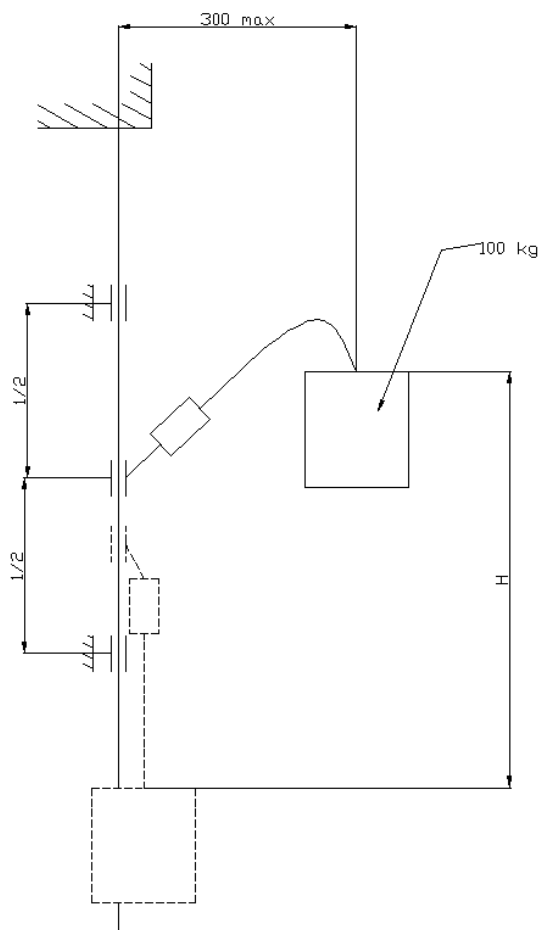
U standardu EN 364-2001 navedene su metode ispitivanja klizača. Postoji metoda A i metoda B. U obje metode mjeri se put koji prijeđe uteg od kad ga se spusti s početne točke do krajnje točke pada.

U metodi A mjeri se sila koja se javlja na ljestvama, te put koji je prešao uteg do zaustavljanja. Za ispitivanje se koriste utezi promjera 200 mm te uže sa apsorberom. Na Slici 27. je prikazana A metoda.



Slika 27. Ispitna metoda A

U metodi B mjeri se sila koja se javlja na klizaču, te put koji je prešao uteg do zaustavljanja. Za ispitivanje se koriste utezi promjera 200 mm te uže sa apsorberom. Na Slici 28. je prikazana B metoda.



Slika 28. Ispitna metoda B

Ispitivanje klizača se izvodilo po metodi B.

10.2. Rezultati ispitivanja

Pri prvom ispitivanju ljestve su montirane na stup hale skladišta. Na klizač je ovješeno teret od 100 kg, odnosno 1000 N. Teret zajedno s klizačem je dignut na početak ljestava pomoću viličara. Izmicanjem viličara teret je počeo padati. Zaustavio se na trećoj rupici. Zaustavio se kasnije nego li je to normom propisano.

Rezultat pada je bilo puknuće karabinera. Razlog puknuća karabinera je prejak apsorber koji nije ublažio oscilaciju pada. Na Slici 29. vidi se početak prvog ispitivanja.



Slika 29. Početak ispitivanja

Pri drugom ispitivanju dodan je malo elastičniji apsorber i novi karabiner. Viličarom je dignut teret i obješen na klizač. Izmicanjem viličara teret je počeo padati.

Teret se zaustavio unutar propisane dužine. Šteta koja je nastala na klizaču je izvinuće svornjaka na apsorberu, te puknuće gumene opruge u apsorberu. Na Slici 30. vidi se kraj drugog ispitivanja.



Slika 30. Kraj ispitivanja

Temeljem tih ispitivanja zaključeno je da se rade neke pogreške pri ispitivanju. Došlo se do novih saznanja.

10.3. Nova rješenja

Razlog silnih pucanja pri ispitivanju bila je kriva metoda ispitivanja. Prije svega pri ispitivanju se mora koristiti lutka, te imati pravu opremu za penjanje. U ispitivanje se mora uzeti u obzir i horizontalan pad "na leđa" gdje se u tom slučaju klizač ne zaustavlja jer je stalno otkočen. Norma koja to propisuje još ne postoji. O tome piše direktiva PPE-Directive 89/686/EEC. U njoj su nabrojane metode koje ispravljaju gore navedene pogreške.

Norma EN 353-1 je još uvijek važeća iako u bazi CEN norma postoji napomena od 29.3.2010. U napomeni piše odluka europske komisije o povlačenju norme iz Službenog lista Europske unije. Norma je povučena iz lista radi revizije nakon čega će ponovo biti uvedena u Službeni list. Također postoji podatak o registraciji novog projekta od 3.12.2010. koji je

aktivan, ali još nije dostupan. Rok za donošenje norme je 3 godine, pa bi tekst trebao bit dostupan tek krajem 2013. godine.

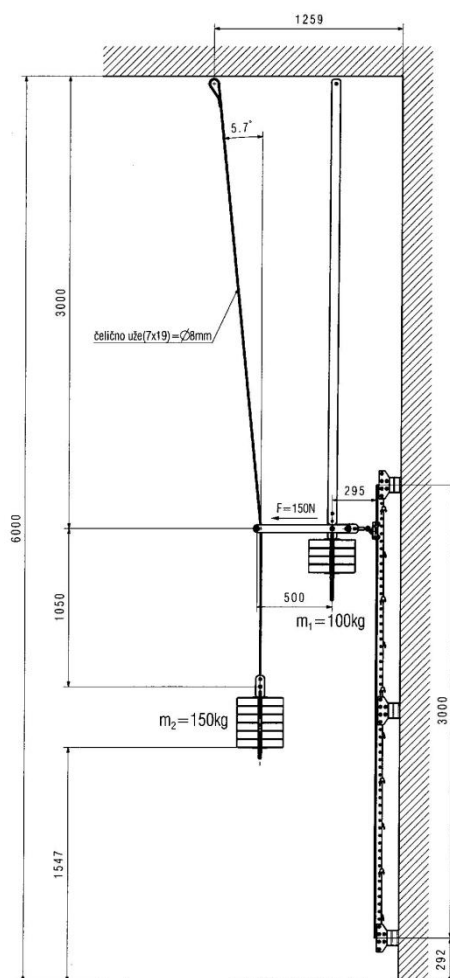
Ispitivanje horizontalnog pada objašnjeno je preko dvije metode u direktivi 89/686/EEC. To su metoda D i metoda E.

Metoda D je testirana u skladu s metodologijom maksimalnog opterećenja i dužine zaustavnog puta. U tablici 10. navedeni su zahtjevi za ispitivanje preko metode D.

Tablica 10. Tablica zahtjeva za ispitivanje metodom D

F_1 i kut " α " prije ispuštanja	150 N - 5,7°
m_2	150 kg
Razmak	0,3 m
L_3	3 m
F_1 i kut " α " nakon pada od 1 m	110 N - 4,3°

Na Slici 31. prikazan je crtež ispitivanja metodom D.



Slika 31. Testna metoda D

Primjenom ove metode zaključeno je da bi se trebalo ići u rekonstrukciju klizača. Klizač bi trebao u sebi imati i dodatnu kočnicu koja bi se aktivirala u slučaju horizontalnog (leđnog) pada.

11. OSTALI MODULI

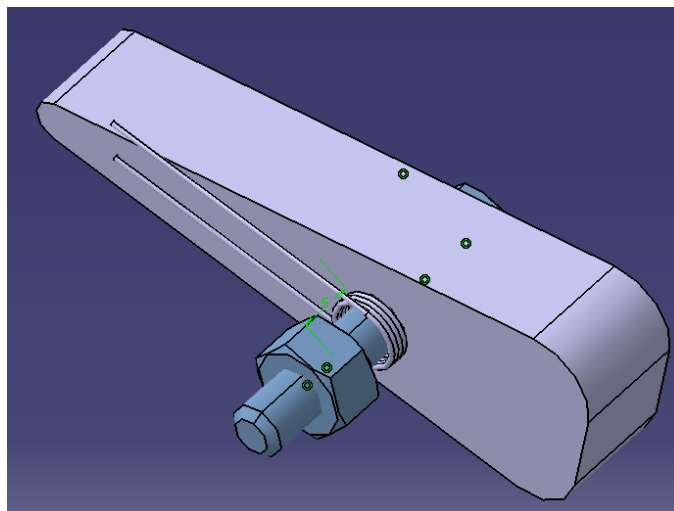
Osnovni element zaštite na radu pri penjanju je klizač koji je netom opisan u prethodnim poglavljima. Osim klizača, sustav se sastoji i od drugih elemenata poput ulazno izlaznih graničnika, skretnica, podiznih platformi, košare, te zaštite od neovlaštenog penjanja. Ti moduli se koriste da bi dodatno olakšali rad penjača na stupu.

Model stupa je dobiven od tvrtke DALEKOVOD d.d. Dalekovodni stupovi se dijele na nosive i zatezne. Zatezni stupovi služe kao rasteretni, kutno rasteretni i krajnji, ali ujedno mogu služiti i kao nosivi. Nosivi stupovi se koriste kao linijski stupovi. Ukoliko dolazi do pregiba trase, na pregibu se postavlja zatezni stup. Na stupovima je moguć praktično svaki raspored vodiča, tj. oblik glave stupa. Visina stupova se računa od podnožja do prve konzole.

Stup je tipa Cne0. Kratica stupa označuje da je to cijevni natezni stup. Na sebi ima tri konzole. Visina stupa od podnožja do prve konzole je 20 m. Ukupna visina stupa s temeljima je cca. 34,5 m.

11.1. Ulazno izlazni graničnici

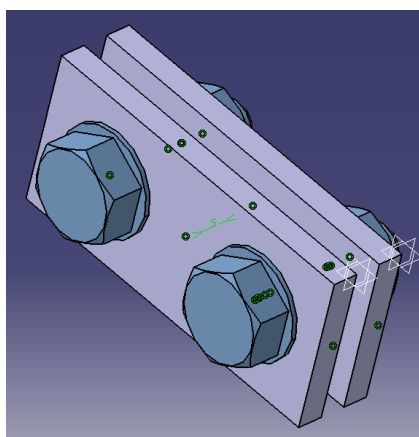
Graničnici na početku i kraju vodilice imaju ulogu sprječavanja ispadanja klizača u neželjenom smjeru. Rade na principu opruge i poluge. Materijal graničnika je EN AW-6082 T6. Graničnik se pričvršćuje vijkom M5×25 i maticom M5. Opruga ima ulogu povratnog djelovanja. Uzeta je zavojna fleksijska opruga promjera 6.5 mm, debljine žice 0.5 mm, broj namotaja 3.25. Na Slici 32. prikazan je graničnik korišten u ovom radu.



Slika 32. Graničnik

11.2. Spojnica

Spojnice služi za međusobno spajanje dva segmenta penjalica. Materijal spojnice je također legura aluminija AW 6082 T6. Sastoji se od dvije ploče dimenzije 65×30 mm debljine 5 mm, međusobno spojene vijcima M10×30 mm, i maticama M10. Na Slici 33. prikazana je takva jedna spojnica.



Slika 33. Model spojnice

11.3. Rotaciona skretnica

Ukoliko radnik koji radi na penjalicama treba prijeći iz vertikalne vodilice u horizontalnu vodilicu, iz bilo kojih razloga, potrebna mu je rotaciona skretnica. Rotaciona skretnica ima mogućnost okretanja za 360° u razmacima po 90°. Materijal modula je djelomično AW 6082 T6, a djelomično od nehrđajućeg čelika. Zbog sigurnosti, i na ovom modulu nalazi se rupa u koju se kočnica zaklini u slučaju pada. Skretnica se zakreće pomoću polugice koja ga ujedno i blokira ukoliko radnik ne želi izvući klizač. Rotaciona skretnica se pričvršćuje vijcima preko držača za vodilice (vertikalne i horizontalne).

11.3.1. Proračun zatika

Zatik se proračunava na smik. U slučaju pada ovaj zatik osigurava izvlačenje nosača okretne vodilice.

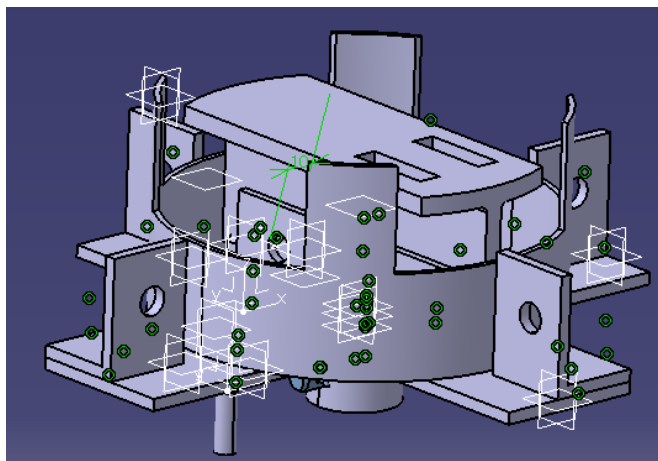
$$F = 4000 \text{ N}$$

$$r = 4 \text{ mm}$$

$$\tau_1 = \frac{F}{r^2 \cdot \pi} = \frac{4000}{4^2 \cdot 3,14} = 79,61 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\text{dop}} = 160 \text{ N/mm}^2 \quad (11)$$

Iz jednadžbe 11 vidi se da zatik zadovoljava.

Na Slici 34. prikazan je model rotacione skretnice.



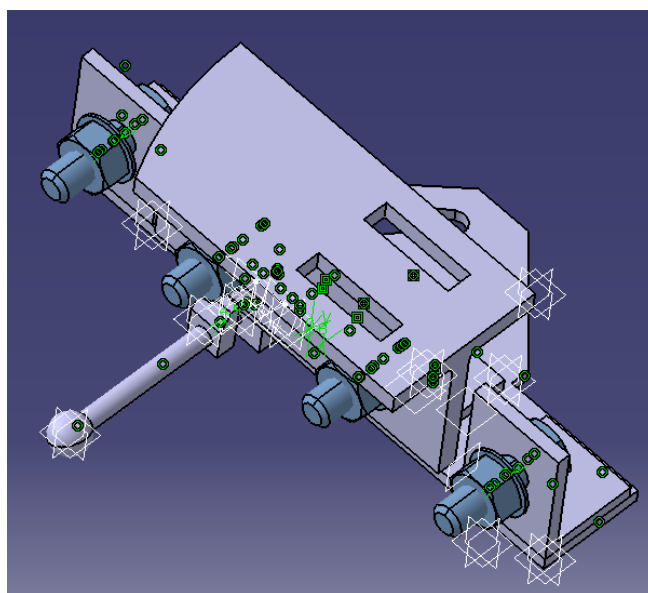
Slika 34. Model rotacione skretnice

11.4. Konzolna vodilica

Konzolna vodilica je slična vertikalnoj vodilici samo što je savinuta na dva mjesta. Materijal vodilice je AW-6082 T6. Na sebi također ima izbušene rupe za kočnicu. Radijusi zakrivljenja su 3,3 m i 4 m. Vodilica se savija na stroju za savijanje profila. Konzolna vodilica se pričvršćuje na isti način kao i vertikalna preko prihvata za ljestve. Na krajevima vodilice nalaze se graničnici.

11.5. Izlazna skretnica

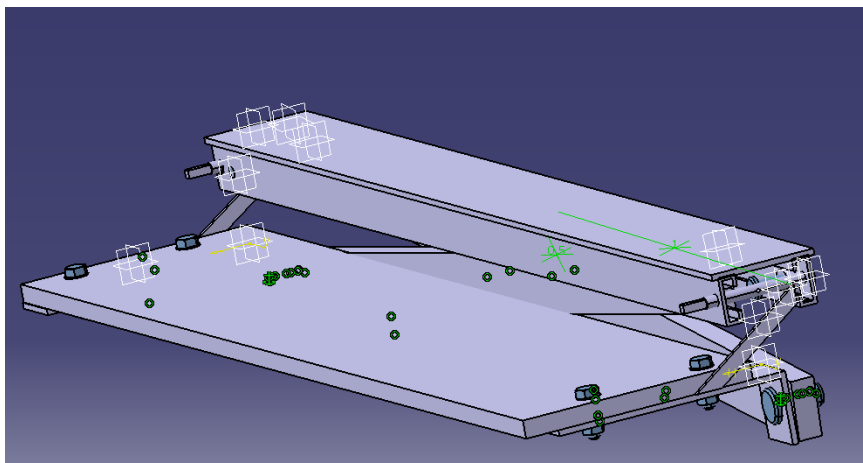
Izlazna skretnica služi za izlaz klizača iz profila ukoliko radnik želi prijeći na drugu vodilicu koja nije spojena trenutnom vodilicom, ili za prelazak na platformu. U ovom slučaju izlazna skretnica se smije okretati jedino u slučaju da je radnik u košari, i da prelazi na konzolnu vodilicu. U protivnom se izlaže riziku od pada jer u tom trenutku prelaska s jedne vodilice na drugu, ostaje nezaštićen. Maksimalni otklon vodilice u skretnici je 60°. Pričvršćenje skretnice za ljestve riješeno je vijcima M10×30 mm. Skretnica na sebi također ima rupe za kočnicu klizača u slučaju da baš na tom mjestu dođe do pada. Skretnica se pomiče pomoću ručice koja ujedno služi i za blokadu pomicanja. Ručica radi na principu poluge i opruge. Materijal modula skretnice je AW-6082 T6. Na Slici 35. prikazan je model izlazne skretnice.



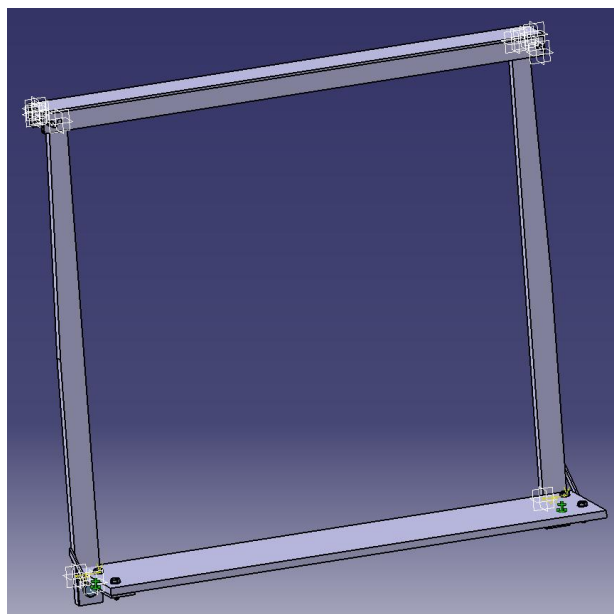
Slika 35. Model izlazne skretnice

11.6. Podizne platforme

Podizna platforma je modul koji služi za pomoć pri radu na konzoli. Platforma je od istog materijala kao i ostali moduli, a to je AW-6082 T6. Nosač platforme zavaren je za konzolu zavarom 5 mm. U nosaču platforme nalaze se kotačići na koje su pričvršćeni nosači hodne staze. Kotačići se pomiču pomoću užeta koje se namata na osovinu ručice. Na taj način se nosači hodne staze podižu i spuštaju. Ručica se demontira nakon korištenja i montira na sljedeću platformu. Nosač platforme je izrađen iz dva C profila međusobno spojenih zavarom debljine 3 mm s ravnom pločom. Platforma može podnijeti teret od 300 kg. Ukupne dimenzije zatvorene platforme su 1060×260×150 mm. Visina otvorene platforme je 1000 mm. Masa same platforme iznosi 16,5 kg. Hodna staza s gornje strane je presvučena slojem protuklizne gume da se priječi pokliznuće. Platforma odgovara europskim standardima za izradu platformi. Na slici 36. prikazana je platforma dok je zatvorena, dok je na Slici 37. otvorena.



Slika 36. Zatvorena podizna platforma

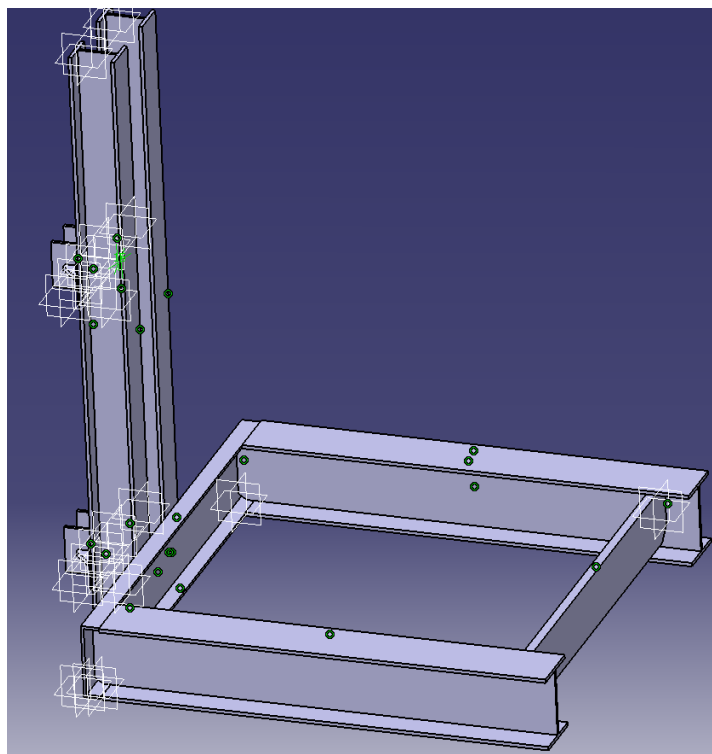


Slika 37. Otvorena podizna platforma

11.7. Košara

Košara služi za prijevoz radnika i opreme do konzola. Košara se sastoji od nosača košare i same košare. Podiže se uz pomoć užeta koje je povezano s klizačima košara preko koloture na vrhu stupa sa vitlom. Nosač košare je izrađen od I profila dimenzija $120 \times 160 \times 8$ mm i $100 \times 80 \times 8$ mm međusobno zavarenih zavarom debljine 5 mm. Ukupne dimenzije nosača košare su $1200 \times 1000 \times 1268$ mm. Masa čitavog nosača je 36 kg. Na nosač se pričvršćuju pomoću vijaka i posebno dorađeni klizači za košaru. Materijal nosača je AW-6082 T6.

Razlika između klizača kojeg koristi penjač i onoga koji se pričvršćuju na košaru je ta što ovima za košaru su produžene bočne stranice iz razloga da se mogu pričvrstiti za nosač košare. Na nosaču se izbuše rupe za vijke kojima će se učvrstit košara. Osim košare na nosač se mogu učvrstit i druge stvari poput sanduka raznih veličina. Na Slici 38. je prikazan model nosača košare.



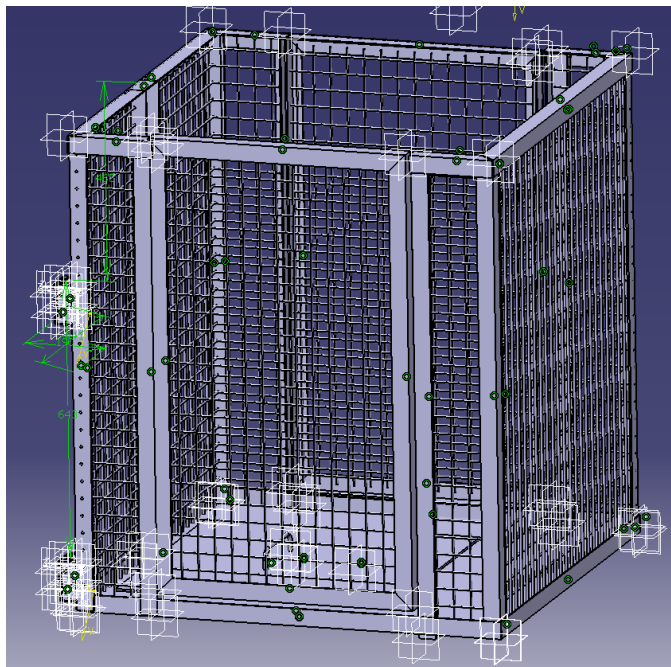
Slika 38. Model nosača košare

Košara se sastoji od međusobno zavaranih aluminijskih L profila. Izrađena je po europskim standardima. Visina ograde košare je 1 m. Ima izlaz na obje strane zatvoren vratima. Na podu košare nalaze se također vrata za prolaz standardnih dimenzija za košare. Ograda košare je od žičane mreže. Pod košare je od aluminijske ploče, protuklizne površine.

11.7.1. Princip podizanja košare

Prvo se mora povezati nosač košare s košarom. Zatim se nosač s košarom montira na ljestve. Nakon toga se jedan radnik popne do vitla i spusti užu dugom radniku u košari. Radnik u košari poveže klizače košare sa užetom. Nakon toga radnik kod vitla podiže košaru s radnikom i alatom. Radnik u košari također mora biti povezan s klizačem za stup. Vitlo je samokočno. Dodatno osiguranje od pada košare je i zadrživač unutar vitla koji sprječava naglo odmotavanje. Vitlo je uzeto od tvrtke CarlStahl. Tip vitla je KE 500 od nehrđajućeg čelika. Maksimalan teret koje vitlo može podignut je 500 kg, do visine 46 m, promjer užeta 5 mm,

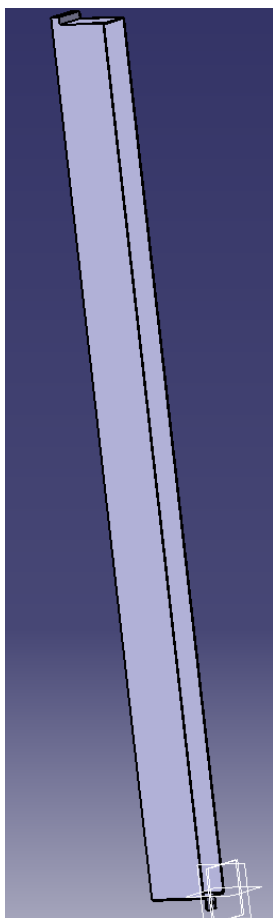
masa samog vitla bez užeta je 5 kg. Uže s vitla prelazi preko kolature za izravnanje, i spušta se do klizača košare. Na slici 39 prikazana je košara.



Slika 39. Model košare

11.8. Zaštita od neovlaštenog penjanja

Zaštita od neovlaštenog penjanja se sastoji od dva limena poklopca koja dolaze svaki s jedne strane ljestava. Visina im je oko 2,5 m. Po standardu moraju prekriti prvih desetak gazišta. Osigurani su od neovlaštenog skidanja na dva mjesta. Prvo mjesto je na samom dnu. Tamo je stavljen specijalni lokot, a drugo mjesto je na visini od oko 2 m od zemlje. Na tom mjestu su limovi povezani sigurnosnom šipkom i na kraju je stavljen običan lokot. Nakon što se skinu oba osiguranja, poklopci se trebaju lagano podignut da izađu iz ležišta, i tek se onda mogu odvojiti i skinuti. Materijal zaštitnih limova je također od aluminijske legure AW-6082 T6. Masa jednog limenog poklopca zaštite je 8 kg. Na Slici 40. prikazan je model jednog limenog poklopca.



Slika 40. Model jednog limenog poklopca

12. REDOSLIJED SKLAPANJA MODULA NA STUPU

Cijeli stup je podijeljen na segmente. Montira se na podu, i kad je složen sa svim dijelovima (ljestve, skretnice, konzolne vodilice...), dizalicom se podiže i betonira. Nakon što je stup složen na podu, pristupa se montaži ljestvi, te ujedno i skretnica. Nakon ljestvi se pričvršćuju vodilice na konzole. Zatim se zavaruju platforme za rad na konzolama. Na vrhu stupa se montira vitlo i kolotura za košaru. Nakon što je to sve montirano dizalicom se podiže stup i betonira ga se u betonske temelje. Nakon što se temelji osuše može se nastaviti s radom na stupu. Na kraju dolazi kontrola ispravnosti svih modula. Zatim, ukoliko treba, pričvršćuje se košara i radnici mogu ići na stup spajati žice, ili bilo što drugo. Nakon rada na stupu, stavlja se zaštita od neovlaštenog penjanja. Masa stupa sa svim modula iznosi oko 4980 kg. Na Slici 41. vidi se stup sa svim modulima.



Slika 41. Model stupa sa svim modulima

13. ZAKLJUČAK

Da bi se bilo što radilo na stupu, a i bilo kojem visokom objektu treba se posjedovati odgovarajuću opremu. Oprema mora odgovarati najvišim svjetskim standardima. Sastoji se od opreme vezane za čovjeka do opreme vezane za građevinu. Ona vezana za čovjeka je užje, i sigurnosni pojasevi. Dok oprema vezana za građevinu je sam klizač sa svim pripadajućim modulima. Svaki modul pojedinačno mora zadovoljavati najviše sigurnosne standarde.

Ispunjeni su gotovo svi korisnički zahtjevi i želje. Prije svega tu se misli na jednostavnost izvedbe i težinu. Moduli su izrađeni koliko je moguće jednostavnije da bude što manje obrade, jer obrada poskupljuje samu cijenu proizvoda. Pazilo se na tehnološko oblikovanje proizvoda. Za materijal je odabrana legura aluminija AW-6082 T6. Ta legura ima najbolji omjer težine, čvrstoće i cijene. Pri ispitivanju se također išlo na najekonomičniju varijantu. Na kraju ostalo je još dovoljno prostora za dodatno usavršavanje samih modula.

Izrađeni su i svi potrebni kontrolni proračuni čvrstoće. Svi zadovoljavaju dopuštene vrijednosti.

Također je izrađena i detaljna tehnička dokumentacija svih nestandardnih dijelova. U tehničkoj dokumentaciji nisu razrađeni jedino dijelovi stupa jer je on dobiven od tvrtke DALEKOVOD d.d. Standardni dijelovi poput opruga, vijaka, užeta, vitla i profila se ne izrađuju nego se kupuju gotovi od raznih firmi koje su specijalizirane za izradu takvih dijelova. Eventualno se mogu doraditi u smislu skraćivanja, što je onda dodano pod napomenom u tehničkom crtežu.

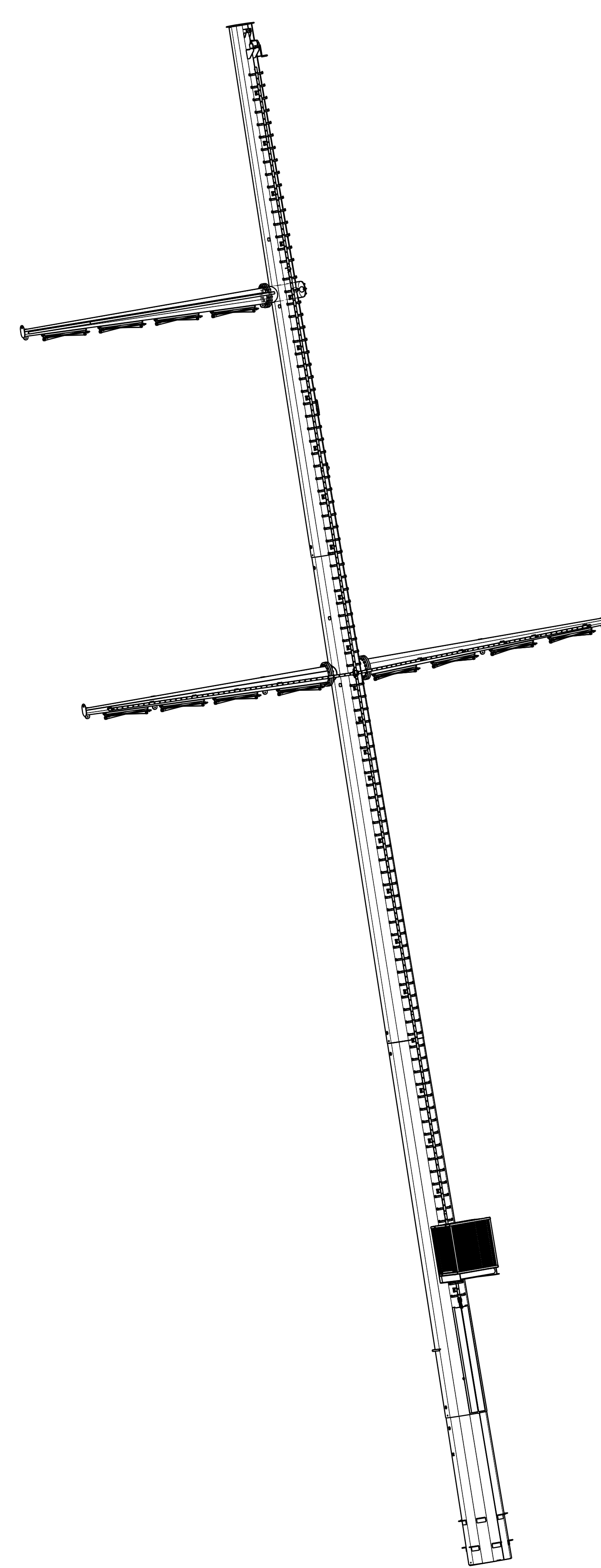
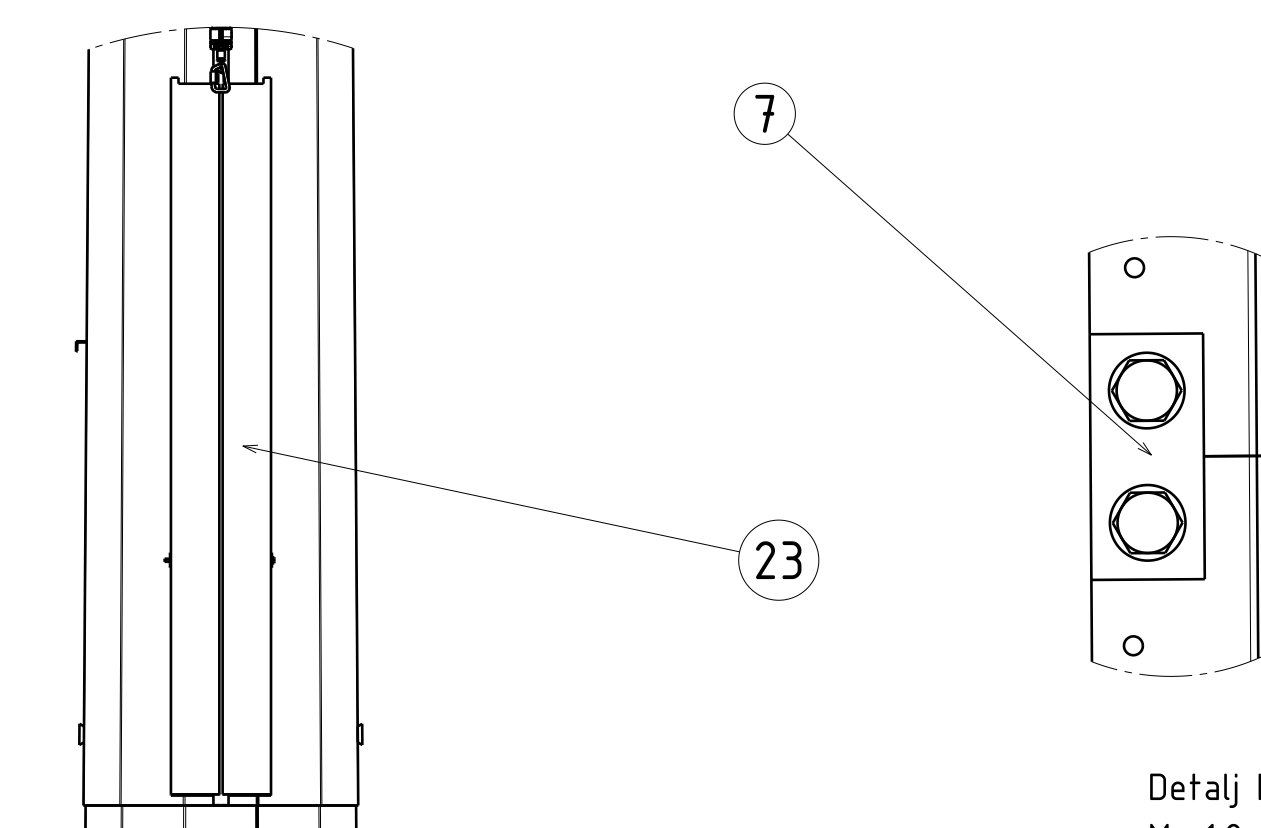
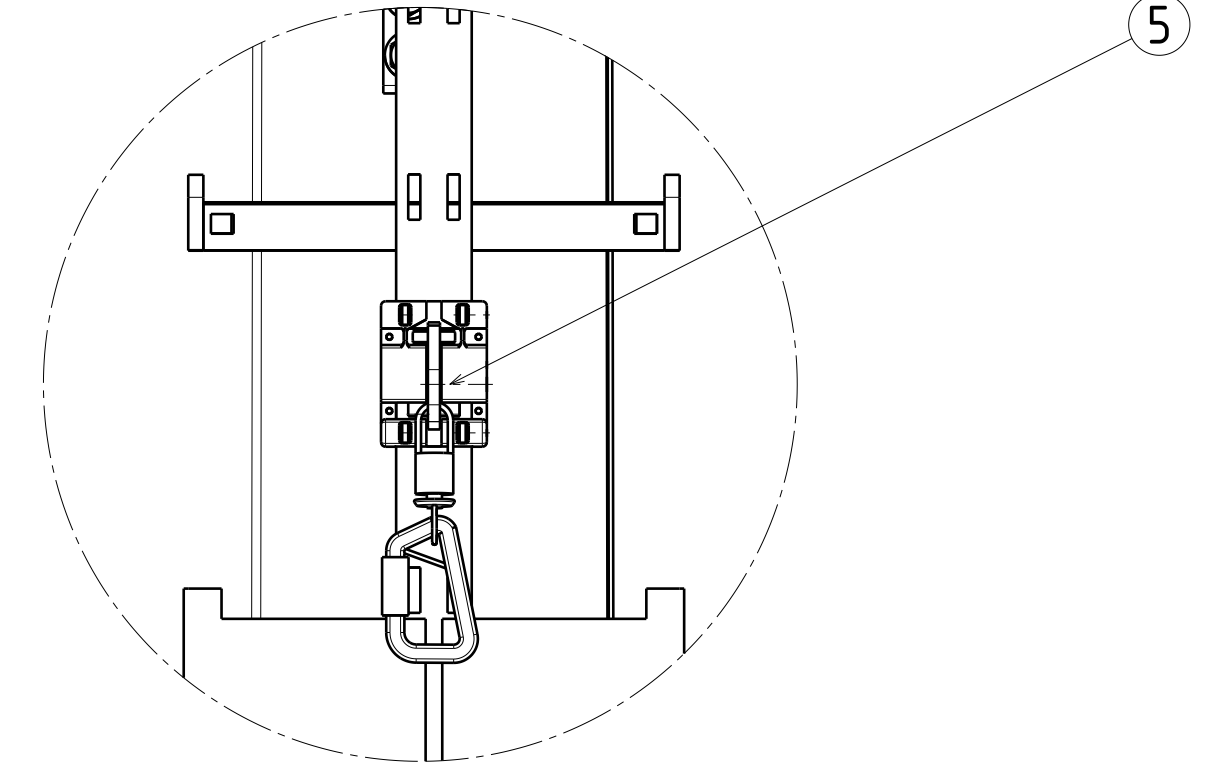
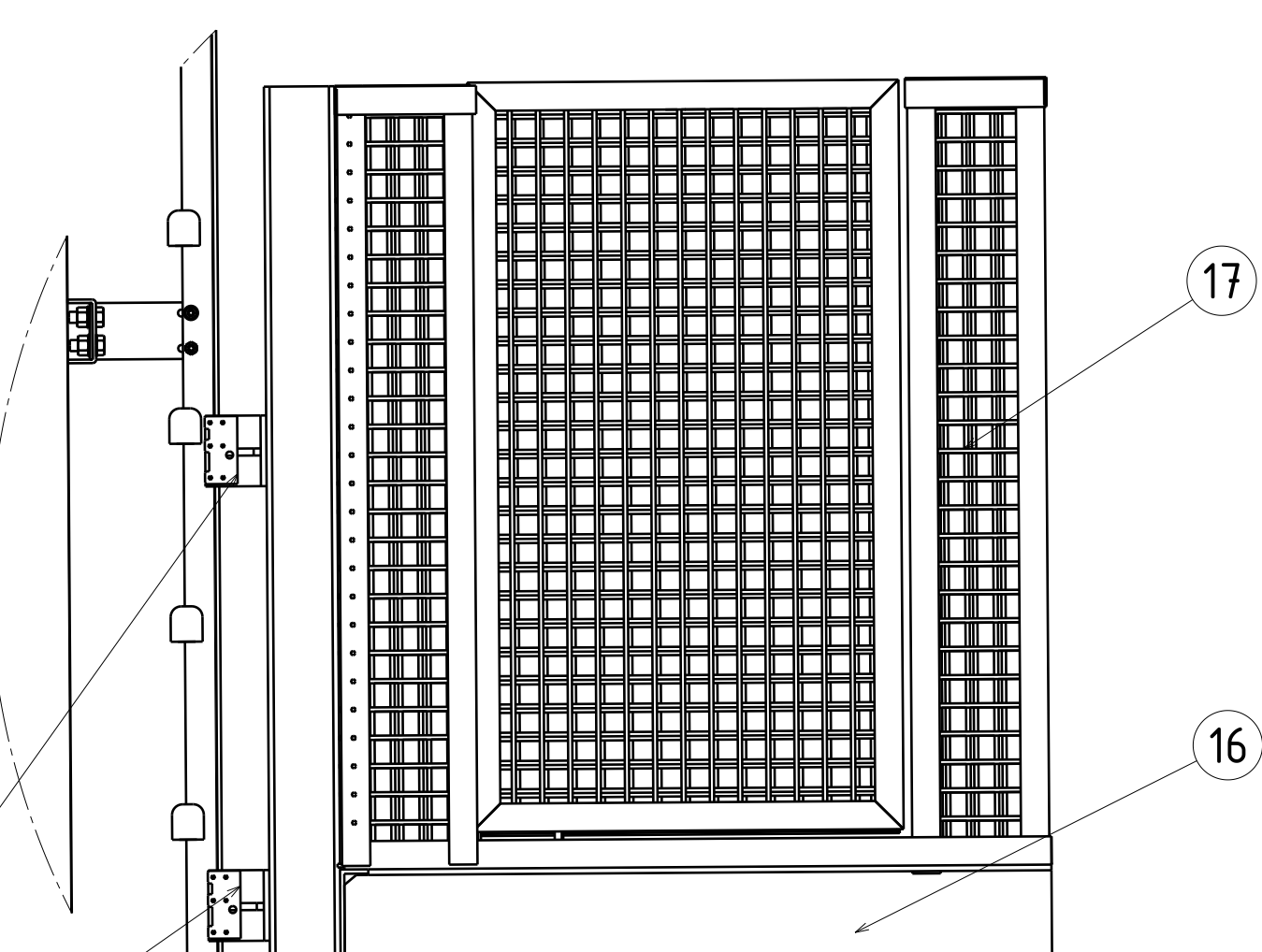
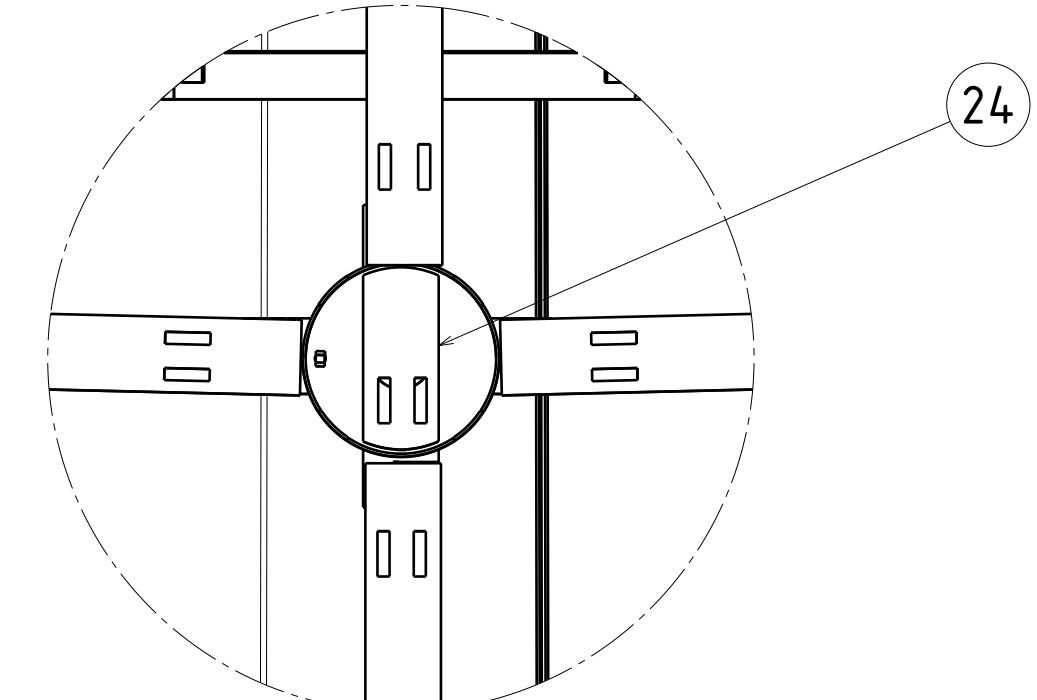
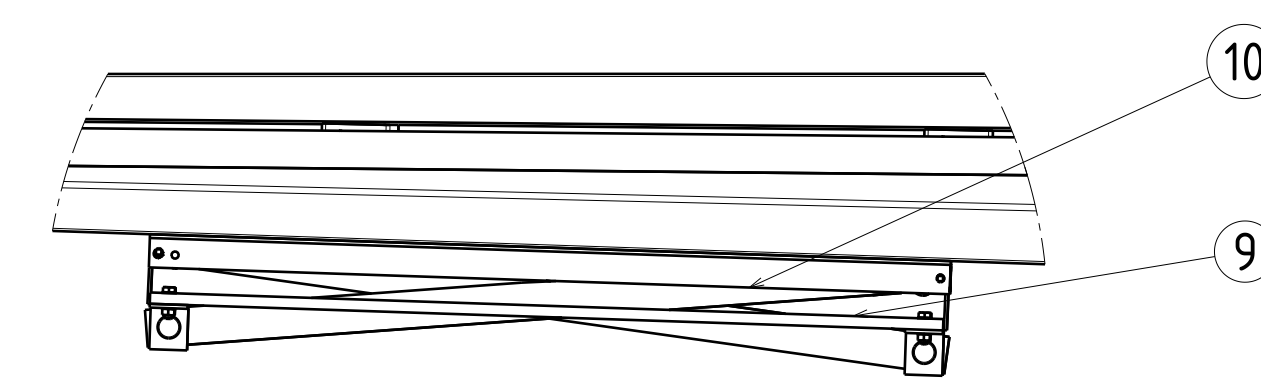
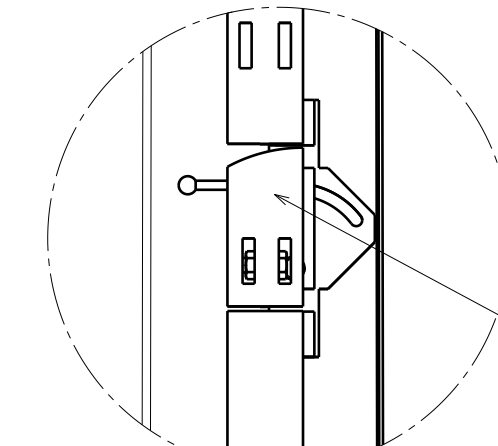
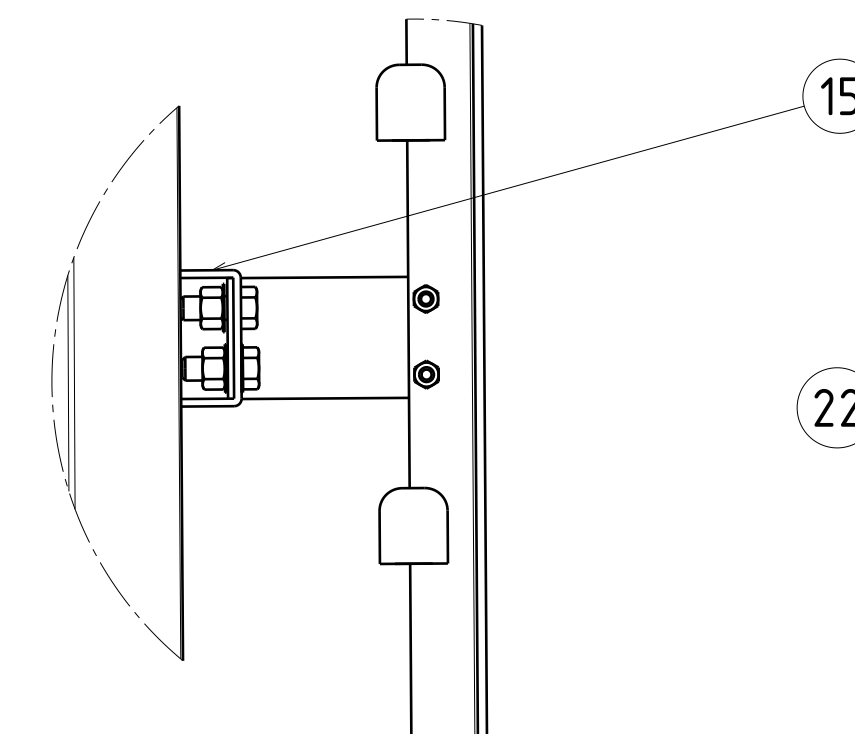
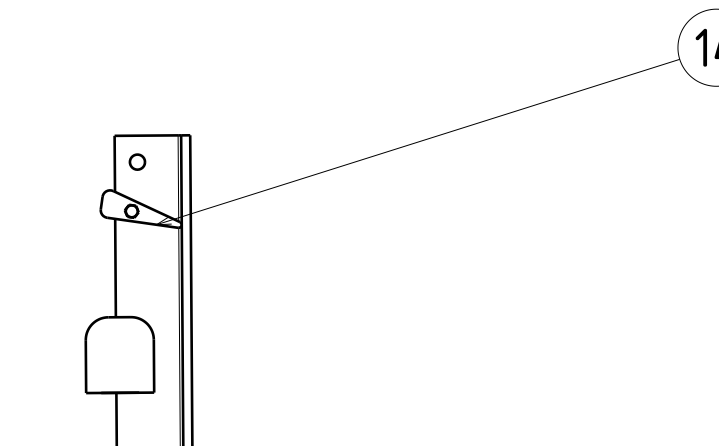
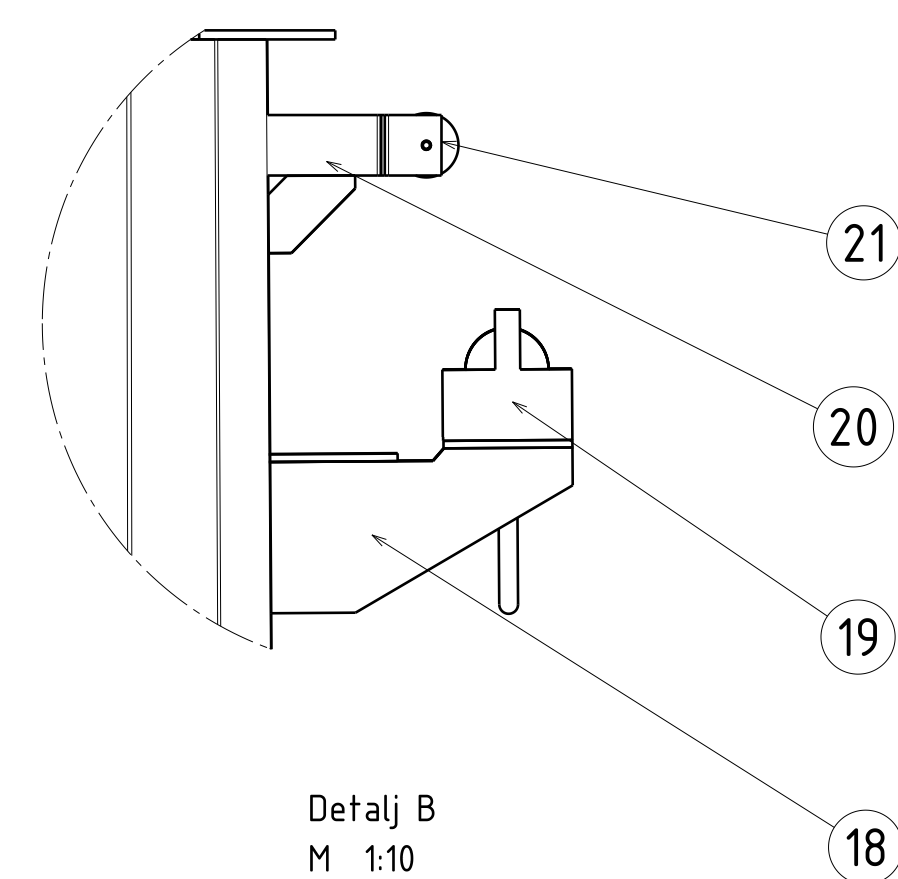
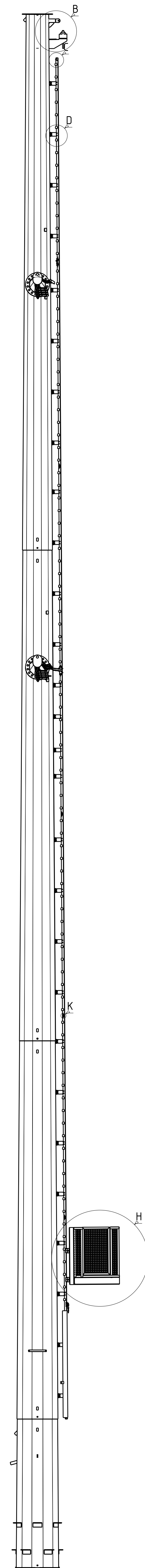
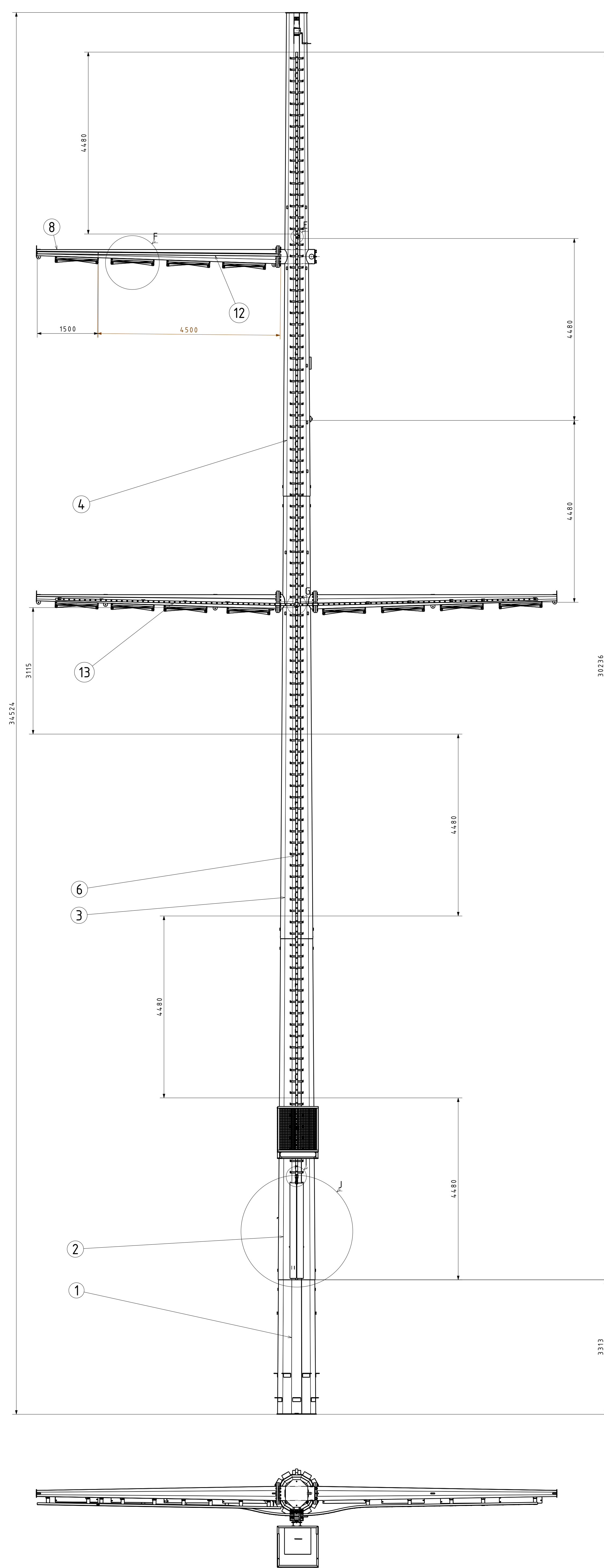
Analizom rezultata ispitivanja i provedenim proračunima može se zaključiti da ponuđeno rješenje T profila za vodicu i klizač, zadovoljavaju sve trenutne važeće standarde. Do sad su se koristili za vodicu C i I profili. Izvršenim proračunima dokazano je da se može koristiti i T profil koji je mnogo jednostavniji za izvesti i montirati. Za T profil vodilice izrađen je i poseban klizač koji proračunima zadovoljava čvrstoću, a također je i sigurniji od dosadašnjih klizača, iz razloga jer svojim oblikom obuhvaća T profil. Ispunjena je glavna funkcija klizača, te se može koristiti. Klizač se može dodatno poboljšavati dodavanjem boljeg materijala poput titana, doradivanjem kočnice, stavljanjem druge dodatne opreme poput mjerača visine, ili nekog drugog senzora, ali sve to dodatno poskupljuje izradu samog klizača.

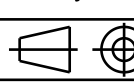
PRILOZI

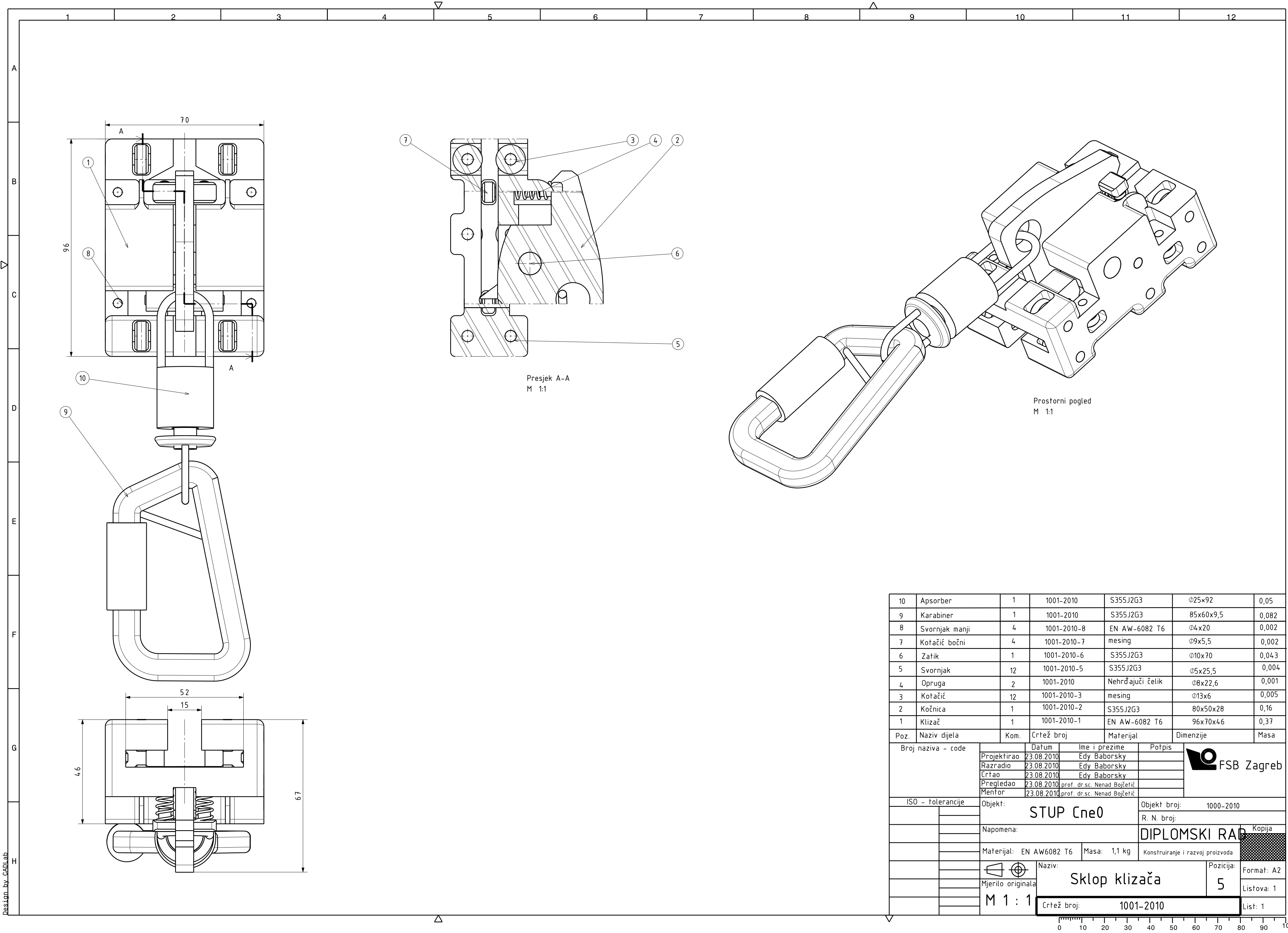
- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

LITERATURA

- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [2] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [3] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.
- [4] www.carlstahlevita.co.uk, 21.2.2011.
- [5] http://www.ijoa.de/xist4c/web/Soll-Fall-Protection-Systems_id_8013_.htm, 3.4.2010.
- [6] <http://www.blecha.at/standardprofile.php?l=hr>, 21.8.2010
- [7] <http://www.osha.gov/>, 25.6.2010

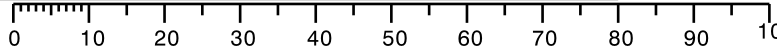


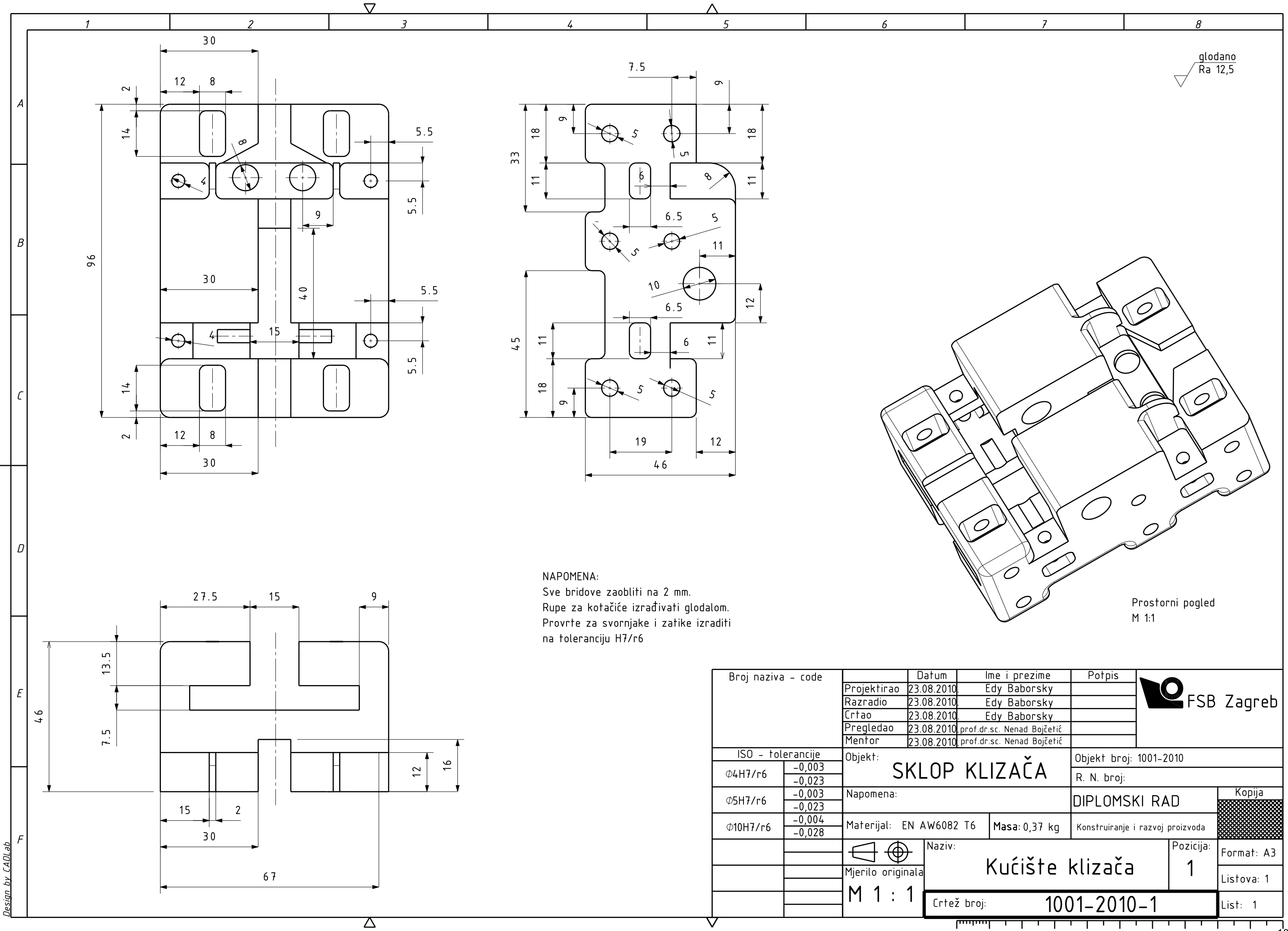
24	Srećnica	9	1975-2010	EN AW-6082 T6	200x205x70	0,5																																										
23	Zaštitni od pjenjaka	1	1920-2010	EN AW-6082 T6	231x103x2373	16,30																																										
22	Kužal za kosaru	2	1010-2010	EN AW-6082 T6	150x128x182	1,7																																										
21	Kolofura	1	1016-2010	S355J2G3		5,00																																										
20	Nosak kolofure	1	1014-2010	S355J2G3	34x44/17x390	1,93																																										
19	Vrhlo	1	1013-2010	S355J2G3	96x107x2,76	6,27																																										
18	Nosak vitla	1	1013-2010	EN AW-6082 T6	500x400x255	11,27																																										
17	Košara	1	1912-2010	S355J2G3	1000x1000x116	49,1																																										
16	Nosak košara	1	1011-2010	EN AW-6082 T6	1200x110x1200	37,83																																										
15	Prilivac za lijestve	4,6	1010-2010	EN AW-6082 T6	90x36x5	0,02																																										
14	Granik	6	1009-2010	EN AW-6082 T6	55x18x10	0,02																																										
13	Vodilica zakrivljena	2	1008-2010	EN AW-6082 T6	50x50x5 4500	7,5																																										
12	Profil gorjuni	1	1007-2010	EN AW-6082 T6	50x50x5 4500	5,8																																										
11	Izlazna skretnica	1	1006-2010	EN AW-6082 T6	107x1x110	0,45																																										
10	Nosak profila	15	1005-2010	EN AW-6082 T6	40x170x1010	23,63																																										
9	Profil za hodanje	3	1004-2010	EN AW-6082 T6	40x150x6 6000	2,47																																										
8	Konzola gorjuna	3	1000-2010	S355J2G3	1130x593x6	22,4																																										
7	Sopnica (ještvi)	5	1003-2010	EN AW-6082 T6	58x58x20	0,05																																										
6	Penpalci	1	1002-2010	EN AW-6082 T6	17x235x480	9,1																																										
5	Sklop klizala	4	1001-2010	EN AW-6082 T6	96x107x2,76	1,1																																										
4	Plutajski-4	2	1000-2010	S355J2G3		56,949																																										
3	Plutajski-3	2	1000-2010	S355J2G3	1779x190x6	100,12																																										
2	Plutajski-2	2	1000-2010	S355J2G3	144x490x16	29,14																																										
1	Plutajski-1	2	1000-2010	S355J2G3	1492x705x6	854,03																																										
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materialaj	Dimenzije	Masa																																										
<table><tr><td colspan="2">Broj naziva - code</td><td colspan="2">Datum</td><td colspan="2">Ime i prezime</td><td>Potpis</td></tr><tr><td colspan="2">Projektnao</td><td colspan="2">09.08.2010</td><td colspan="2">Edy Baborsky</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">Nacrtao</td><td colspan="2">09.08.2010</td><td colspan="2">Edy Baborsky</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">Crtao</td><td colspan="2">09.08.2010</td><td colspan="2">Edy Baborsky</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">Pregledao</td><td colspan="2">09.08.2010</td><td colspan="2">Miroslav Bojanić</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">Mentor</td><td colspan="2" rowspan="4">09.08.2010</td><td colspan="2">Miroslav Bojanić</td><td></td></tr></table>							Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis	Projektnao		09.08.2010		Edy Baborsky			Nacrtao		09.08.2010		Edy Baborsky			Crtao		09.08.2010		Edy Baborsky			Pregledao		09.08.2010		Miroslav Bojanić			Mentor		09.08.2010		Miroslav Bojanić		
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis																																										
Projektnao		09.08.2010		Edy Baborsky																																												
Nacrtao		09.08.2010		Edy Baborsky																																												
Crtao		09.08.2010		Edy Baborsky																																												
Pregledao		09.08.2010		Miroslav Bojanić																																												
Mentor		09.08.2010		Miroslav Bojanić																																												
ISO - tolerancije				Objekt broj:																																												
				R. N. broj:																																												
Napomena:				DIPLOMSKI RAD		Kopija																																										
Materialaj		Masa: 1363,70kg		Konstruktura i rasvid crteža																																												
		Naziv:		Forma:																																												
Mjerilo original:		Crtež broj:		List: 1																																												
				STUP Cne0																																												
				1000-2010																																												
				List: 1																																												



Desian by CADLab

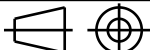
10	Apsorber	1	1001-2010	S355J2G3	Ø25x92	0,05	
9	Karabiner	1	1001-2010	S355J2G3	85x60x9,5	0,082	
8	Svornjak manji	4	1001-2010-8	EN AW-6082 T6	Ø4x20	0,002	
7	Kotačić bočni	4	1001-2010-7	mesing	Ø9x5,5	0,002	
6	Zatik	1	1001-2010-6	S355J2G3	Ø10x70	0,043	
5	Svornjak	12	1001-2010-5	S355J2G3	Ø5x25,5	0,004	
4	Opruga	2	1001-2010	Nehrđajući čelik	Ø8x22,6	0,001	
3	Kotačić	12	1001-2010-3	mesing	Ø13x6	0,005	
2	Kočnica	1	1001-2010-2	S355J2G3	80x50x28	0,16	
1	Klizač	1	1001-2010-1	EN AW-6082 T6	96x70x46	0,37	
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa	
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	23.08.2010	Edy Baborsky			
		Razradio	23.08.2010	Edy Baborsky			
		Crtao	23.08.2010	Edy Baborsky			
		Pregledao	23.08.2010	prof. dr.sc. Nenad Bojčetić			
		Mentor	23.08.2010		prof. dr.sc. Nenad Bojčetić		
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj: 1000-2010		
		STUP Cne0			R. N. broj:		
		Napomena:			DIPLOMSKI RAD		
		Materijal: EN AW6082 T6		Masa: 1,1 kg	Kopija		
		Naziv:			Pozicija:		
		Sklop klizača			5		
		Mjerilo originala			Format: A2		
		M 1 : 1			Listova: 1		
		Crtež broj:			List: 1		
		1001-2010					

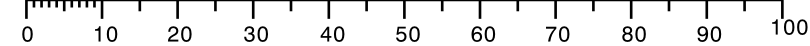


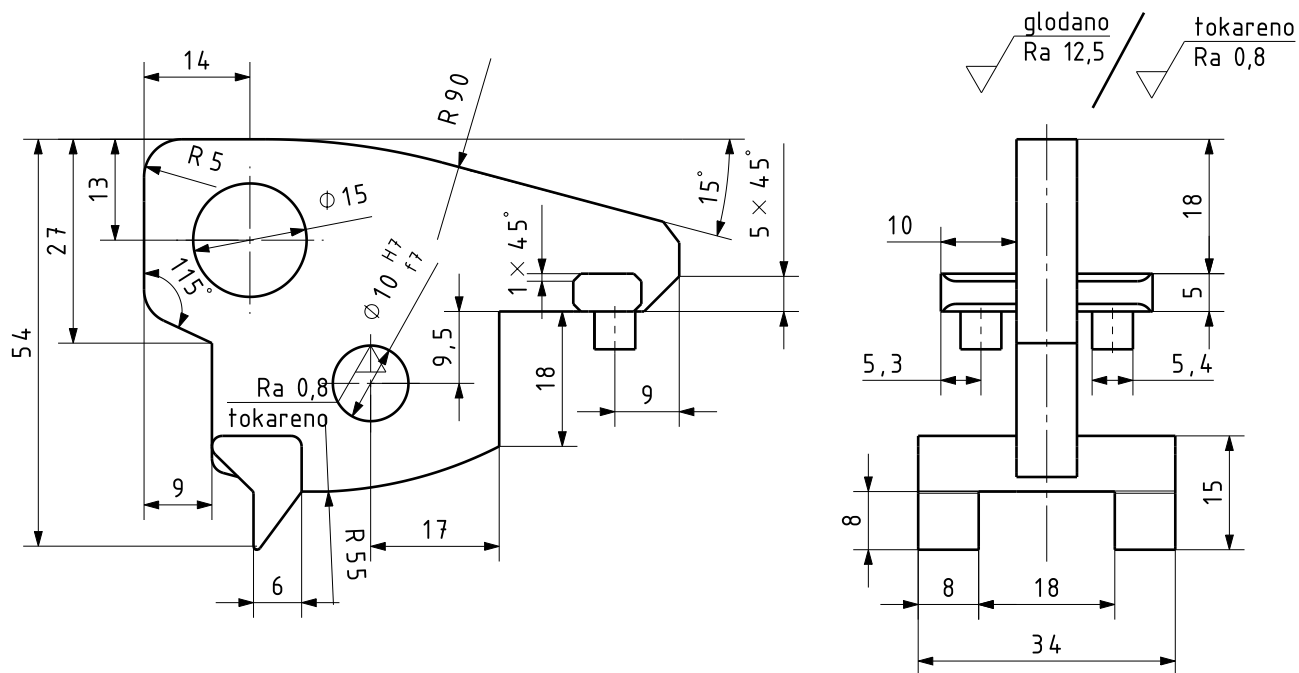


NAPOMENA:
Sve bridove zaobliti na 2 mm.
Rupe za kotačiće izrađivati glodalom.
Provrtne za svornjake i zatike izraditi
na toleranciju H7/r6

Prostorni pogled
M 1:1

Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	23.08.2010.	Edy Baborsky			
		Razradio	23.08.2010.	Edy Baborsky			
		Crtao	23.08.2010.	Edy Baborsky			
		Pregledao	23.08.2010.	prof.dr.sc. Nenad Bojčetić			
		Mentor	23.08.2010.	prof.dr.sc. Nenad Bojčetić			
ISO - tolerancije		Objekt: SKLOP KLIZAČA			Objekt broj: 1001-2010		
Φ4H7/r6	-0,003				R. N. broj:		
	-0,023						
Φ5H7/r6	-0,003				Napomena:		
	-0,023						
Φ10H7/r6	-0,004	Materijal: EN AW6082 T6		Masa: 0,37 kg	Konstruiranje i razvoj proizvoda		
	-0,028						
			Naziv: Kućište klizača			Pozicija:	Format: A3
		Mjerilo originala				1	Listova: 1
		M 1 : 1	Crtež broj: 1001-2010-1			List: 1	





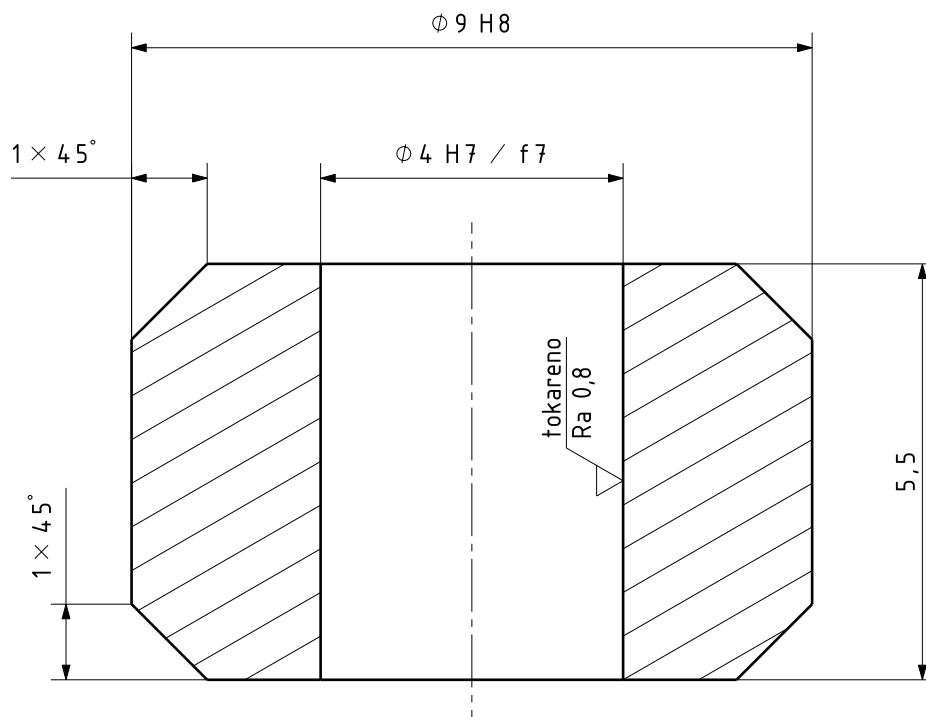
M 1:1

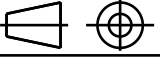
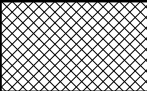
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	24.08.2010	Edy Baborsky			
		Razradio	24.08.2010	Edy Baborsky			
		Crtao	24.08.2010	Edy Baborsky			
		Pregledao	24.08.2010	prof.dr.sc. Nenad Bojčetić			
Mentor		24.08.2010	prof.dr.sc. Nenad Bojčetić				
ISO - tolerancije		Objekt:				Objekt broj: 1001-2010	
$\phi 10H7/f7$	+0,043	SKLOP KLIZAČA				R. N. broj:	
	+0,013						
Napomena:		DIPLOMSKI RAD				Kopija	
Sve bridove skositi za 2 mm pod kutem 45°							
Materijal: S355J2G3		Masa: 0,16 kg		Konstruiranje i razvoj proizvoda			
Mjerilo originala		Naziv:				Pozicija:	
M 1 : 1		Kočnica				2	
Crtež broj:		1001-2010-2				List: 1	

Technical drawing of a shaft with a keyway. The shaft has an outer diameter of $\phi 13 \text{ H8}$ and a keyway with a diameter of $\phi 5 \text{ H7 / f7}$. The keyway is 6 units deep. The shaft has chamfers of $1 \times 45^\circ$ at both ends. The surface finish is $\text{Ra } 0,8$.

tokareno
Ra 6,3

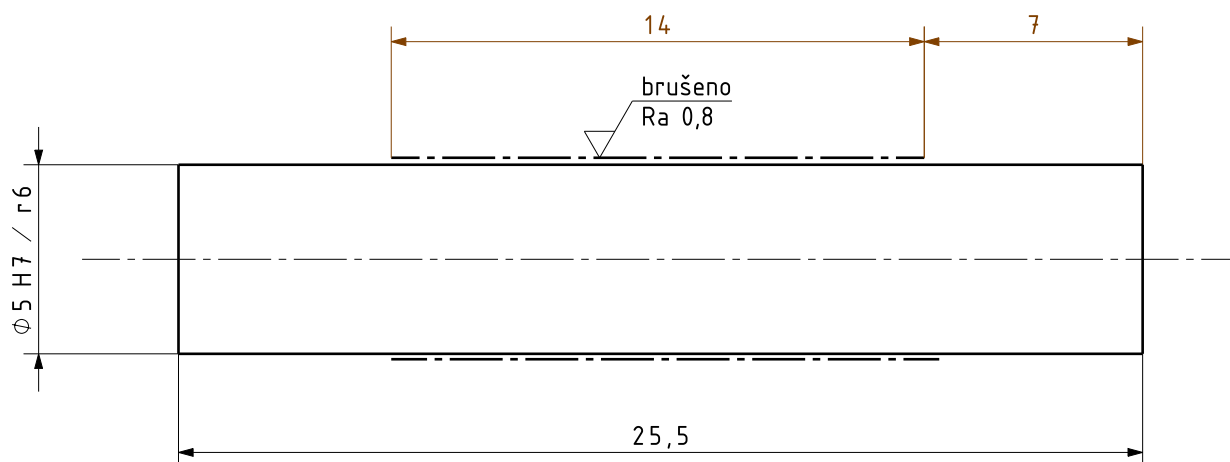
tokareno
Ra 0,8

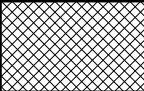


Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	24.08.2010	Edy Baborsky			
		Razradio	24.08.2010	Edy Baborsky			
		Crtao	24.08.2010	Edy Baborsky			
		Pregledao	24.08.2010	prof.dr.sc. Nenad Bojčetić			
		Mentor	24.08.2010	prof.dr.sc. Nenad Bojčetić			
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj: 1001-2010		
$\Phi 4H7/f7$	+0,034	SKLOP KLIZAČA			R. N. broj:		
	+0,010						
$\Phi 9H8$	+0,022	Napomena:			DIPLOMSKI RAD		
	0						
		Materijal: mesing		Masa: 0,002 kg	Konstruiranje i razvoj proizvoda		
		 Naziv:		Pozicija:		Kopija  Format: A4 Listova: 1 List: 1	
		Mjerilo originala		7			
		M 10 : 1		Crtež broj: 1001-2010-7			

tokareno
Ra 12,5

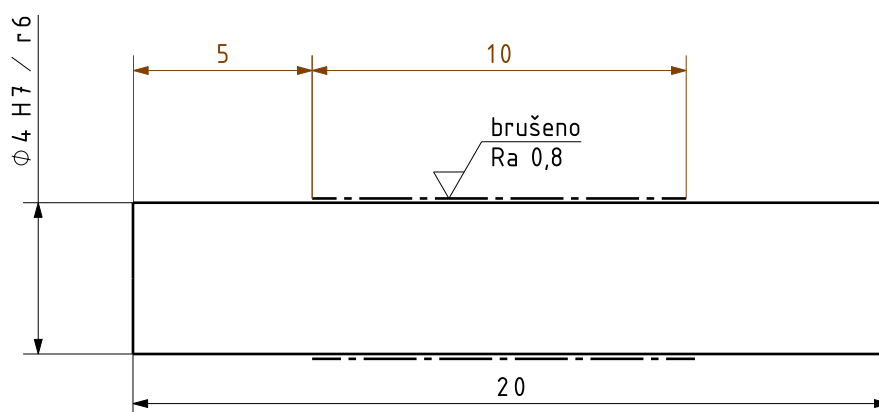
brušeno
Ra 0,8



Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb		
		Projektirao	24.08.2010	Edy Baborsky				
		Razradio	24.08.2010	Edy Baborsky				
		Crtao	24.08.2010	Edy Baborsky				
		Pregledao	24.08.2010	prof.dr.sc. Nenad Bojčetić				
		Mentor	24.08.2010	prof.dr.sc. Nenad Bojčetić				
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj: 1001-2010			
Ø5H7/r6	-0,003	SKLOP KLIZAČA			R. N. broj:			
	-0,023							
		Napomena:			DIPLOMSKI RAD	Kopija		
		Materijal: S355J2G3			Masa 0,004 kg	Konstruiranje i razvoj proizvoda		
		 			Naziv:	Pozicija:		Format: A4
		Mjerilo originala			Svornjak		5	Listova: 1
		M 5 : 1			Crtež broj: 1001-2010-5		List: 1	

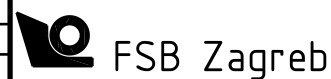
tokareno
Ra 12,5

brušeno
Ra 0,8



Broj naziva - code

Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	24.08.2010. Edy Baborsky	
Razradio	24.08.2010. Edy Baborsky	
Crtao	24.08.2010. Edy Baborsky	
Pregledao	24.08.2010. prof.dr.sc. Nenad Bojčetić	
Mentor	24.08.2010. prof.dr.sc. Nenad Bojčetić	



ISO - tolerancije

$\phi 4H7/r6$	-0,003
	-0,023

Objekt:

SKLOP KLIZAČA

Objekt broj: 1001-2010

R. N. broj:

Napomena:

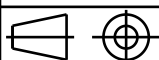
DIPLOMSKI RAD

Kopija

Materijal: S355J2G3

Masa: 0,002 kg

Konstruiranje i razvoj proizvoda



Naziv:

Svornjak manji

Pozicija:

8

Format: A4

Mjerilo originala

M 5 : 1

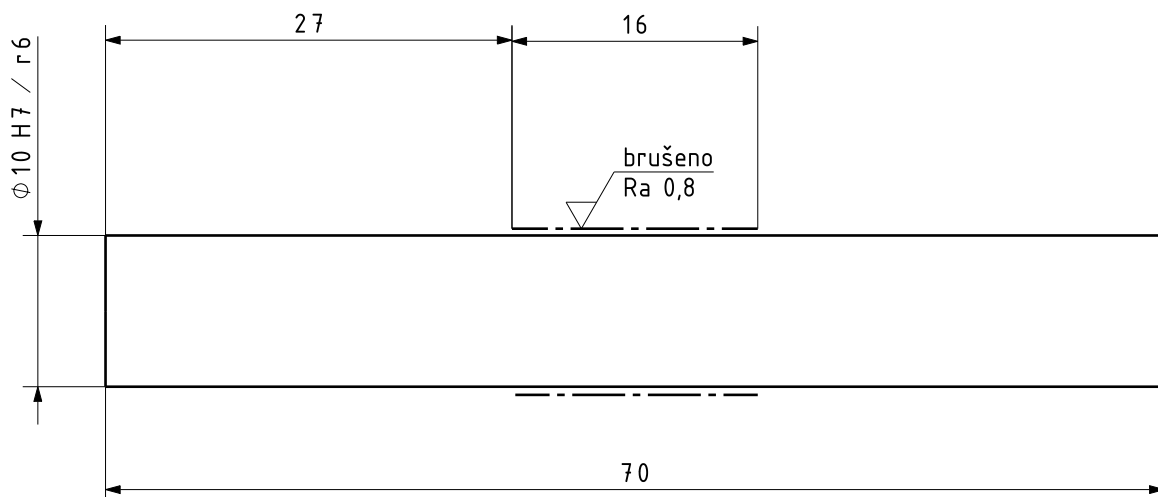
Crtež broj:

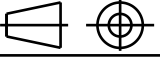
1001-2010-8

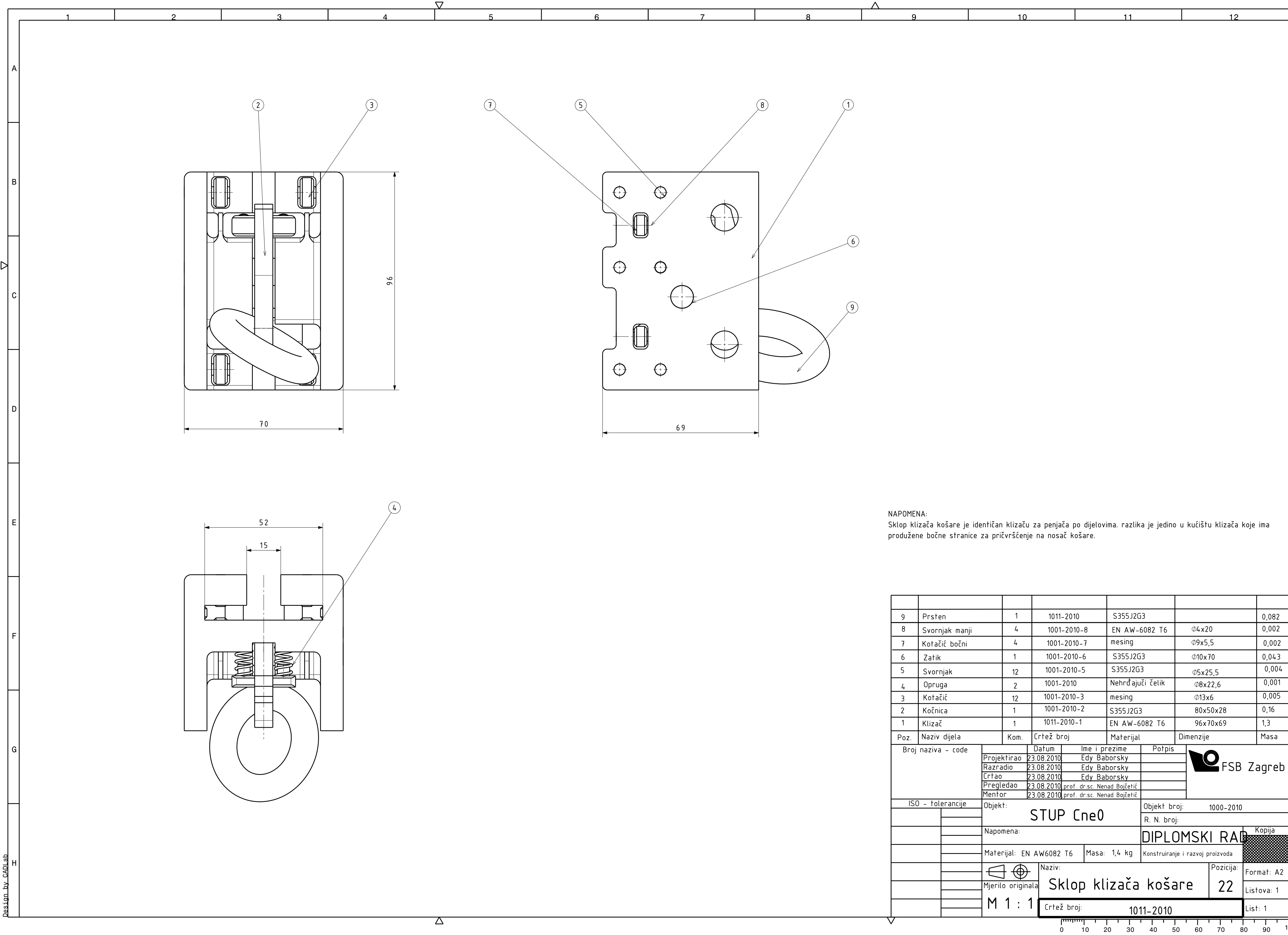
List: 1

tokareno
Ra 12,5

brušeno
Ra 0,8

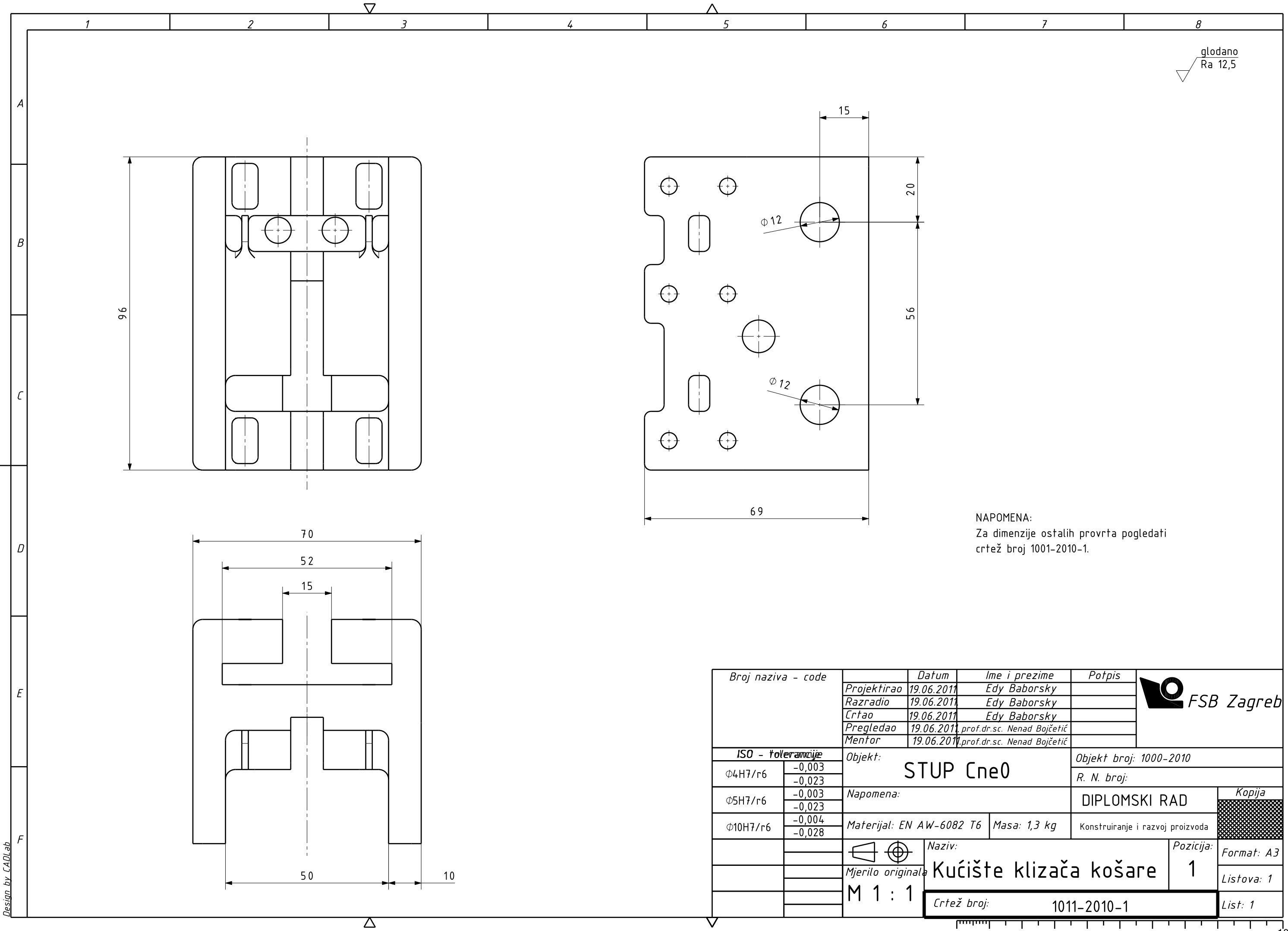


Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	24.08.2010	Edy Baborsky		
		Razradio	24.08.2010	Edy Baborsky		
		Crtao	24.08.2010	Edy Baborsky		
		Pregledao	24.08.2010	prof.dr.sc. Nenad Bojčetić		
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj: 1001-2010		
$\Phi 10H7/r6$	-0,004	SKLOP KLIZAČA		R. N. broj:		
	-0,028					
		Napomena:		DIPLOMSKI RAD		
		Materijal: S355J2G3		Masa 0,043 kg	Konstruiranje i razvoj proizvoda	
		 Naziv:		Pozicija:		
		Mjerilo originala		6		
		M 2 : 1		Crtež broj: 1001-2010-6		
				List: 1		



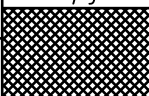
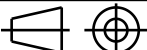
NAPOMENA:
Sklop klizača košare je identičan klizaču za penjača po dijelovima. razlika je jedino u kućištu klizača koje ima produžene bočne stranice za pričvršćenje na nosač košare.

9	Prsten	1	1011-2010	S355J2G3		0,082
8	Svornjak manji	4	1001-2010-8	EN AW-6082 T6	Ø4x20	0,002
7	Kotačić bočni	4	1001-2010-7	mesing	Ø9x5,5	0,002
6	Zatik	1	1001-2010-6	S355J2G3	Ø10x70	0,043
5	Svornjak	12	1001-2010-5	S355J2G3	Ø5x25,5	0,004
4	Opruga	2	1001-2010	Nehrđajući čelik	Ø8x22,6	0,001
3	Kotačić	12	1001-2010-3	mesing	Ø13x6	0,005
2	Kočnica	1	1001-2010-2	S355J2G3	80x50x28	0,16
1	Klizač	1	1011-2010-1	EN AW-6082 T6	96x70x69	1,3
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Dimenzije	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao		23.08.2010.	Edy Baborsky			
Razradio		23.08.2010.	Edy Baborsky			
Crtao		23.08.2010.	Edy Baborsky			
Pregledao		23.08.2010.	prof. dr.sc. Nenad Bojčetić			
Mentor		23.08.2010.	prof. dr.sc. Nenad Bojčetić			
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj: 1000-2010	
		STUP Cne0			R. N. broj:	
		Napomena:			DIPLOMSKI RAD	
		Materijal: EN AW6082 T6			Masa: 1,4 kg	Kopija
		Naziv:			Konstruiranje i razvoj proizvoda	
		Mjerilo originala			Format: A2	
		M 1 : 1			Listova: 1	
		Crtež broj:			List: 1	
		1011-2010				



glodano
Ra 12,5

NAPOMENA:
Za dimenzije ostalih provrta pogledati
crtež broj 1001-2010-1.

Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis		FSB Zagreb					
		Projektirao		19.06.2011		Edy Baborsky							
		Razradio		19.06.2011		Edy Baborsky							
		Crtao		19.06.2011		Edy Baborsky							
		Pregledao		19.06.2011		prof.dr.sc. Nenad Bojčetić							
		Mentor		19.06.2011		prof.dr.sc. Nenad Bojčetić							
ISO - tolerancije				Objekt: STUP Cne0				Objekt broj: 1000-2010					
Ø4H7/r6		-0,003						R. N. broj:					
		-0,023											
Ø5H7/r6		-0,003		Napomena:				DIPLOMSKI RAD		Kopija			
		-0,023											
Ø10H7/r6		-0,004		Materijal: EN AW-6082 T6				Masa: 1,3 kg				Konstruiranje i razvoj proizvoda	
		-0,028											
				Naziv:						Pozicija:			
				Kućište klizača košare						1			
										Mjerilo originala		Format: A3	
				M 1 : 1						Listova: 1			
				Crtež broj:						List: 1			
				1011-2010-1									

