

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

Peter MAJERIČ

**NAPRAVA ZA DOZIRANJE ODPADNEGA  
MATERIALA S POLŽASTIM  
TRANSPORTERJEM**

Diplomsko delo  
univerzitetnega študijskega programa  
Strojništvo

Maribor, marec 2012



**Univerza v Mariboru**

*Fakulteta za strojništvo*

# **NAPRAVA ZA DOZIRANJE ODPADNEGA MATERIALA S POLŽASTIM TRANSPORTERJEM**

Diplomsko delo

Študent(ka): Peter MAJERIČ  
Študijski program: Univerzitetni študijski program Strojništvo  
Smer: Konstrukterstvo in gradnja strojev

Mentor: red. prof. dr. Srečko GLODEŽ  
Somentor: red. prof. dr. Iztok POTRČ

Maribor, marec 2012



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Številka: S-1620

Datum in kraj: 04.07.2011, Maribor

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Ur. l. RS, št. 1/2010)  
izdajam

### SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

**PETRU MAJERIČU**, študentu univerzitetnega študijskega programa **Strojništvo**, smer **Konstrukterstvo in gradnja strojev**, se dovoljuje izdelati diplomsko delo pri predmetu **Strojne konstrukcije**.

Mentor: red. prof. dr. Srečko Glodež

Somentor: red. prof. dr. Iztok Potrč

Naslov diplomskega dela: **NAPRAVA ZA DOZIRANJE ODPADNEGA MATERIALA S POLŽASTIM TRANSPORTERJEM**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: **DEVICE FOR WASTE MATERIAL DOSING WITH A SCREW CONVEYOR**

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z »Navodili za izdelavo diplomskega dela« in ga oddati v treh izvodih do **04.07.2012** v referatu za študentske zadeve članice.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na senat članice v roku 3 delovnih dni.

Dekan:

red. prof. dr. Niko Samec

Obvestiti:

- kandidata,
- mentorja,
- somentorja,
- odložiti v arhiv



po pooblastilu dekana  
prodekan  
red. prof. dr. Jože Balič

## **I Z J A V A**

Podpisani Peter MAJERIČ izjavljam, da:

- je bilo predloženo diplomsko delo opravljeno samostojno pod mentorstvom red. prof. dr. Srečka GLODEŽA in somentorstvom red. prof. dr. Iztoka POTRČA ;
- predloženo diplomsko delo v celoti ali v delih ni bilo predloženo za pridobitev kakršnekoli izobrazbe na drugi fakulteti ali univerzi;
- soglašam z javno dostopnostjo diplomskega dela v Knjižnici tehniških fakultet Univerze v Mariboru.

Maribor, 12.3.2012

Podpis: \_\_\_\_\_

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju red. prof. dr. Srečku GLODEŽU in somentorju red. prof. dr. Iztoku POTRČU za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi g. Dušanu Gajšku in ge. Brigiti Polanec iz podjetja MDI d.o.o..

Posebna zahvala velja staršem, ki so mi omogočili študij.

# NAPRAVA ZA DOZIRANJE ODPADNEGA MATERIALA S POLŽASTIM TRANSPORTERJEM

**Ključne besede:** Polžasti transporter za doziranje, odpadni material, zasnova naprave z zalogovnikom

**UDK:** 621.867.13-045.43(043.2)

## POVZETEK

*Opadni material predstavlja vedno večji problem v družbi. Pri podjetju MD Inženiring d.o.o. so že projektirali nekaj centrov za ravnanje z odpadki, prav tako pa opravljajo raziskave na tem področju za nadaljnjo uporabo odpadkov. V tem diplomskem delu se je za to podjetje opravila zasnova naprave za doziranje odpadkov. Naprava je namenjena za več vrst odpadkov z različnimi lastnostmi in temu primerno mora biti zasnovana.*

*Osnova naprave sta zalogovnik za odpadke in polžasti transporter. Slednji je bil zasnovan po priporočilih standarda DIN 15262. Ostali elementi naprave so bili zasnovani za nemoteno obratovanje transporterja. Za to delo so bili uporabljeni tudi programska orodja: Abaqus, za preračun nekaterih elementov naprave, in program Solidworks, za tridimenzionalno modeliranje naprave in kasnejšo izdelavo tehniške dokumentacije.*

# DEVICE FOR WASTE MATERIAL DOSING WITH A SCREW CONVEYOR

**Key words:** Screw feeder, waste material, design of a device with a hopper

**UDK:** 621.867.13-045.43(043.2)

## ABSTRACT

*Waste materials are becoming an increasing problem in society. At MD Inženiring d.o.o., a few waste management centres have been designed and they are also conducting research in this field, for reusable waste material. In this diploma work a device for dosing waste material has been designed. The design of the device is carried out for operating with different sorts of waste with differing properties in mind.*

*The basis of the device is a hopper for waste and a screw feeder. The screw feeder was designed in accordance with standard DIN 15262. The rest of the elements of the device were designed for uninterrupted operation of the feeder. The following program tools have been used: Abaqus, for calculation of some elements of the device, and Solidworks, for three-dimensional modelling of the device and for creating technical documentation.*

# KAZALO

1	Uvod .....	1
1.1	Opis splošnega področja diplomskega dela .....	1
1.2	Opredelevitev problema .....	2
1.3	Cilj diplomskega dela.....	3
1.4	Struktura diplomskega dela .....	3
2	Teoretične osnove polžastega transporterja .....	4
2.1	Horizontalni transporter .....	5
2.2	Vertikalni transporter.....	6
2.3	Polžasti transportni boben .....	7
2.4	Elementi polžastih transporterjev .....	8
2.5	Preračunske osnove polžastih transporterjev.....	11
2.6	Karakteristike polžastega transporterja .....	15
3	Preračun polžastega transporterja.....	17
3.1	Izračun osnovnih dimenzij zalogovnika.....	17
3.2	Preračun zmogljivosti in moči motorja .....	17
3.3	Določitev sil na gredi z vijačnico.....	21
3.4	Kontrola povesa gredi polža .....	25
3.5	Kontrola povesa gredi v programu Abaqus.....	29
3.6	Geometrija vijačnice.....	31
4	Zasnova naprave in 3D model .....	33
4.1	Izbira elektromotorja .....	33
4.2	Izbira elastične sklopke .....	35
4.3	Preračun moznikov in kontrola premera štrclja gredi.....	35
4.4	Izbira ležajev .....	38
4.5	Zasnova zalogovnika.....	42
4.6	Nosilna konstrukcija naprave .....	52
4.7	Prirobnica .....	57
4.8	Nosilec elektromotorja.....	58
5	Analiza zasnove naprave .....	61
6	Zaključek.....	63
7	Viri in literatura .....	64
8	Priloge .....	65



## UPORABLJENI SIMBOLI

$D$	[mm]	zunANJI premer vijačnice
$a'_{max}$	[mm]	premer največjega zrna granulata
$f_{dop}$	[mm]	dopustni povos gredi polža
$l$	[mm]	predvidena razdalja med ležaji
$f$	[mm]	povos gredi polža
$q_0$	[N/mm]	teža gredi z vijačnico na milimeter dolžine
$E$	[MPa]	elastični modul materiala
$I$	[mm <sup>4</sup> ]	vztrajnostni moment gredi
$d_z$	[mm]	zunANJI premer cevi gredi
$d_n$	[mm]	notranji premer cevi gredi
$L_{max}$	[mm]	največja dopustna razdalja med ležaji polžastega transporterja
$\Delta r_{max}$	[mm]	špranja med vijačnico in žlebom
$R_n$	[mm]	polmer korita
$f_{max}$	[mm]	maksimalen povos gredi polža
$v$	[m/s]	hitrost gibanja materiala
$n$	[vrt/min]	število vrtljajev gredi polža
$s$	[m]	vzpon vijačnice polža
$Q_t$	[t/h]	zmogljivost polžastega transporterja
$A_{eff}$	[m <sup>2</sup> ]	prerez materiala v koritu
$\rho$	[t/m <sup>3</sup> ]	nasipna gostota transportiranega materiala
$\varphi$	[/]	koeficient polnitve
$c$	[/]	koeficient zmanjšanja zmogljivosti zaradi dolžine transporterja
$k$	[/]	koeficient nagiba polžastega transporterja
$\varepsilon$	[/]	koeficient izvedbe vijačnice
$\Delta F_{cel}$	[N]	celotni odpori pri transportu
$\Delta F_0$	[N]	odpori horizontalnega gibanja
$\Delta F_H$	[N]	odpori zaradi dviga materiala
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	težnostni pospešek
$q$	[kg/m]	metrska masa
$L_{cel}$	[m]	celotna dolžina transporterja
$f_{Hcel}$	[/]	koeficient horizontalnega odpora

$H$	[m]	višina transportiranja
$P_M$	[kW]	potrebna moč elektromotorja
$\eta_g$	[/]	izkoristek elektromotorja
$V$	[m <sup>3</sup> ]	volumen zalogovnika
$m$	[kg]	masa potrebnega odpadnega materiala
$Q_{tzah}$	[t/h]	zahtevana zmogljivost polžastega transporterja
$\tilde{q}$	[kg/m]	metrska masa materiala v žlebu
$\tilde{\varphi}$	[/]	koeficient polnitve za poln žleb
$\delta$	[°]	nagibni kot transporterja
$v_{EM}$	[/]	varnostni faktor za elektromotor
$F_A$	[N]	aksialna sila
$M_{mot}$	[Nm]	moment motorja
$r_s$	[m]	radij, na katerem prejme aksialna sila
$\beta_s$	[°]	kot med rezultanto na vijačnico in radijem, na katerem prejme aksialna sila
$\rho_1$	[°]	kot med rezultanto na vijačnico in normalno silo
$\mu_1$	[/]	koeficient stenskega trenja (material/vijačnica)
$\tilde{\mu}_1$	[/]	ocena koeficienta trenja (material/vijačnica in material/material)
$F_R$	[N]	radialna sila
$R$	[N]	rezultanta na vijačnico
$N$	[N]	normalna sila na vijačnico
$T$	[N]	tangencialna sila na vijačnico
$M_u$	[Nmm]	upogibni moment v obravnavanem prerezu
$M_P$	[Nmm]	primerjalni upogibni moment
$\alpha_{0z}$	[/]	korekturni koeficient pri zasnovi
$d_{min}$	[mm]	najmanjši potreben premer gredi
$\sigma_{u\ dop}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	dopustna upogibna napetost
$\sigma_{Du\ utr}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	upogibna trajna dinamična utripna trdnost gradiva osi
$v_z$	[/]	varnostni koeficient pri zasnovi; $v_z = 4 \dots 6$
$\sigma$	[MPa]	izračunana napetost polža
$M$	[Nm]	moment na vijačnici
$W$	[mm <sup>3</sup> ]	odpornostni moment vijačnice
$N_b$	[N]	normalna sila na en ovoj vijačnice

$n_{ovojev}$	[ovojev]	število ovojev vijačnice polža
$a$	[mm]	višina vijačnice polža
$h$	[mm]	debelina pločevine vijačnice polža
$O_n$	[m]	obseg notranjega roba za 1 navoj vijačnice
$O_z$	[m]	obseg zunanjega roba za 1 navoj vijačnice
$R_z$	[m]	polmer zunanjega kroga za izrez pločevine vijačnice
$i_{ges}$	[/]	prestavno razmerje reduktorja
$n_{EM2}$	[vrt/min]	vrtljaji elektromotorja pri največji zmogljivosti naprave (4 t/h)
$p$	[N/mm <sup>2</sup> ]	površinski tlak med moznikom in pestom
$T$	[Nmm]	vrtilni moment
$d$	[mm]	premer gredi
$h$	[Nmm]	višina moznika
$t_1$	[mm]	globina utora v gredi
$l_t$	[mm]	nosilna dolžina moznika
$i$	[/]	število moznikov
$k$	[/]	koeficient nošenja
$p_{dop}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	dopustni površinski tlak
$R_e$	[N/mm <sup>2</sup> ]	meja plastičnosti gradiva pesta
$v_e$	[/]	varnostni koeficient proti plastični deformaciji
$\tau_t$	[N/mm <sup>2</sup> ]	največja vzvojnna napetost
$W_t$	[mm <sup>3</sup> ]	vzvojni odpornostni moment za gred z utorom za moznik
$\tau_{o\ dop}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	tangencialna oblikovna dopustna napetost
$\tau_D$	[N/mm <sup>2</sup> ]	vzvojnna trajna dinamična utripna trdnost
$b_1$	[/]	koeficient velikosti premera za $d = 30\text{ mm}$
$b_2$	[/]	koeficient kvalitete površine za struženo površino N7 in jeklo E295
$\beta_{kt}$	[/]	koeficient zarezne učinka pri tangencialni obremenitvi
$v_{zg}$	[/]	varnostni koeficient pri zasnovi gredi
$\alpha_{kt}$	[/]	koeficient zarezne učinka pri tangencialni obremenitvi za utor za moznik
$n_\chi$	[/]	dinamični odpornostni koeficient za jeklo E295 in gradientom napetosti $\chi = 8,07$
$F_x$	[N]	radialna obremenitev ležaja pri obratovanju

$F_y$	[N]	aksialna obremenitev ležaja pri obratovanju
$P$	[N]	dinamična ekvivalentna obremenitev ležaja
$C$	[kN]	dinamična nosilnost ležaja iz kataloga
$L$	[število vrtljajev]	življenjska doba ležaja
$L_0$	[število vrtljajev]	osnovna življenjska doba ležaja; $L_0 = 10^6$ vrtljajev
$f_\theta$	[/]	temperaturni koeficient ležaja
$x$	[/]	eksponent
$L_h$	[h]	življenjska doba ležaja v obratovalnih urah
$X$	[/]	dinamični radialni koeficient ležaja
$Y$	[/]	dinamični aksialni koeficient ležaja
$D_n$	[mm]	premer korita ali cevi
$p_h$	[N/m <sup>2</sup> ]	pritisk na steno zalogovnika zaradi materiala
$d_c$	[m]	hidravlični premer zalogovnika
$K_j$	[/]	Janssenovo razmerje med horizontalnim in vertikalnim pritiskom: $K_j = 0,3 \div 0,6$ [14]
$z$	[m]	višina materiala v zalogovniku
$p_v$	[N/m <sup>2</sup> ]	vertikalni pritisk materiala v zalogovniku
$p_w$	[N/m <sup>2</sup> ]	strižna sila na površini stene v smeri praznjenja
$h$	[m]	višina zalogovnika
$n_i$	[/]	koeficient poševne stene
$\Phi$	[°]	kot poševne stene merjen od vertikale
$p_t$	[N/m <sup>2</sup> ]	strižna sila na površini poševne stene v smeri praznjenja
$p_n$	[N/m <sup>2</sup> ]	pritisk na poševno steno na dnu zalogovnika
$\sigma_{maxh}$	[MPa]	največja napetost na steni zalogovnika
$\beta_{1-3}$	[/]	koeficient iz tabele za obremenjeno ploščo, podprto na treh robovih
$\sigma_{maxn}$	[MPa]	največja napetost na poševni steni zalogovnika
$\beta_{1-4}$	[/]	koeficient iz tabele za obremenjeno ploščo, podprto na štirih robovih
$\psi$	[/]	varnost
$\lambda$	[/]	vitkost
$l_0$	[mm]	prosta uklonska dolžina
$L_i$	[mm]	spodnja dolžina nosilcev

$i_{vztr}$	[mm]	vztrajnostni polmer
$I_{min}$	[mm <sup>4</sup> ]	najmanjši aksialni vztrajnostni moment nosilca
$A$	[mm <sup>2</sup> ]	prerez nosilca
$F_k$	[N]	uklonska sila
$F$	[N]	dejanska dopustna sila za uklon
$v_u$	[/]	varnostni faktor za uklon
$\sigma_k$	[MPa]	uklonska napetost
$Q$	[N]	obremenitev enega nosilca
$m_q$	[kg]	masa naprave brez nosilcev
$m_t$	[kg]	masa dela tračnega transporterja z materialom nad zalogovnikom
$f_n$	[mm]	upogib enega C – profila
$F_{EM}$	[N]	sila zaradi teže elektromotorja
$l_c$	[mm]	dolžina enega C – profila
$I_C$	[mm <sup>4</sup> ]	vztrajnostni moment C – profila

## UPORABLJENE KRATICE

SIST	-	Slovenski Standard
ISO	-	International Standard Organisation
DIN	-	Deutsches Institut für Normung
MKE	-	Metoda končnih elementov

# 1 UVOD

## 1.1 Opis splošnega področja diplomskega dela

Odpadki so nezaželen oziroma neuporaben material, ki močno pesti človeštvo zadnjih nekaj desetletij. Njihov vpliv na okolje je očiten, zavzemajo pa prostor, ki bi lahko bil uporabljen za kaj drugega. Zato je vedno dobrodošlo, če se najdejo načini za odstranjevanje odpadkov, še boljše pa je, če imamo lahko od tega korist.



Slika 1.1: Projekt MD Inženiring d.o.o.; center za ravnanje z odpadki – RCERO Gajke Ptuj

Vir: [http://www.mdi.si/html/ravnanje\\_z\\_odpadki1.html](http://www.mdi.si/html/ravnanje_z_odpadki1.html)

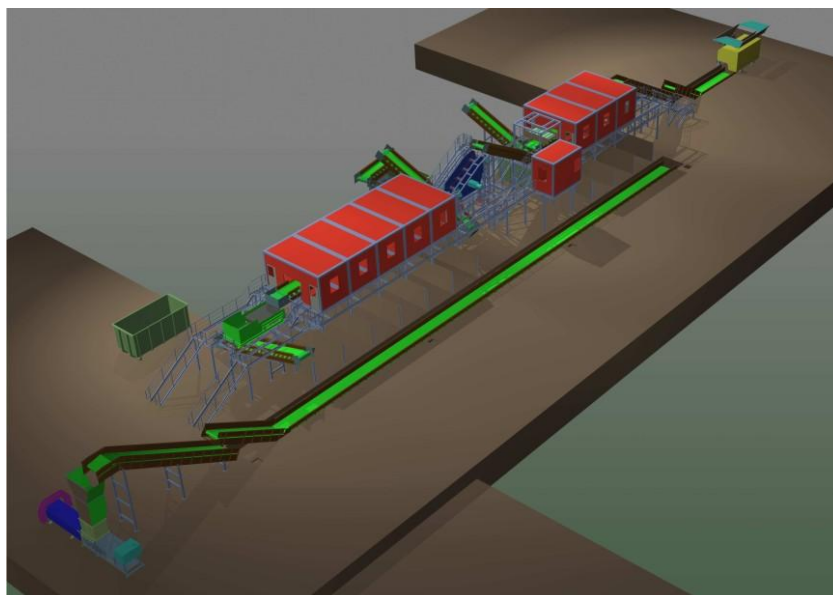
MD Inženiring d.o.o. je podjetje za inženiring, tehnično svetovanje in projektiranje s področja strojništva. S svojim znanjem načrtujejo jeklene konstrukcije v gradbeništvu, različne industrijske objekte ter postrojenja za ravnanje z odpadki iz komunalne dejavnosti in iz industrije. Izdelali so že nekaj centrov za odpadke (slika 1.1, slika 1.2), v letu 2009 pa so začeli z raziskavami, ki bodo pripeljale do novih znanj, potrebnih za nadaljnje industrijske raziskave in eksperimentalni razvoj visokotehnoloških tehnologij. Raziskujejo na področju

razčlenitve mehanskih postopkov obdelave mešanih komunalnih odpadkov z različnimi vrstami obdelave (biološko, kemično, termično,...). Cilji raziskav so zastavljeni v naslednjih smereh:

- Zmanjšati prostornino odpadkov namenjenih na deponije,
- na deponije odlagati čim bolj nevtralne komponente – biološko stabilno frakcijo,
- ohraniti energetske bogate frakcije v odpadkih za nadaljnjo uporabo le teh z možnostjo čim boljšega izkoristka toplotne in električne energije,
- zmanjšati količine izcednih vod in deponijskega plina iz deponijskega telesa.

## 1.2 Opredelitev problema

Za podjetje MD Inženiring je potrebno zasnovati napravo za doziranje odpadnega materiala, katerega količina bo določena iz matematičnega modela. Doziranje iz zalognika bo izvedeno preko polžastega transporterja z možnostjo regulacije hitrosti. Potrebno je izdelati tudi tridimenzionalni model naprave, iz katerega bo možna kasnejša izdelava tehniške dokumentacije. Če se ugotovi, da polžasti transporter ni najučinkovitejši, se za napravo predloži boljši.



Slika 1.2: Projekt MD Inženiring d.o.o.; tridimenzionalni model centra za ravnanje z odpadki – Puconci

Vir: [http://www.mdi.si/html/ravnanje\\_z\\_odpadki1.html](http://www.mdi.si/html/ravnanje_z_odpadki1.html)

### **1.3 Cilj diplomskega dela**

Cilj diplomskega dela je določiti dimenzije zalogovnika, polžastega transporterja in določiti največjo in najmanjšo hitrost transporterja, ter izdelati 3D model.

Odpadni material sestavljajo kosi velikosti do največ 50 mm, oziroma 20 mm iz različnih materialov. Za nemoteno obratovanje bo potrebno zagotoviti pretok kosovnega materiala z neenakimi lastnostmi. Predpostavljeno je, da se v 4 urah dozira 9 ton odpadkov različnih gostot. Zahtevana zmogljivost je od 0,5 do 4 tone odpadkov na uro.

Izvedel se bo preračun polžastega transporterja, določil se bo pogon in dimenzije naprave. V programskem paketu Solidworks se bo izdelal 3D model, predlagane bodo smernice za nadaljnje delo.

### **1.4 Struktura diplomskega dela**

Diplomsko delo je razčlenjeno v naslednja poglavja: uvod, teoretične osnove polžastega transporterja, preračun polžastega transporterja, zasnova naprave in 3D model, analiza zasnove naprave ter zaključek. Vsa poglavja imajo ustrezna podpoglavja.

Pri teoretičnih osnovah so predstavljeni polžasti transporterji in njihove osnovne zahteve. Preračun pa je osredotočen na najpomembnejši del naprave, polžasti transporter. V četrtem poglavju so razložene uporabljene smernice za zasnovo nekaterih pomembnejših delov naprave. Izbrani elementi iz tega poglavja so potem bili vstavljeni v 3D model, za katerega je bil uporabljen program za modeliranje Solidworks. Ostale, manj pomembne mere za posamezne elemente, so v tehniški dokumentaciji v prilogi.



## 2 TEORETIČNE OSNOVE POLŽASTEGA TRANSPORTERJA

Polžasti ali vijačni transporter sodi med ene najstarejših naprav za premikanje bremena. Že pred 2200 leti je Arhimed uporabil vijačne črpalke za namakanje poljščin. Moderni vijačni transporterji so pa lahko horizontalni ali vertikalni [1].

- Pri horizontalnem oziroma rahlo nagnjenem transporterju (slika 2.1) se transportirani material giblje v koritu kot potujoča matica, medtem ko težnost preprečuje vrtenje materiala.
- Pri vertikalnih transporterjih oziroma po strmih nagibih pa material rotira ob steni mirujoče cevi. Centrifugalna sila na transportiran material ga pritiska ob steno. Hitro rotirajoča vijačnica ga ob robu cevi potiska navzgor.
- Pri polžastem transportnem bobnu pa imamo samo vijačnico brez gredi, ki potiska material v koritu naprej proti izhodu.

Ker bo pri tem delu uporabljen samo horizontalni transporter, ostale različice v teoretičnem delu ne bodo obravnavane do potankosti.



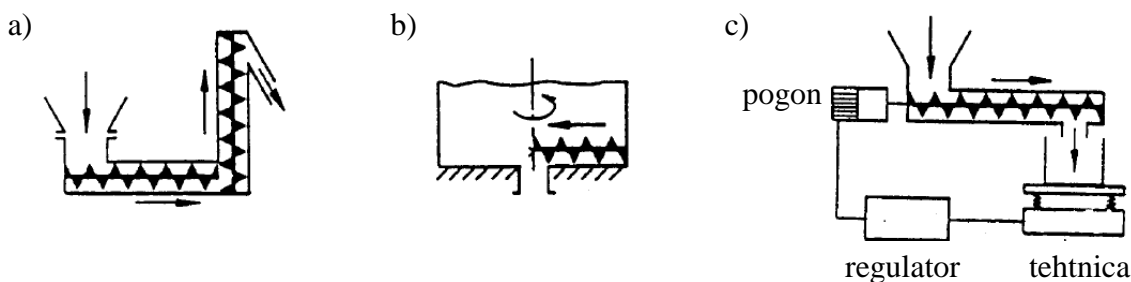
Slika 2.1: Primer horizontalnega polžastega transporterja;  $\delta_{\max} = 30^\circ$   
Vir: [http://www.wamgroup.com/cgi-bin/prodotto\\_foto/CA.jpg](http://www.wamgroup.com/cgi-bin/prodotto_foto/CA.jpg)

## 2.1 Horizontalni transporter

Horizontalni transporterji so lahko rahlo nagnjeni (do največ  $30^\circ$ ), lahko so odprti ali zaprti. Pri odprtem se vijak oziroma polž vrti v koritu, pri zaprtem pa znotraj cevi.

Polžasti transporterji se uporabljajo za sipke materiale, gnetljive materiale in materiale v obliki granulata (cement, mleta glina in podobno), torej kot transporterji. Lahko pa se uporabljajo tudi za umazane kapljevine, torej kot črpalke (mulj). Med transportiranjem se lahko material tudi meša, dozira, drobi ali tudi gnete (slika 2.2). Lahko transportiramo tudi vroč material. Skozi prazen prostor med vijačnico in koritom, oziroma cevjo lahko teče hladilna tekočina ali para. V prvem primeru poteka hlajenje, v drugem pa segrevanje ali sušenje transportiranega materiala [5].

Kot takšen je polžasti transporter uporaben v prehrabni industriji, kemični industriji, papirnicah, pri energetskih postrojenjih, čistilnih napravah...



Slika 2.2: Polžasti transporterji v različnih uporabah; a) transport, b) mešanje, c) doziranje

Dolžine transportiranja pri polžastih transporterjih so kratke, od 1 m do 15 m, možno je izdelati tudi do 60 m. Polžasti transporter ni uporaben na daljše transportne poti zaradi potrebne moči pogona, ki raste proporcionalno z njegovo dolžino [2]. Zmogljivosti so po navadi pod 120 t/h, čeprav so bili izvedeni transporterji z zmogljivostjo tudi do 700 t/h. Volumska zmogljivost transporterja je omejena na približno  $400 \text{ m}^3/\text{h}$ , premeri polža pa merijo od 100 mm do 1250 mm, odvisno od zahtevane zmogljivosti in granulacije materiala, kjer največja zrna granulata niso večja od četrtiline premera polža – enačba (2.1) [1]. V primerih, ko je material slabo tekoč, pa se z namenom preprečitve zamašitve uporabi enačba (2.2). Pri črpalakah za odpadne vode se uporabljajo premeri polža tudi do 2500 mm.

$$a'_{max} < 0,25 \cdot D \quad (2.1)$$

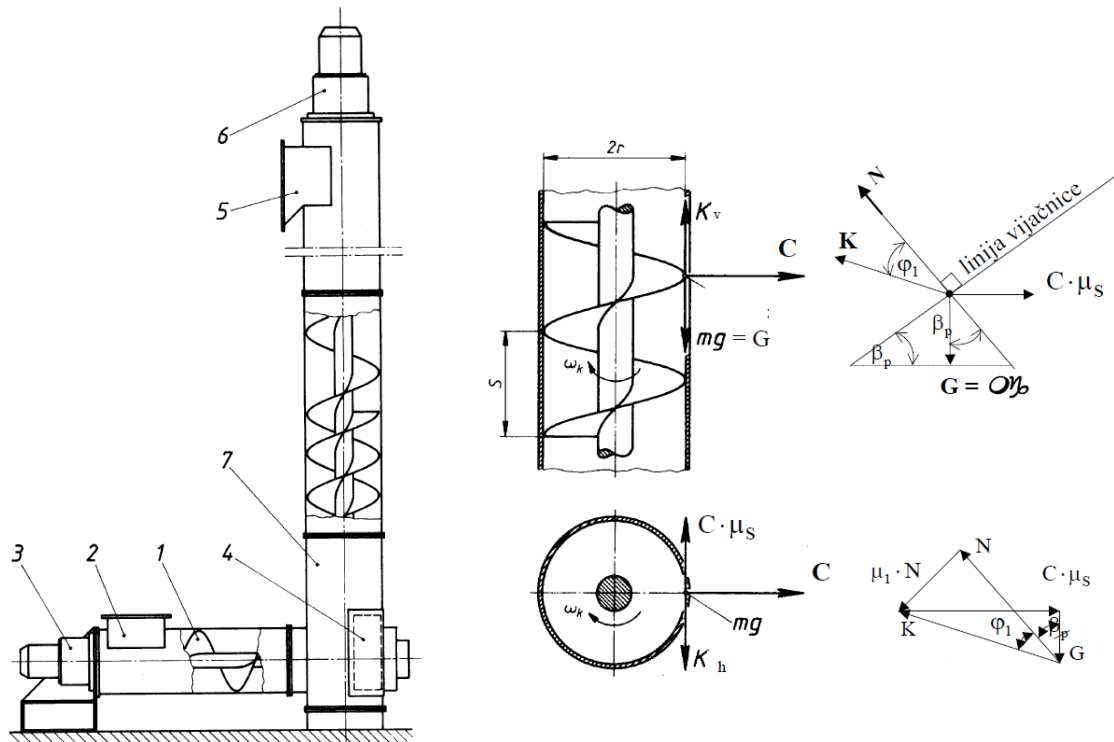
$$D > (6 \text{ do } 8) \cdot a'_{max} \quad (2.2)$$

$D$  [mm] zunanji premer vijačnice

$a'_{max}$  [mm] premer največjega zrna granulata

## 2.2 Vertikalni transporter

Pri horizontalnem polžu sila teže fiksira material v žlebu in tako ustvari efekt potujoče matice. Pri vertikalnem polžu pa material rotira v cevi in na cev pritiska s centrifugalno silo. Trenje med materialom in steno cevi pa preprečuje povratno gibanje po vijačnici navzdol.



Slika 2.3: Primer horizontalnega z vertikalnim transporterjem in diagram sil v vertikalnem delu;

1 – dodajalni polž

2 – dovajanje materiala

3 – pogon horizontalnega polža

4 – vstopna odprtina

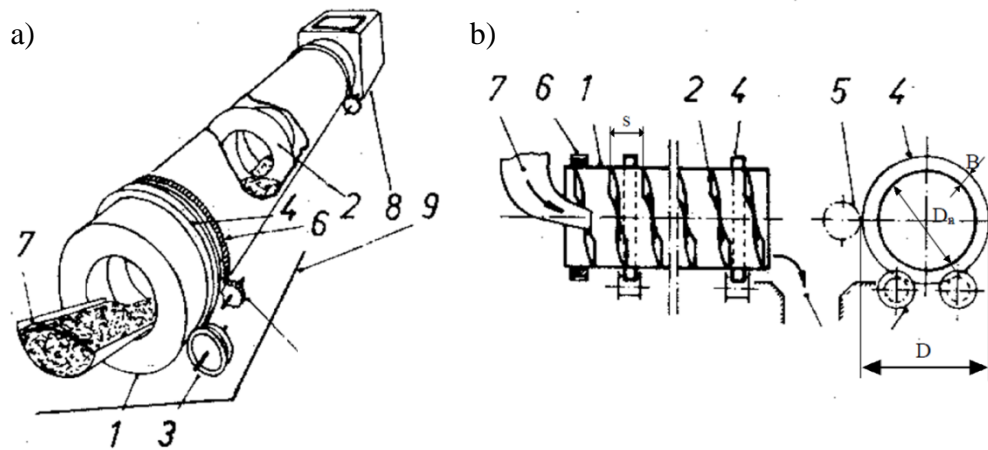
5 – iztok materiala

6 – pogon vertikalnega polža

7 – vstopno območje vertikalnega odseka

Pri vertikalnem transporterju mora veljati pogoj, da je stensko trenje med matico in cevjo večji ali enak stenskem trenju med matico in vijačnico [2].

### 2.3 Polžasti transportni boben



Slika 2.4: Zgradba polžastega transportnega bobna

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| 1 – transportna cev  | 6 – zobati venec |
| 2 – vijačnica        | 7 – drča         |
| 3 – podporni valjček | 8 – izstop       |
| 4 – ležajni obroč    | 9 – ogrodje      |
| 5 – pogonski zobnik  |                  |

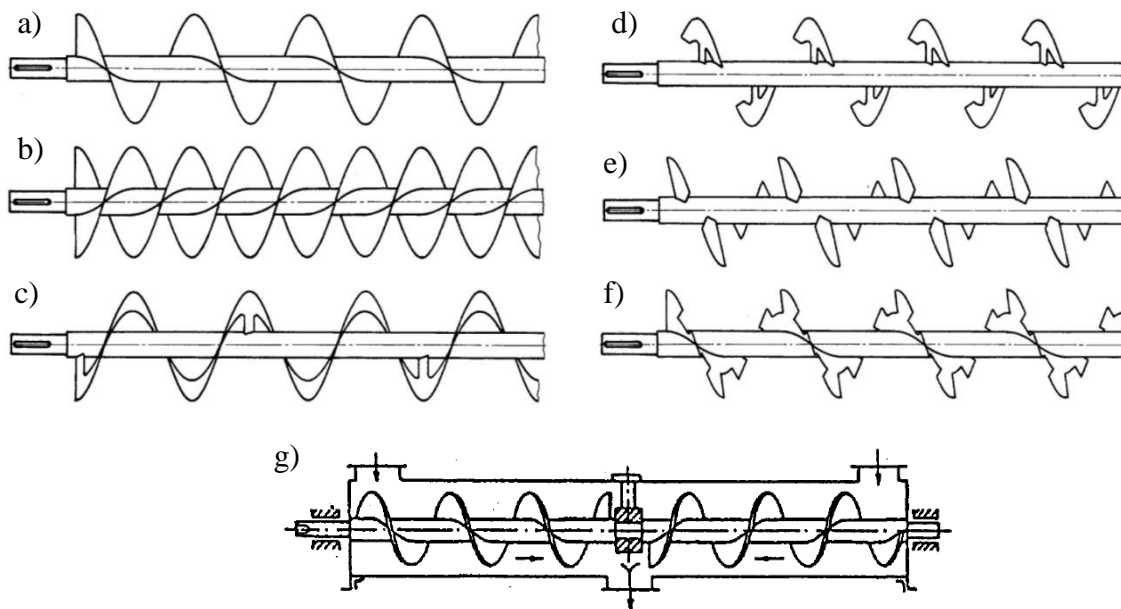
Pri polžastem transportnem bobnu mora biti centrifugalna sila manjša ali enaka teži materiala, pomnoženi s faktorjem 0,3 [1]. Tako je zagotovljen tok materiala po bobnu.

## 2.4 Elementi polžastih transporterjev

### Vijačnica polža

Običajno je vijačnica enostopenjska, lahko pa je tudi dvostopenjska ali tristopenjska.

Različice enosmerne vijačnice na gredi (transport v eni smeri, razen zadnji primer):



Slika 2.5: Primeri vijačnic na gredi

- a) Polna vijačnica – za suhe drobnozrnate ali prahaste materiale
- b) Polna dvojna vijačnica
- c) Trakasta vijačnica – za drobnokosovne materiale
- d – f) Lopatasta in zobčasta vijačnica – se uporablja pri težko tekočih, stisljivih materialih
- g) Levohodna in desnohodna vijačnica na eni gredi – se uporablja kot zbiralni polž z dvema vhodnima odprtinama in eno izhodno

### Gred polža in vležajenje

Gred vijačnice je običajno votla, dimenzionira pa se na nateg (ali uklon), upogib in torzijo. Pri kratkih gredih (do 5 m) sta običajno dva ležaja na obeh koncih gredi, en aksialno-radialen, za prenašanje aksialne obremenitve na gredi, drugi pa radialen. Pri daljših gredih so poleg končnih še vmesni radialni ležaji.

Za določevanje največje razdalje med ležaji se upošteva upogibni povos zaradi enakomerne obremenitve [1]. Največji dopustni povos se izračuna po enačbi (2.3).

$$f_{dop} = \frac{l}{500} \quad (2.3)$$

$f_{dop}$	[mm]	dopustni povos gredi polža
$l$	[mm]	predvidena razdalja med ležaji

Povos zaradi lastne teže vijajnice

$$f = \frac{5 \cdot q_0 \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \leq f_{dop} \quad (2.4)$$

$f$	[mm]	povos gredi polža
$q_0$	[N/mm]	teža gredi z vijajnico na milimeter dolžine
$E$	[MPa]	elastični modul materiala
$I$	[mm <sup>4</sup> ]	vztrajnostni moment gredi
$f_{dop}$	[mm]	dopustni povos gredi polža

Ob predpostavki, da vijajnica poveča vrednost vztrajnostnega momenta gredi za približno 20%, velja:

$$I = 1,2 \cdot \frac{\pi}{64} \cdot (d_z^4 - d_n^4) \cong \frac{d_z^4 - d_n^4}{17} \quad (2.5)$$

$I$	[mm <sup>4</sup> ]	vztrajnostni moment gredi
$d_z$	[mm]	zunani premer cevi gredi
$d_n$	[mm]	notranji premer cevi gredi

Na osnovi pogoja dopustnega povosa se lahko izračuna največja dopustna razdalja med radialnimi ležaji (enačbi (2.6) in (2.7)).

$$L_{max} = 63,4 \cdot \sqrt[4]{\frac{I \cdot f_{dop}}{q_0}} \quad (2.6)$$

$L_{max}$	[mm]	največja dopustna razdalja med ležaji polžastega transporterja
$I$	[mm <sup>4</sup> ]	vztrajnostni moment gredi

$f_{dop}$	[mm]	dopustni povos gredi polža
$q_0$	[kg/mm]	teža gredi z vijačnico na milimeter dolžine

$$L_{max} \leq 31,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{I}{q_0}} \quad (2.7)$$

$L_{max}$	[mm]	največja dopustna razdalja med ležaji polžastega transporterja
$f_{dop}$	[mm]	dopustni povos gredi polža
$q_0$	[kg/mm]	teža gredi z vijačnico na milimeter dolžine

### Korito polžastega transporterja

Možnih je več različic, odvisnih od potreb transportiranja. Korita se uporabljajo za horizontalne in rahlo poševne izvedbe. Lahko imajo pokrov ali pa so odprta. Izvedba s cevjo pa je primerna za horizontalni in vertikalni transport.

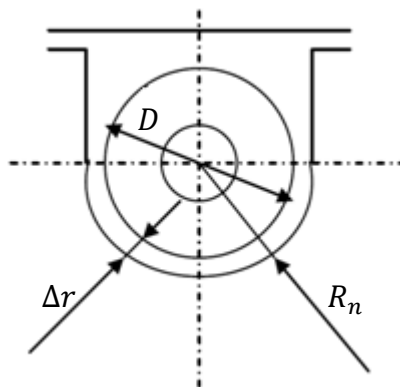
Dimenzije korita so odvisne od dimenzij polžnika in lastnosti materiala. Špranja med vijačnico in žlebom je odvisna od granulacije materiala.

$$\Delta r_{max} = (3 \div 12) \text{ mm} \quad (2.8)$$

$\Delta r_{max}$	[mm]	špranja med vijačnico in žlebom (slika 2.6)
------------------	------	---

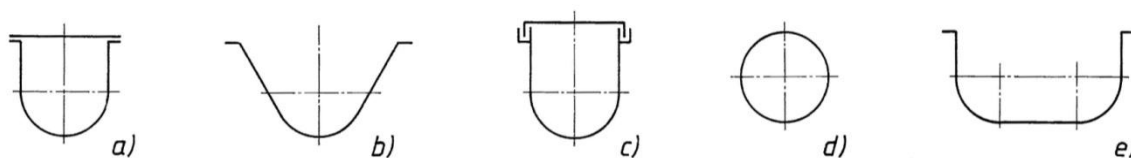
$$R_n = \frac{D}{2} + f_{max} + (2 \div 6) \quad (2.9)$$

$R_n$	[mm]	polmer korita (slika 2.6)
$D$	[mm]	zunANJI premer vijačnice
$f_{max}$	[mm]	maksimalen povos gredi polža



Slika 2.6: Prerez korita transporterja

Sekcije korit dolžin od 3 do 5 m se skupaj spajajo v eno korito. Če so potrebni, se vmes dodajo še nosilci vmesnih ležajev. Pod koritom so podpore za konstrukcijo vsakih 5 do 10 m.



Slika 2.7: Oblike korit; a) U – korito z enostavnim pokrovom (normalna izvedba), b) V – korito za grobe in lepljive materiale, c) U – korito s protiprašnim pokrovom, d) cevna izvedba (protiprašna, težko čiščenje), e) dvojno korito za mešalne transporterje, transporterje za odpadne vode, itd.

## 2.5 Preračunske osnove polžastih transporterjev

Hitrost gibanja materiala

$$v = \frac{n \cdot s}{60} \quad (2.10)$$

$v$	[m/s]	hitrost gibanja materiala
$n$	[vrt/min]	število vrtljajev gredi polža
$s$	[m]	vzpon vijačnice polža



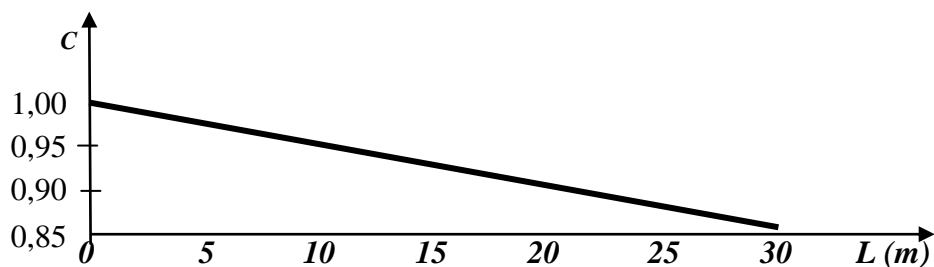
## Masna zmogljivost

$$Q_t = 3600 \cdot v \cdot \rho \cdot A_{eff} = 60 \cdot n \cdot s \cdot \rho \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \varphi \cdot c \cdot k \cdot \varepsilon \quad (2.11)$$

$Q_t$	[t/h]	zmogljivost polžastega transporterja
$v$	[m/s]	hitrost gibanja materiala
$A_{eff}$	[m <sup>2</sup> ]	prerez materiala v koritu
$n$	[vrt/min]	število vrtljajev gredi polža
$s$	[m]	vzpon vijačnice polža
$\rho$	[t/m <sup>3</sup> ]	nasipna gostota transportiranega materiala
$D$	[m]	zunANJI premer vijačnice
$\varphi$	[/]	koeficient polnitve
$c$	[/]	koeficient zmanjšanja zmogljivosti zaradi dolžine transporterja
$k$	[/]	koeficient nagiba polžastega transporterja
$\varepsilon$	[/]	koeficient izvedbe vijačnice

Preglednica 2.1: Koeficient izvedbe vijačnice [1]

Izvedba vijačnice	Polna vijačnica	Trakasta vijačnica	Lopatasta in zobata vijačnica
Koeficient izvedbe vijačnice $\varepsilon$	0,9 ÷ 1,0	0,7 ÷ 0,9	0,4 ÷ 0,7

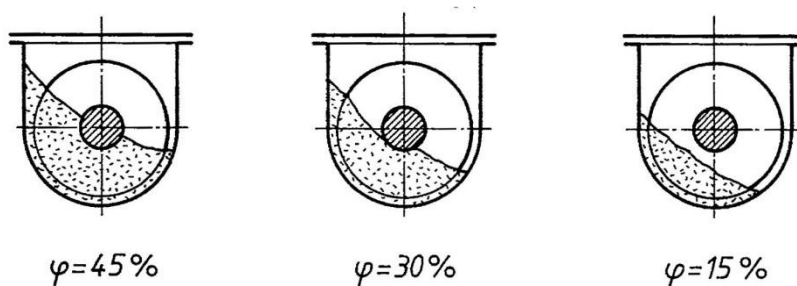


Slika 2.8: Koeficient zmanjšanja zmogljivosti zaradi dolžine transporterja (učinkovitost transporta z dolžino polža pada) [1]

Preglednica 2.2: Koeficient nagiba polžastega transporterja (odvisen od kota  $\delta$ ) [1]

Kot nagiba $\delta$ [°]	0	5	10	15	20
Koeficient nagiba k	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65

Koeficient polnitve je odvisen od tipa materiala in vijačnice [2].



Slika 2.9: Koeficient polnitve

Preglednica 2.3: Koeficient polnitve  $\varphi$ , nasipna gostota  $\rho$  in koeficient horizontalnega odpora  $f_{Hcel}$  [1]

Material	$\varphi$	$\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	$f_{Hcel}$
Apnenec – mleti, drobljen ( $a' = 12 - 0,75$ mm)	0,15	1,55	3
Cement	0,3	1,2	3,5
Gašeno apno	0,45	0,80	2,3
Grafit	0,45	0,6	1,9
Gips – suhi, mleti	0,3	0,85	2,8
Gips – drobljen	0,15	1,35	4
Kreda - mleta suha	0,3	1,15	3,4
Kremenčev pesek	0,15	1,65	5
Krmila	0,45	0,6	1,9
Pepel suh	0,15	0,7	3,5
Pepel elektrofilterski	0,15	1,0	5
Premog suh v kosih	0,15	0,85	3,5
Premogov prah	0,45	0,8	2,3
Žindra granulirana	0,15	1,0	5
Žitarice	0,45	0,8	2,2

Določitev potrebne moči motorja je odvisna od celotnega odpora pri transportu [1]

$$\Delta F_{cel} = \Delta F_0 \pm \Delta F_H \quad (2.12)$$

$\Delta F_{cel}$	[N]	celotni odpori pri transportu
$\Delta F_0$	[N]	odpori horizontalnega gibanja
$\Delta F_H$	[N]	odpori zaradi dviga materiala

$$\Delta F_{cel} = g \cdot q \cdot L_{cel} \cdot f_{Hcel} \pm g \cdot q \cdot H \quad (2.13)$$

$\Delta F_{cel}$	[N]	celotni odpori pri transportu
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	težnostni pospešek
$q$	[kg/m]	metrska masa
$L_{cel}$	[m]	celotna dolžina transporterja
$f_{Hcel}$	[/]	koeficient horizontalnega odpora
$H$	[m]	višina transportiranja

Odpore pri horizontalnem gibanju povzročajo:

- Trenje med materialom in koritom
- Trenje med materialom in vijačnico
- Trenje v ležajih
- Odpori zaradi kopičenja in zatikanja

Skupaj jih združimo v koeficient horizontalnega odpora ( $f_{Hcel}$ ), ki ga določimo eksperimentalno (podani so v preglednici 2.3).

Potrebna moč motorja

$$P_M \cong \frac{\Delta F_{cel} \cdot v}{1000 \cdot \eta_g} = \frac{g \cdot Q_t}{3600 \cdot \eta_g} \cdot (L_{cel} \cdot f_{Hcel} \pm H) \quad (2.14)$$

$P_M$	[kW]	potrebna moč elektromotorja
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	težnostni pospešek

$Q_t$	[t/h]	zmogljivost polžastega transporterja
$\eta_g$	[/]	izkoristek elektromotorja
$L_{cel}$	[m]	dolžina transportiranja
$f_{Hcel}$	[/]	koeficient horizontalnega odpora
$H$	[m]	višina transportiranja

## 2.6 Karakteristike polžastega transporterja

Polžasti transporter je možno namestiti na tla, na strop ali steno, kjer omogoča horizontalni in tudi vertikalni transport. Ne zahteva mnogo prostora in je v svoji polni konstrukciji samostojen. Uporabljamo ga lahko kot dodajalce v skupnem delu z ostalimi transportnimi napravami. [6]

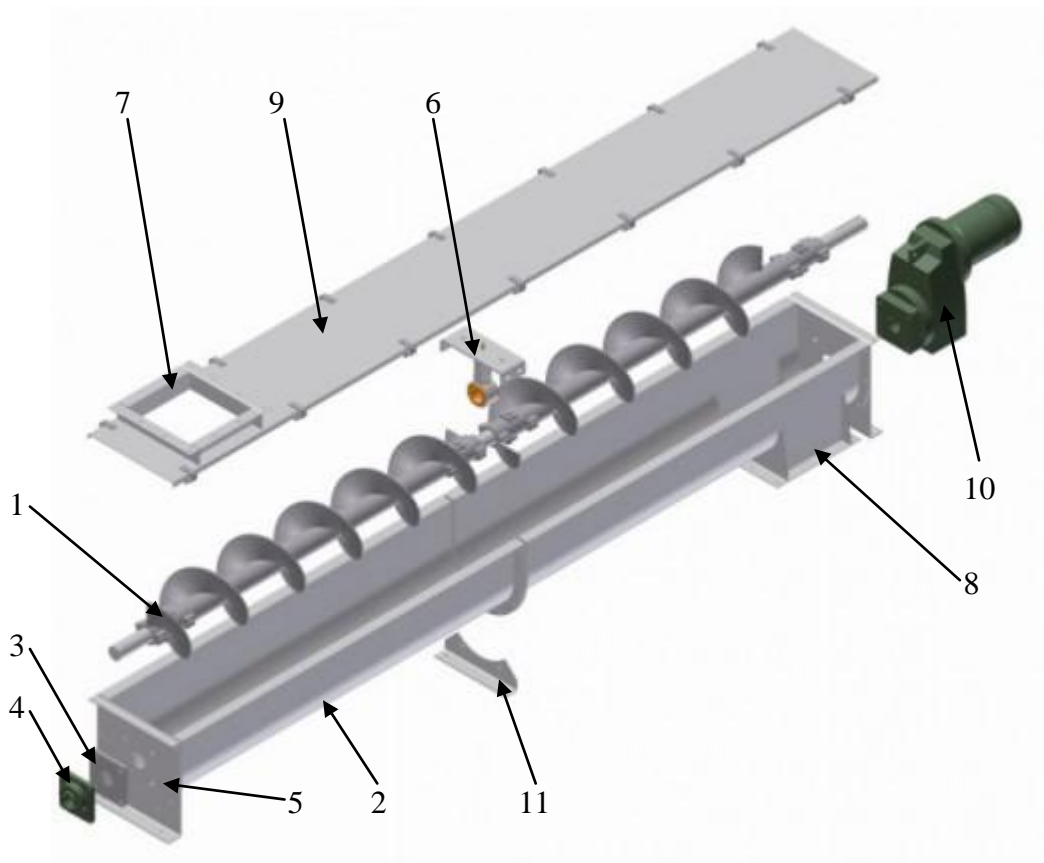
### Prednosti:

- Enostavna konstrukcija,
- ne zahteva mnogo prostora,
- možnost transporta v zaprtem prostoru (ni prašenja, smradu, ...),
- dodajanje in odvzem na različnih mestih,
- možnost transporta vročih materialov,
- pogon brez povratnih zapor,
- nizki nabavni in vzdrževalni stroški.

### Slabosti:

- Drobljenje in poškodbe transportiranega materiala,
- veliko trenje (vijačnica/material, žleb/material) – obraba,
- velika poraba energije,
- za kratke poti transportiranja,
- nevarnost zamašitve.

Osnovni sklopi polžastega transporterja:



Slika 2.10: Eksplozirana slika polžastega transporterja;

Vir: <http://www.conveyoreng.com/products/standard-screw-conveyors/>

- 1 – polž transporterja
- 2 – korito ali cev
- 3 – tesnilo
- 4 – končni ležaj
- 5 – prirobnica
- 6 – nosilec ležaja in vmesni ležaj

- 7 – odprtina za dodajanje
- 8 – odprtina za odzemanje
- 9 – pokrov
- 10 – elektromotor
- 11 – podporne noge in sedeži

### 3 PRERAČUN POLŽASTEGA TRANSPORTERJA

#### 3.1 Izračun osnovnih dimenzij zalogovnika

Začetni izračun temelji na podanih dimenzijah zalogovnika, dobljenih iz ocenjenega volumna odpadkov, potrebnega za doziranje 9 ton materiala. Gostote odpadnega materiala segajo od  $120 \text{ kg/m}^3$  do  $240 \text{ kg/m}^3$ , vendar zaradi potrebne homogenosti odpadkov lahko ta doseže tudi  $600 \text{ kg/m}^3$ . Za potrebe izračuna polžastega transporterja se bo uporabil okvirni podatek za odpadni material z gostoto  $240 \text{ kg/m}^3$  in predpostavka, da bo zalogovnik napolnjen do treh četrtin višine. Širina in dolžina zalogovnika sta bili izbrani z ozirom na način polnjenja zalogovnika in čim krajšo dolžino polžnika. Ker se bo zalogovnik polnil preko tračnega transporterja, je smotrno, da sta dolžina in širina enako dolgi, saj se s tem zagotovi čim večja enakomernost polnjenja.

$$V = \frac{m}{\rho} \cdot 0,75 \quad (3.1)$$

$$V = \frac{9000}{120} \cdot 0,75 = 56,25 \text{ m}^3 \quad (3.2)$$

$V$	$[\text{m}^3]$	volumen zalogovnika
$m$	$[\text{kg}]$	masa potrebnega odpadnega materiala
$\rho$	$[\text{kg/m}^3]$	gostota odpadnega materiala

Iz ocenjenega volumna so potem bile izbrane sledeče dimenzije:

Višina zalogovnika – 6,5 m

Širina zalogovnika – 3 m

Dolžina zalogovnika – 3 m

#### 3.2 Preračun zmogljivosti in moči motorja

##### Osnovni podatki:

Zahtevana zmogljivost:  $Q_{trah} = 0,5 - 4 \text{ t/h}$

Dolžina transportiranja:  $L=3 \text{ m}$

Nagibni kot transporterja:  $\delta = 0^\circ$

**Določitev premera vijačnice**

$$D = 4 \cdot a'_{max} = 4 \cdot 50 = 200 \text{ mm} \quad (3.3)$$

$D$	[mm]	zunanji premer vijačnice
$a'_{max}$	[mm]	premer največjega zrna granulata

**Določitev največjega in najmanjšega števila vrtljajev gredi polža**

Ker so podane zahtevane zmogljivosti (največje in najmanjše), so za zasnovano napravo potrebne vrtilne hitrosti vijačnice, katere so izračunane s pomočjo izpeljave iz enačbe za zmogljivost (enačba (2.11)).

$$n = \frac{4 \cdot Q_{tzh}}{60 \cdot s \cdot \rho \cdot D^2 \cdot \pi \cdot \varphi \cdot c \cdot k \cdot \varepsilon} \quad (3.4)$$

$Q_{tzh}$	[t/h]	zahtevana zmogljivost polžastega transporterja <sup>1</sup>
$n$	[vrt/min]	število vrtljajev gredi polža <sup>1</sup>
$s$	[m]	vzpon vijačnice polža
$\rho$	[t/m <sup>3</sup> ]	nasipna gostota transportiranega materiala
$D$	[m]	zunanji premer vijačnice
$\varphi$	[/]	koeficient polnitve
$c$	[/]	koeficient zmanjšanja zmogljivosti zaradi dolžine transporterja
$k$	[/]	koeficient nagiba polžastega transporterja
$\varepsilon$	[/]	koeficient izvedbe vijačnice

**Določitev koeficienta polnitve**

Ker polžasti transporter leži na dnu zalogovnika, je njegov žleb napolnjen z materialom, vendar ves material ne vpliva na zmogljivost. Na zmogljivost vpliva material v koritu, ki je pod gredjo. Material nad gredjo se pri vrtenju vijačnice presipava preko gredi, zato se ga pri preračunu zmogljivosti ne upošteva. Upošteva pa se ga pri preračunu moči motorja, kajti ta material tudi prispeva k trenju in ga zato ne smemo zanemariti. Tako je določen koeficient polnitve (slika 2.9):

$$\varphi = 0,3$$

<sup>1</sup> za potrebe računanja najmanjše in največje vrednosti se uporablja indeks 1 in 2. Primer:  $n_1$  je število vrtljajev za najmanjšo zmogljivost naprave

Določitev koeficienta zmanjšanja zmogljivosti zaradi dolžine transporterja (slika 2.8)

$$c = 1 - 0,005 \cdot L = 1 - 0,005 \cdot 3 = 0,985 \quad (3.5)$$

Določitev koeficienta nagiba polžastega transporterja (preglednica 2.2)

$$k = 1$$

Določitev koeficienta izvedbe vijačnice (preglednica 2.1)

$$\varepsilon = 0,95$$

Določitev vzpona vijačnice polža

$$s = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 0,2 = 0,16 \text{ m} \quad (3.6)$$

$s$	[m]	vzpon vijačnice polža
$D$	[m]	zunanj premer vijačnice

$$n_1 = \frac{4 \cdot 0,5}{60 \cdot 0,16 \cdot 0,24 \cdot 0,2^2 \cdot \pi \cdot 0,3 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,985} = 24,6 \text{ vrt/min} \approx 25 \text{ vrt/min} \quad (3.7)$$

$$n_2 = \frac{4 \cdot 4}{60 \cdot 0,16 \cdot 0,24 \cdot 0,2^2 \cdot \pi \cdot 0,3 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,985} = 196,9 \text{ vrt/min} \approx 200 \text{ vrt/min} \quad (3.8)$$

**Določitev potrebne moči motorja**

$$\Delta F_{cel} = g \cdot \tilde{q} \cdot L_{cel} \cdot f_{Hcel} \pm g \cdot q \cdot H \quad (3.9)$$

$\Delta F_{cel}$	[N]	celotni odpori pri transportu
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	težnostni pospešek
$\tilde{q}$	[kg/m]	metrska masa materiala v žlebu
$L_{cel}$	[m]	celotna dolžina transporterja
$f_{Hcel}$	[/]	koeficient horizontalnega odpora
$H$	[m]	višina transportiranja



Metrska masa materiala v žlebu je preračunana za koeficient polnitve  $\tilde{\varphi} = 1$

$$\tilde{q} = \rho \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \tilde{\varphi} = 240 \cdot \frac{0,2^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1 = 7,54 \text{ kg/m} \quad (3.10)$$

$\rho$	[t/m <sup>3</sup> ]	nasipna gostota transportiranega materiala
$\tilde{q}$	[kg/m]	metrska masa materiala v žlebu
$D$	[m]	zunANJI premer vijačnice
$\tilde{\varphi}$	[/]	koeficient polnitve za poln žleb

$$H = L_{cel} \cdot \sin\delta = 3 \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ m} \quad (3.11)$$

$H$	[m]	višina transportiranja
$L_{cel}$	[m]	dolžina transportiranja
$\delta$	[°]	nagibni kot transporterja

Določitev koeficienta horizontalnega odpora

$$f_{Hcel} = 5$$

$$\Delta F_{cel} = 9,81 \cdot 7,54 \cdot 3 \cdot 5 \pm 0 = 1109,5 \text{ N} \quad (3.12)$$

Hitrost transportiranja

$$v_1 = \frac{n_1 \cdot s}{60} = \frac{25 \cdot 0,16}{60} = 0,067 \text{ m/s} \quad (3.13)$$

$$v_2 = \frac{n_2 \cdot s}{60} = \frac{200 \cdot 0,16}{60} = 0,533 \text{ m/s} \quad (3.14)$$

$v$	[m/s]	hitrost transportiranja <sup>1</sup>
$n$	[vrt/min]	število vrtljajev gredi polža <sup>1</sup>
$s$	[m]	vzpon vijačnice polža

Preračun moči elektromotorja (potreben samo za največjo hitrost transportiranja)

$$P_M \cong \frac{\Delta F_{cel} \cdot v_2}{1000 \cdot \eta_g} = \frac{1109,5 \cdot 0,533}{1000 \cdot 0,8} = 0,74 \text{ kW} \quad (3.15)$$

$P_M$	[kW]	potrebna moč elektromotorja
-------	------	-----------------------------

$\Delta F_{cel}$	[N]	celotni odpori pri transportu
$v$	[m/s]	hitrost transportiranja <sup>1</sup>
$\eta_g$	[/]	izkoristek elektromotorja

$\eta_g = 0,8$  – izkoristek elektromotorja

### Določitev moči elektromotorja

Ker so v odpadnem materialu lahko različni vključki, jih je potrebno predvidevati in pri izbiri moči motorja ustrezno upoštevati. Zaradi ekstremnih primerov se bo zato preračunani moči elektromotorja dodal varnostni faktor ( $v_{EM}$ ), tako da bo izbrana moč primerna za zagotovitev brezhibnega delovanja naprave tudi v teh primerih. Ta faktor so določili pri podjetju MD Inženiring d.o.o.

Varnostni faktor za elektromotor:

$$v_{EM} = 3$$

Moč motorja:

$$P_M \cong 0,74 \text{ kW} \cdot v_{EM} = 0,74 \cdot 3 = 2,22 \text{ kW} \quad (3.16)$$

**Izbrana moč motorja iz kataloga proizvajalca NORD:  $P_M = 2,2 \text{ kW}$**

## 3.3 Določitev sil na gredi z vijačnico

### Določitev aksialne sile na gred

Določimo jo na dva načina in nato upoštevamo večjo [1]:

### Določitev aksialne sile na osnovi momenta motorja:

$$F_A = \frac{M_{mot}}{r_s \cdot tg(\beta_s + \rho_1)} = \frac{84,04}{0,07 \cdot tg(20^\circ + 24^\circ)} = 1243,2 \text{ N} \quad (3.17)$$

$F_A$	[N]	aksialna sila
$M_{mot}$	[Nm]	moment motorja
$r_s$	[m]	radij, na katerem prejmlje aksialna sila
$\beta_s$	[°]	kot med rezultanto na vijačnico in radijem, na katerem prejmlje

aksialna sila  
 $\rho_1$  [°] kot med rezultanto na vijaknico in normalno silo

$$M_{mot} = 9550 \cdot \frac{P_M \cdot \eta_g}{n_2} = 9550 \cdot \frac{2,2 \cdot 0,8}{200} = 84,04 \text{ Nm} \quad (3.18)$$

$M_{mot}$  [Nm] moment motorja  
 $P_M$  [kW] potrebna moč elektromotorja  
 $\eta_g$  [/] izkoristek elektromotorja  
 $n$  [vrt/min] število vrtljajev gredi polža<sup>1</sup>

$$r_s = (0,7 \div 0,8) \cdot \frac{D}{2} = 0,7 \cdot \frac{0,2}{2} = 0,07 \text{ m} \quad (3.19)$$

$r_s$  [m] radij, na katerem prejme aksialna sila  
 $D$  [m] zunanji premer vijaknice

$$\operatorname{tg} \beta_s = \frac{s}{2 \cdot \pi \cdot r_s} = \frac{0,16}{2 \cdot \pi \cdot 0,07} = 0,363 \Rightarrow \beta_s \cong 20^\circ \quad (3.20)$$

$\beta_s$  [°] kot med rezultanto na vijaknico in radijem, na katerem prejme aksialna sila  
 $s$  [m] vzpon vijaknice polža  
 $r_s$  [m] radij, na katerem prejme aksialna sila

$$\operatorname{tg} \rho_1 = \mu_1 = 0,45 \Rightarrow \rho_1 \cong 24^\circ \quad (3.21)$$

$\rho_1$  [°] kot med rezultanto na vijaknico in normalno silo  
 $\mu_1$  [/] koeficient stenskega trenja (material/vijaknica)

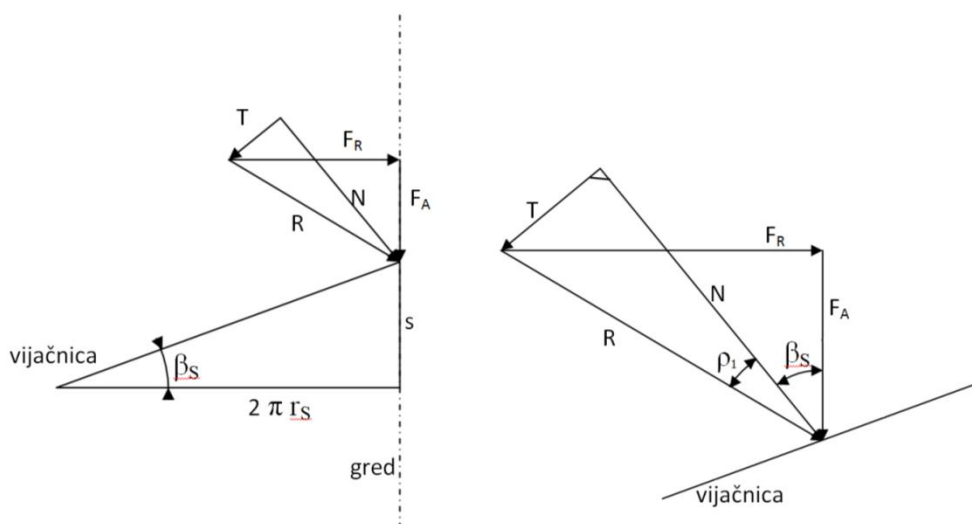
#### Določitev aksialne sile na osnovi empirične ocene trenja žleb/material:

$$F_A = g \cdot q \cdot L_{cel} \cdot (\widetilde{\mu}_1 + \sin \delta) = 9,81 \cdot 7,54 \cdot 3 \cdot (1,5 + 0) = 332,9 \text{ N} \quad (3.22)$$

$F_A$	[N]	aksialna sila
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	težnostni pospešek
$q$	[kg/m]	metrska masa transportiranega materiala
$L_{cel}$	[m]	dolžina transportiranja
$\widetilde{\mu}_1$	[/]	ocena koeficienta trenja (material/vijačnica in material/material)
$\delta$	[°]	nagibni kot transporterja

Ker trenje med delci materiala ni poznan, je koeficient trenja  $\widetilde{\mu}_1$  ocenjen iz izkušenj

V nadaljnjem izračunu upoštevamo silo:  $F_A = 1243,2$  N



Slika 3.1: Diagram sil na vijačnici

Določitev radialne sile na gred

$$F_R = F_A \cdot \operatorname{tg}(\beta_s + \rho_1) = 1243,2 \cdot \operatorname{tg}(24 + 20) = 1200,5 \text{ N} \quad (3.23)$$

$F_R$	[N]	radialna sila
$F_A$	[N]	aksialna sila
$\beta_s$	[°]	kot med rezultanto na vijačnico in radijem, na katerem prejme aksialna sila
$\rho_1$	[°]	kot med rezultanto na vijačnico in normalno silo

$$R = \sqrt{F_A^2 + F_R^2} = \sqrt{1243,2^2 + 1200,5^2} = 1728,2 \text{ N} \quad (3.24)$$

$R$  [N] rezultanta na vijačnico

$F_R$  [N] radialna sila

$F_A$  [N] aksialna sila

Določitev normalne in tangencialne sile na vijačnico

$$N = R \cdot \cos \rho_1 = 1728,2 \cdot \cos 24^\circ = 1578,8 \text{ N} \quad (3.25)$$

$N$  [N] normalna sila na vijačnico

$R$  [N] rezultanta na vijačnico

$\rho_1$  [°] kot med rezultanto na vijačnico in normalno silo

$$T = N \cdot \mu_1 = 1578,8 \cdot 0,45 = 710,5 \text{ N} \quad (3.26)$$

$T$  [N] tangencialna sila na vijačnico

$N$  [N] normalna sila

$\mu_1$  [/] koeficient stenskega trenja (material/vijačnica)

### 3.4 Kontrola povesa gredi polža

#### Izbira premera gredi

Upogibni moment

$$M_u = \frac{F_R}{L} \cdot \frac{L^2}{8} = 1200,5 \cdot \frac{3000}{8} = 450187,5 \text{ Nmm} \quad (3.27)$$

$M_u$	[Nmm]	upogibni moment v obravnavanem prerezu
$F_R$	[N]	radialna sila
$L$	[mm]	dolžina transporterja

Zaradi poenostavitve se bo gred dimenzionirala na primerjalno napetost z upogibnim in vrtilnim momentom, brez upoštevanja morebitnih aksialnih sil na gredi.

Primerjalni upogibni moment

$$M_P = \sqrt{M_u^2 + 0,75 \cdot (\alpha_{0z} \cdot M_{mot})^2} = \sqrt{450187,5^2 + 0,75 \cdot (0,7 \cdot 84040)^2} = 453061 \text{ Nmm} \quad (3.28)$$

$M_P$	[Nmm]	primerjalni upogibni moment
$M_u$	[Nmm]	upogibni moment v obravnavanem prerezu
$\alpha_{0z}$	[/]	korekturni koeficient pri zasnovi
		$\alpha_{0z} \approx 0,4$ pri statični vzvojni obremenitvi
		$\alpha_{0z} \approx 0,7$ pri utripni vzvojni obremenitvi
		$\alpha_{0z} \approx 1,0$ pri izmenični vzvojni obremenitvi
$M_{mot}$	[Nm]	moment motorja

Najmanjši potreben premer gredi

$$d_{min} \approx \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_P}{\pi \cdot \sigma_{udop}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 453061}{\pi \cdot 62}} = 42,1 \text{ mm} \quad (3.29)$$

$d_{min}$	[mm]	najmanjši potreben premer gredi
$M_P$	[Nmm]	primerjalni upogibni moment
$\sigma_{u dop}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	dopustna upogibna napetost

$$\sigma_{\text{udop}} = \frac{\sigma_{\text{Du utr}}}{v_z} = \frac{370}{6} = 62 \text{ N/mm}^2 \quad (3.30)$$

$\sigma_{\text{u dop}}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	dopustna upogibna napetost
$\sigma_{\text{Du utr}}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	upogibna trajna dinamična utripna trdnost gradiva osi
$v_z$	[/]	varnostni koeficient pri zasnovi; $v_z = 4 \dots 6$

### Največja dopustna razdalja med ležaji:

$$L_{\text{max}} \leq 31,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{I}{q_0}} = 31,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{5,43 \cdot 10^5}{0,15}} = 4883,2 \text{ mm} \quad (3.31)$$

$L_{\text{max}}$	[mm]	največja dopustna razdalja med ležaji polžastega transporterja
$I$	[mm <sup>4</sup> ]	vztrajnostni moment gredi
$q_0$	[N/mm]	teža gredi z vijačnico na milimeter dolžine (iz programa Solidworks)

Določimo:  $L_{\text{max}} = 3000 \text{ mm}$

$$I = \frac{d_z^4 - d_n^4}{17} = \frac{70^4 - 62^4}{17} = 5,43 \cdot 10^5 \text{ mm}^4 \quad (3.32)$$

$I$	[mm <sup>4</sup> ]	vztrajnostni moment gredi
$d_z$	[mm]	zunanji premer cevi gredi
$d_n$	[mm]	notranji premer cevi gredi

$d_z = 70 \text{ mm}$	– zunanji premer cevi (določeno iz strojniškega priročnika)
$d_n = 62 \text{ mm}$	– notranji premer cevi (določeno iz strojniškega priročnika)
$q_0 = 150 \text{ N/m}$	– teža gredi z vijačnico (iz programa Solidworks)

**Dejanski povos gredi polža zaradi lastne teže:**

$$f = \frac{5 \cdot q_0 \cdot L_{max}^4}{384 \cdot E \cdot I} \leq f_{dop} \Rightarrow f = \frac{5 \cdot 0,15 \cdot 3000^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 5,43 \cdot 10^5} = 1,39 \text{ mm} \leq f_{dop} = 6 \text{ mm} \quad (3.33)$$

$f$	[mm]	dejanski povos gredi polža zaradi lastne teže
$q_0$	[N/mm]	teža gredi z vijačnico, dobljena iz programa Solidworks
$L_{max}$	[mm]	največja dopustna razdalja med ležaji polžastega transporterja
$E$	[N/mm <sup>2</sup> ]	modul elastičnosti materiala gredi
$I$	[mm <sup>4</sup> ]	vztrajnostni moment gredi
$f_{dop}$	[mm]	dopustni povos gredi polža

$$f_{dop} = \frac{L_{max}}{500} = \frac{3000}{500} = 6 \text{ mm} \quad (3.34)$$

$f_{dop}$	[mm]	dopustni povos gredi polža
$L_{max}$	[mm]	največja dopustna razdalja med ležaji polžastega transporterja

**Trdnostna kontrola vijačnice polža**

Priporočena dopustna napetost materiala polža je 60 MPa [2].

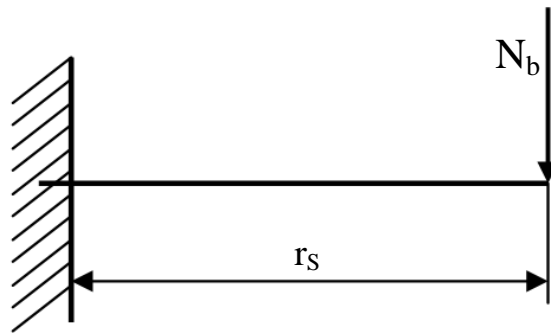
$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{N_b \cdot r_s}{W} = \frac{84,2 \cdot 70}{780} = 7,56 \text{ MPa} \leq \sigma_{dop} = 60 \text{ MPa} \quad (3.35)$$

$\sigma$	[MPa]	izračunana napetost polža
$M$	[Nm]	moment na vijačnici
$W$	[mm <sup>3</sup> ]	odpornostni moment vijačnice
$N_b$	[N]	normalna sila na en ovoj vijačnice
$r_s$	[mm]	radij, na katerem prejme aksialna sila

$$N_b = \frac{N}{n_{ovojev}} = \frac{1578,8}{18,75} = 84,2 \text{ N} \quad (3.36)$$

$N_b$	[N]	normalna sila na en ovoj vijačnice
$N$	[N]	normalna sila
$n_{ovojev}$	[ovojev]	število ovojev vijačnice polža





Slika 3.2: Normalna sila na en ovoj vijačnice

$$n_{ovojev} = \frac{L_{max}}{s} = \frac{3}{0,16} = 18,75 \text{ ovojev} \quad (3.37)$$

$n_{ovojev}$ [ovojev]	število ovojev vijačnice polža
$L_{max}$ [m]	največja dopustna razdalja med ležaji polžastega transporterja
$s$ [m]	vzpon vijačnice polža

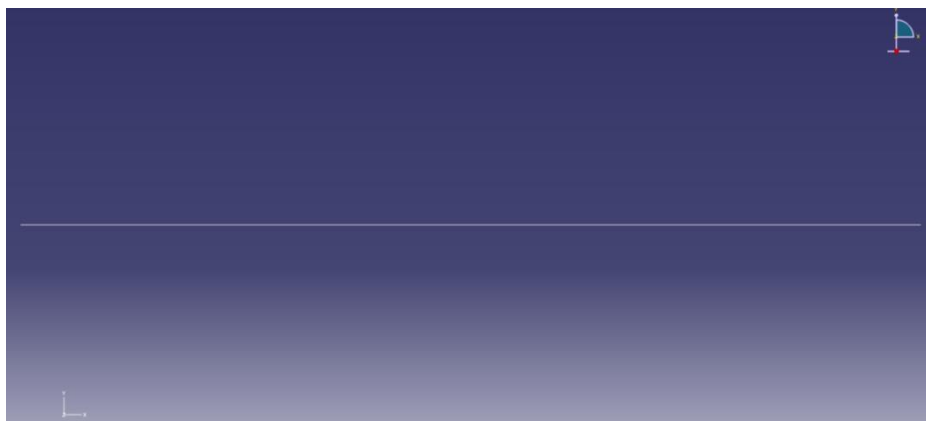
$$W = \frac{2 \cdot a \cdot h^2}{6} = \frac{2 \cdot 65 \cdot 6^2}{6} = 780 \text{ mm}^3 \quad (3.38)$$

$W$ [mm <sup>3</sup> ]	odpornostni moment vijačnice
$a$ [mm]	višina vijačnice polža
$h$ [mm]	debelina pločevine vijačnice polža

$h = 6 \text{ mm}$  – debelina pločevine

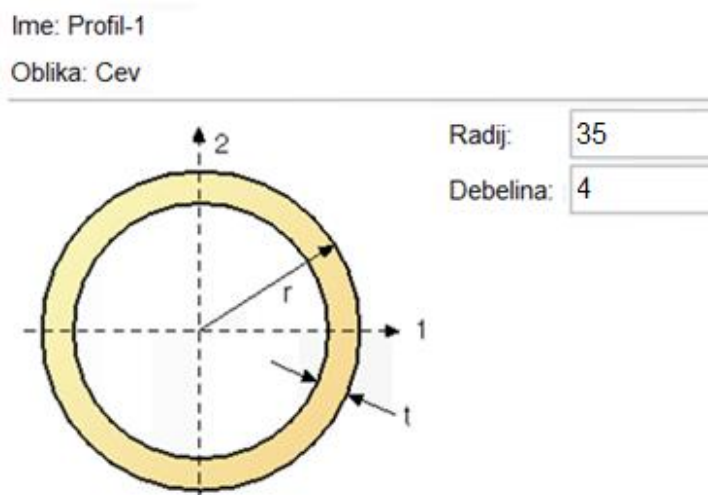
### 3.5 Kontrola povesa gredi v programu Abaqus

Za preračun kombinacije napetosti, ki se pojavljajo na gredi z vijačnico (nateg in upogib), se je uporabil tudi program Abaqus. Program omogoča preračun modelov z metodo končnih elementov (MKE). Zaradi poenostavitve se ni izdelal model celotne vijačnice, temveč se je izdelal žični model s profilom cevi.



Slika 3.3: Žični model gredi z dolžino 3000 mm

Vstavitve dimenzij v program Abaqus:



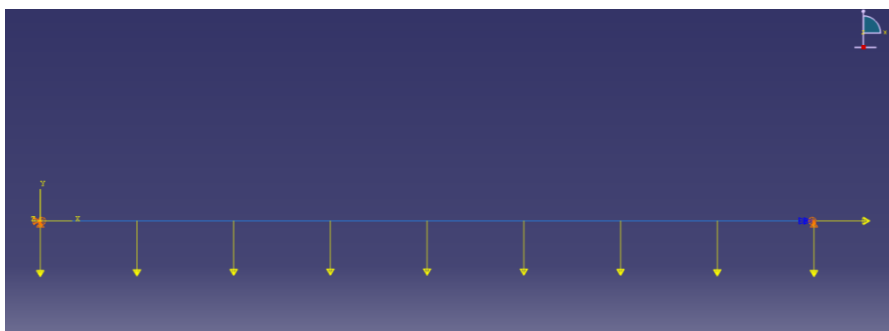
Slika 3.4: Izdelava profila v programu Abaqus

Po vstavitvi materialnih lastnosti (modul elastičnosti, Poissonovo število in gostota) in mreženju modela so bili vstavljeni robni pogoji. Na levem koncu gredi je členkasta podpora brez pomikov v smereh  $x$  in  $y$ , na desnem koncu pa je členkasta podpora s omogočenim pomikom v  $x$ -smeri (slika 3.5).



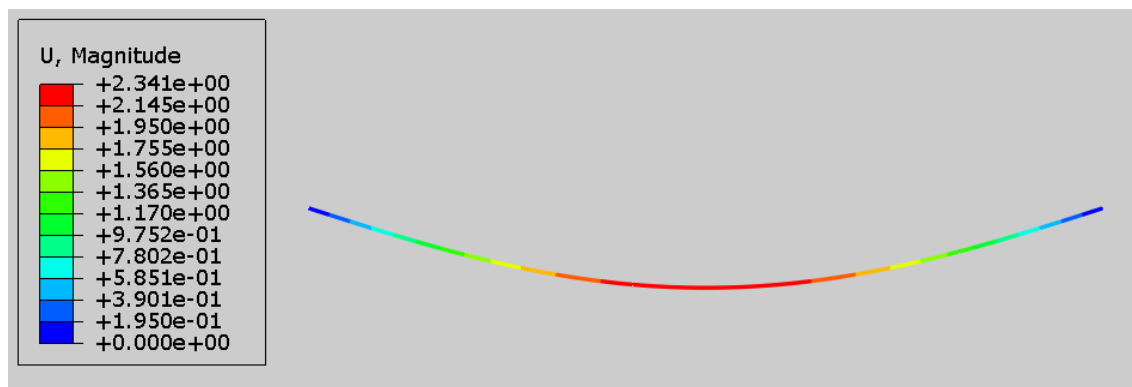
Slika 3.5: Podpore gredi

Vstavljenе obremenitve so teža gredi in aksialna sila na gredi (na skrajni desni, nateg):



Slika 3.6: Obremenitve na gredi

Rezultati preračuna:



Slika 3.7: Rezultati preračuna; pomiki v mm

Rezultati pokažejo maksimalen upogib na gredi, ki znaša 2,34 mm (slika 3.7) in maksimalno primerjalno napetost na gredi, ki znaša 17 MPa. Pri teh podatkih je treba upoštevati dejstvo, da so dejanski rezultati nekoliko manjši, saj pri tem modelu ni upoštevana vijavnica na gredi. Kljub temu upogib in največja napetost zadostujeta dopustnemu upogibu in dopustni napetosti. Po pregledu rezultatov je polmer gredi nekoliko predimenzioniran, vendar

je treba upoštevati nehomogenost transportiranega materiala in ekstremne primere (ki niso znani) in se pred njimi zavarovati. Gred ima tako primerne dimenzije.

### 3.6 Geometrija vijačnice

$$a = \frac{1}{2} \cdot (D - d_z) = \frac{1}{2} \cdot (0,2 - 0,07) = 0,065 \text{ m} \quad (3.39)$$

$a$	[m]	višina vijačnice polža
$D$	[m]	zunanji premer vijačnice
$d_z$	[m]	zunanji premer cevi gredi

$$r_n = \frac{a \cdot O_n}{O_z - O_n} = \frac{0,065 \cdot 0,272}{0,648 - 0,272} = 0,047 \text{ m} \quad (3.40)$$

$r_n$	[m]	polmer notranjega kroga za izrez pločevine vijačnice
$a$	[m]	višina vijačnice polža
$O_n$	[m]	obseg notranjega roba za 1 navoj vijačnice
$O_z$	[m]	obseg zunanjega roba za 1 navoj vijačnice

$$O_z = \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + s^2} = \sqrt{\pi^2 \cdot 0,2^2 + 0,16^2} = 0,648 \text{ m} \quad (3.41)$$

$O_z$	[m]	obseg zunanjega roba za 1 navoj vijačnice
$D$	[m]	zunanji premer vijačnice
$s$	[m]	vzpon vijačnice polža

$$O_n = \sqrt{\pi^2 \cdot d_z^2 + s^2} = \sqrt{\pi^2 \cdot 0,07^2 + 0,16^2} = 0,272 \text{ m} \quad (3.42)$$

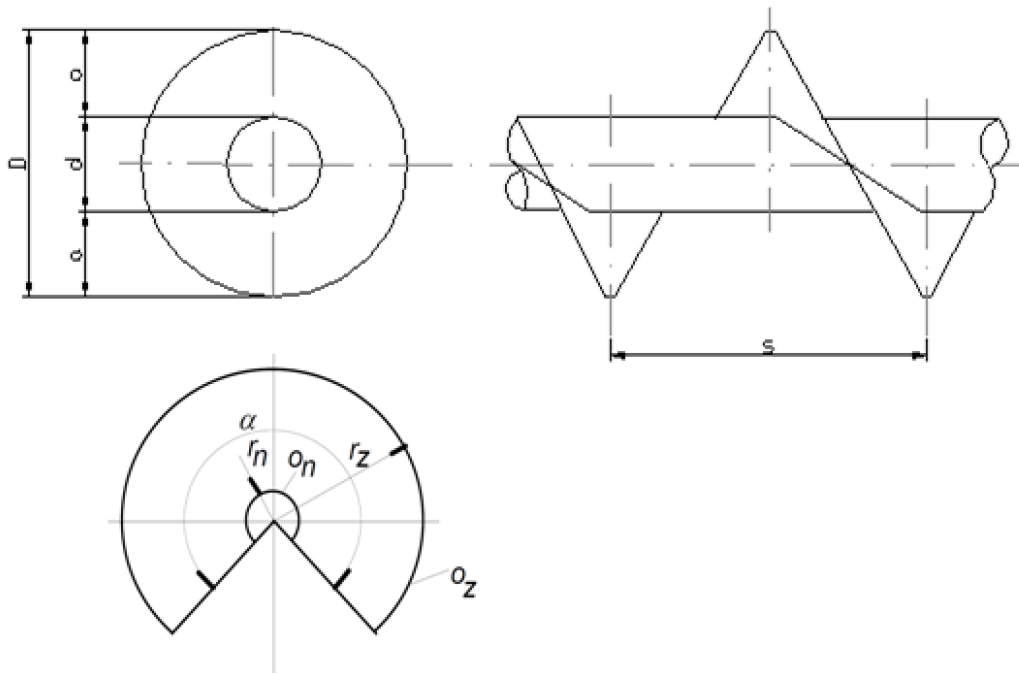
$O_n$	[m]	obseg notranjega roba za 1 navoj vijačnice
$d_z$	[m]	zunanji premer cevi gredi
$s$	[m]	vzpon vijačnice polža

$$R_z = r_n + a = 0,047 + 0,065 = 0,112 \text{ m} \quad (3.43)$$

$R_z$	[m]	polmer zunanjega kroga za izrez pločevine vijačnice
$r_n$	[m]	polmer notranjega kroga za izrez pločevine vijačnice
$a$	[m]	višina vijačnice polža

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{O_z}{R_z} = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{0,648}{0,112} = 331,5^\circ \quad (3.44)$$

$\alpha$	[°]	kot dela kolobarja za 1 navoj vijačnice
$O_z$	[m]	obseg zunanjega roba za 1 navoj vijačnice
$R_z$	[m]	polmer zunanjega kroga za izrez pločevine vijačnice



Slika 3.8: Geometrija vijačnice

## 4 ZASNOVA NAPRAVE IN 3D MODEL

### 4.1 Izbira elektromotorja

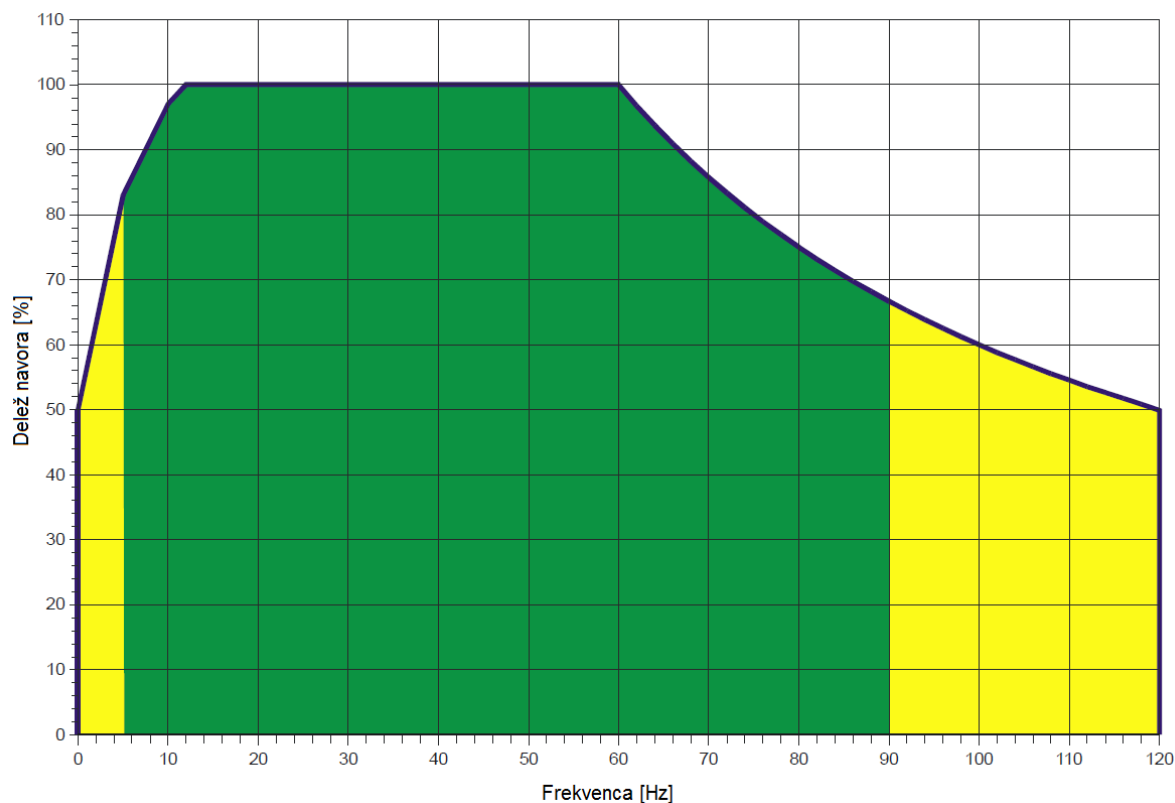
Elektromotor je izbran iz katalogov proizvajalca NORD, s katerim so pri podjetju MD Inženiring že poslovali. Pri preračunu je bila izbrana moč elektromotorja 2,2 kW, vendar je zaradi doseganja potrebnega vrtilnega momenta potrebno izbrati tudi reduktor. Tako se lahko s frekvenčno regulacijo doseže najmanjša in največja želena vrtilna hitrost.

Potrebne vrtilne hitrosti za najmanjšo in največjo zmogljivost:

$$n_1 = 25 \text{ vrt/min} \quad \text{pri zmogljivosti } 0,5 \text{ t/h}$$

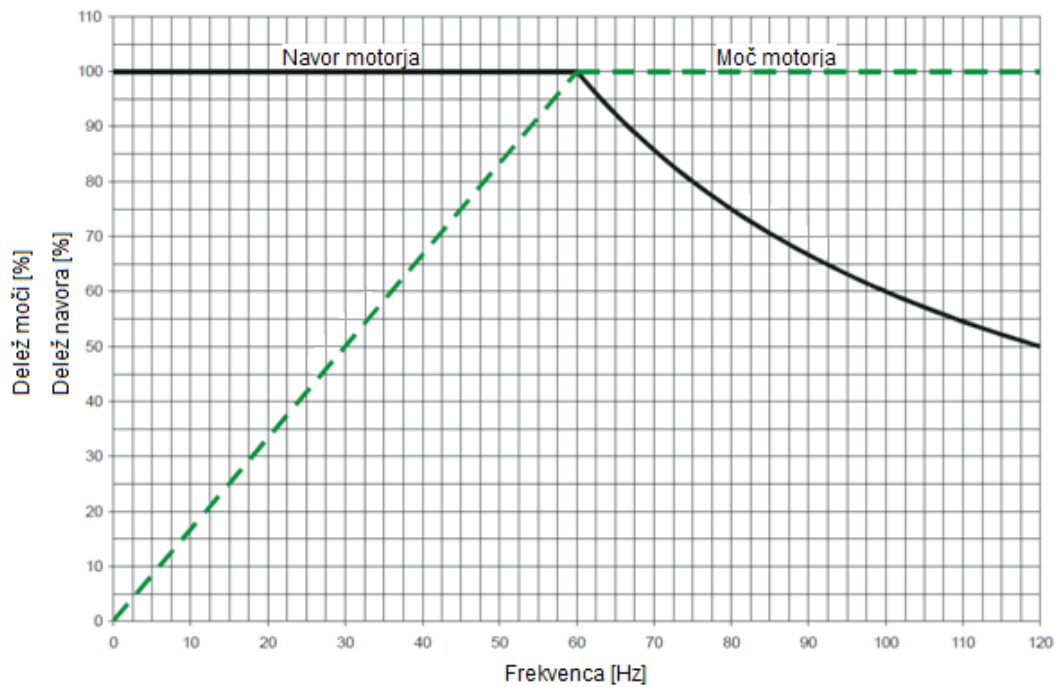
$$n_2 = 200 \text{ vrt/min} \quad \text{pri zmogljivosti } 4 \text{ t/h}$$

Elektromotorji proizvajalca NORD varno delujejo v frekvenčnem območju od 0 Hz do 120 Hz [11]. Temno osenčeno področje pod krivuljo na sliki (4.1) označuje območje varnega kontinuiranega obratovanja. Svetlo osenčeno območje pa označuje področje zmogljivosti pogojene z lastnostmi frekvenčnega regulatorja.



Slika 4.1: Delež maksimalnega navora elektromotorja v odvisnosti od frekvence

Pri frekvenčni regulaciji elektromotorja se bomo poskušali ohraniti v območju regulacije s konstantnim momentom, torej v območju ravne horizontalne črte na sliki (4.2). Za potreben izračunan moment se bo izbral reduktor za nominalno moč in navor elektromotorja, pri največji zmogljivosti transporterja. Tako se bo zagotovil potreben moment skozi celotno območje zmogljivosti naprave.



Slika 4.2: Delež navora in moči motorja v odvisnosti od frekvence; regulacija pri konstantnem navoru in konstantni moči

Izbira prestavnega razmerja reduktorja

$$i_{ges} = \frac{n_{EM2}}{n_2} = \frac{1500}{200} = 7,5 \quad (4.1)$$

$i_{ges}$	[/]	prestavno razmerje reduktorja
$n_{EM2}$	[vrt/min]	vrtljaji elektromotorja pri največji zmogljivosti naprave (4 t/h)
$n_2$	[vrt/min]	vrtljaji polžastega transporterja potrebni za največjo zmogljivost naprave (4 t/h)

Izbran reduktor iz kataloga NORD: **SK 92672**

Prestavno razmerje:  $i_{ges} = 6,78$

Izbran elektromotor moči 2,2 kW iz kataloga NORD: **100L/4**

Oznaka elektromotorja z reduktorjem (Priloga 1): **SK 92672 – 100L/4**

Izhodna vrtilna hitrost:  $n_2 = 212$  vrt/min

Izhodni moment:  $M_2 = 99$  Nm

Maksimalen izhodni moment:  $M_{2max} = 277,2$  Nm

Teža gonila: 51 kg

## 4.2 Izbira elastične sklopke

Za potrebe preprečevanja prenašanja radialne sile s polžnika polžastega transporterja na njegov pogon se bo med tema elementoma vgradila elastična sklopka. Izbira je odvisna od največjega momenta na vijačnici, dobljenega v enačbi (3.18).

$$M_{mot} = 84,04 \text{ Nm}$$

Tip – velikost poliamidne komponente izbrane zobate elastične sklopke [13]: **GF 42**

Vrtilni moment (normalen/maksimalen): 110 / 220 Nm

Faktor moči (normalen/maksimalen): 0,0113 / 0,0226 kW/min<sup>-1</sup>

Izbrana elastična sklopka (Priloga 2): **GF-LL 42**

Luknja v pestu na strani elektromotorja:  $\phi 30$ mm

Dolžina pesta na strani elektromotorja: 110 mm

Luknja v pestu na strani polžnika:  $\phi 30$ mm

Dolžina pesta na strani polžnika: 110 mm

## 4.3 Preračun moznikov in kontrola premera štrclja gredi

**Preračun moznikov [3]**

Obe gredi povezani z elastično sklopko imata enak premer in enake moznike, zato se je preračun izvedel enkrat za obe gredi.



Izbira moznika po SIST ISO 773 (DIN 6885), tip A

Premer gredi elektromotorja: 30 mm

Moznik: 8 x 7 mm

Nosilna dolžina moznika:  $l_t = 42$  mm

Površinski tlak med moznikom in pestom

$$p = k \cdot \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l_t \cdot i} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 84,04 \cdot 10^3}{30 \cdot (7 - 4,0) \cdot 42 \cdot 1} = 44,5 \text{ N/mm}^2 \quad (4.2)$$

$p$	[N/mm <sup>2</sup> ]	površinski tlak med moznikom in pestom
$T$	[Nmm]	vrtilni moment
$d$	[mm]	premer gredi
$h$	[Nmm]	višina moznika
$t_1$	[mm]	globina utora v gredi
$l_t$	[mm]	nosilna dolžina moznika
$i$	[/]	število moznikov
$k$	[/]	koeficient nošenja
		$k = 1$ pri $i = 1$
		$k \approx 1,35$ pri $i > 1$

Dopustni površinski tlak gradiva pesta

$$p_{dop} = \frac{R_e}{v_e} = \frac{285}{2} = 142,5 \text{ N/mm}^2 \quad (4.3)$$

$p_{dop}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	dopustni površinski tlak
$R_e$	[N/mm <sup>2</sup> ]	meja plastičnosti gradiva pesta
$v_e$	[/]	varnostni koeficient proti plastični deformaciji

Kontrola površinskega tlaka

$$p = 44,5 \text{ N/mm}^2 < p_{dop} = 142,5 \text{ N/mm}^2 \quad (4.4)$$

**Kontrola premera štrclja gredi [3]**

$$\tau_t = \frac{T}{W_t} = \frac{84040}{3515,2} = 23,9 \text{ N/mm}^2 \quad (4.5)$$

$\tau_t$	[N/mm <sup>2</sup> ]	največja vzvojna napetost
$T$	[Nmm]	vrtilni moment
$W_t$	[mm <sup>3</sup> ]	vzvojni odpornostni moment za gred z utorom za moznik

$$W_t = 0,2 \cdot (d - t_1)^3 = 0,2 \cdot (30 - 4)^3 = 3515,2 \text{ mm}^3 \quad (4.6)$$

$W_t$	[mm <sup>3</sup> ]	vzvojni odpornostni moment za gred z utorom za moznik
$d$	[mm]	premer gredi
$t_1$	[mm]	globina utora v gredi

$$\tau_{o \text{ dop}} = \frac{\tau_D \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{kt} \cdot v_{zg}} = \frac{190 \cdot 1,09 \cdot 0,909}{1,85 \cdot 1,7} = 59,9 \text{ N/mm}^2 \quad (4.7)$$

$\tau_{o \text{ dop}}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	tangencialna oblikovna dopustna napetost
$\tau_D$	[N/mm <sup>2</sup> ]	vzvojna trajna dinamična utripna trdnost
$b_1$	[/]	koeficient velikosti premera za $d = 30 \text{ mm}$
$b_2$	[/]	koeficient kvalitete površine za struženo površino N8 in jeklo E295
$\beta_{kt}$	[/]	koeficient zarezne učinka pri tangencialni obremenitvi
$v_{zg}$	[/]	varnostni koeficient pri zasnovi gredi

$$\beta_{kt} = \frac{\alpha_{kt}}{n_\chi} = \frac{2,8}{1,515} = 1,85 \quad (4.8)$$

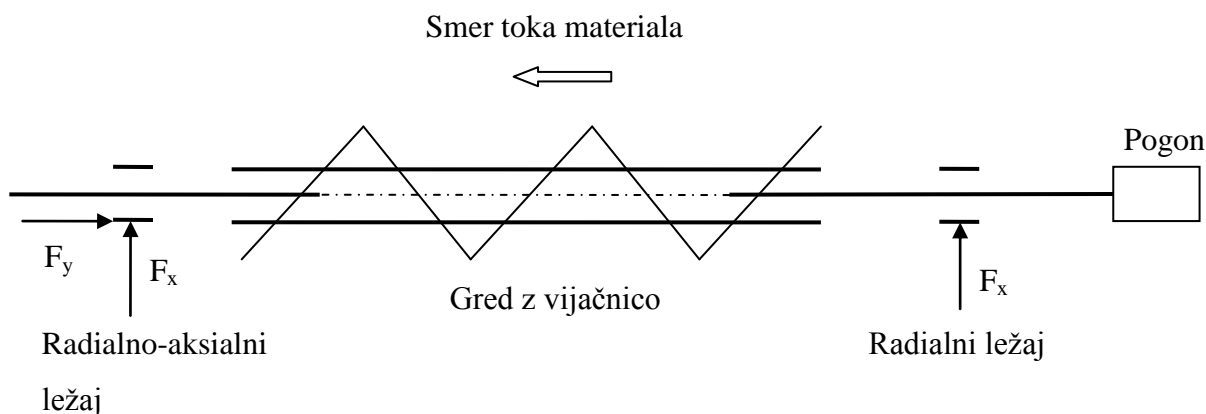
$\beta_{kt}$	[/]	koeficient zarezne učinka pri tangencialni obremenitvi
$\alpha_{kt}$	[/]	koeficient zarezne učinka pri tangencialni obremenitvi za utor za moznik
$n_\chi$	[/]	dinamični odpornostni koeficient za jeklo E295 in gradientom napetosti $\chi = 8,07$ [3]

$$\tau_t = 23,9 \text{ N/mm}^2 < \tau_{o \text{ dop}} = 59,9 \text{ N/mm}^2 \quad (4.9)$$

Izbran premer je ustrezen.

#### 4.4 Izbira ležajev

Izbira ležajev iz kataloga proizvajalca SKF poteka najprej glede na dimenzije gredi, nato pa se preveri nosilnost ležajev.



Slika 4.3: Diagram sil na polžniku

Preračun sil na ležajih

$$F_x = \frac{(q+q_0) \cdot g \cdot L_{cel} + F_R}{2} = \frac{(7,54+15) \cdot 9,81 \cdot 3 + 1200,5}{2} = 938,35 \text{ N} \quad (4.10)$$

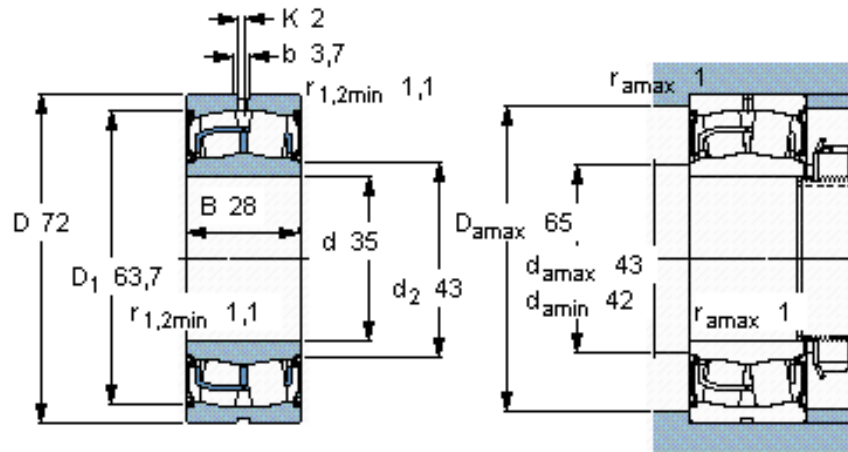
$F_x$	[N]	radialna obremenitev ležaja pri obratovanju
$q$	[kg/m]	metrska masa transportiranega materiala
$q_0$	[kg/m]	teža gredi z vijačnico na meter dolžine
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	težnostni pospešek
$L_{cel}$	[m]	celotna dolžina transporterja
$F_R$	[N]	radialna sila

$$F_y = F_A = 1243,2 \text{ N} \quad (4.11)$$

$F_y$	[N]	aksialna obremenitev ležaja pri obratovanju
$F_A$	[N]	aksialna sila

## Radialni ležaj

Premer gredi med polžnikom in pestom elastične sklopke na mestu ležaja: 35 mm. Izbran sodčkasti ležaj [12]: **BS2-2207-2CS/VT143**



Slika 4.4: Osnovne dimenzije radialnega ležaja

Dinamična nosilnost ležaja:  $C = 86,5 \text{ kN}$

Statična nosilnost ležaja:  $C_0 = 85 \text{ kN}$

Dinamična obremenitev ležaja

$$P = F_x = 938,35 \text{ N} \quad (4.12)$$

$P$  [N] dinamična ekvivalentna obremenitev ležaja

$F_x$  [N] radialna obremenitev ležaja pri obratovanju

$$P = 938,35 \text{ N} < C = 86,5 \text{ kN} \quad (4.13)$$

$P$  [N] dinamična ekvivalentna obremenitev ležaja

$C$  [kN] dinamična nosilnost ležaja iz kataloga

Približni izračun življenjske dobe [3]

$$L = L_0 \cdot \left(\frac{f_g \cdot C}{P}\right)^x = 10^6 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot 86500}{938,35}\right)^{10/3} = 3,54 \cdot 10^{12} \quad (4.14)$$

$L$	[število vrtljajev]	življenjska doba ležaja
$L_0$	[število vrtljajev]	osnovna življenjska doba ležaja; $L_0 = 10^6$ vrtljajev
$C$	[kN]	dinamična nosilnost ležaja iz kataloga
$P$	[N]	dinamična ekvivalentna obremenitev ležaja
$f_\theta$	[/]	temperaturni koeficient ležaja
$x$	[/]	eksponent
		$x = 3$ kroglični ležaj
		$x = 10/3$ valjni, iglični, stožčasti in sodčkasti ležaj

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n} = \frac{5,43 \cdot 10^{12}}{60 \cdot 200} = 2,95 \cdot 10^8 \text{ h} \quad (4.15)$$

$L_h$	[h]	življenjska doba ležaja v obratovalnih urah
$L$	[število vrtljajev]	življenjska doba ležaja
$n$	[vrt/min]	vrtljna hitrost ležaja (upoštevana največja)

### Radialno-aksialni ležaj

Premer gredi na mestu ležaja: 35 mm. Izbran sodčkasti ležaj [12]: **BS2-2207-2CS/VT143**

Računski koeficienti:

$$e = 0,31$$

$$X = 0,67$$

$$Y = 3,3$$

Dinamična ekvivalentna obremenitev ležaja

$$P = X \cdot F_x + Y \cdot F_y = 0,67 \cdot 938,35 + 3,3 \cdot 1243,2 = 4731,3 \text{ N} \quad (4.16)$$

$P$	[N]	dinamična ekvivalentna obremenitev ležaja
$F_x$	[N]	radialna obremenitev ležaja pri obratovanju
$F_y$	[N]	aksialna obremenitev ležaja pri obratovanju
$X$	[/]	dinamični radialni koeficient ležaja
$Y$	[/]	dinamični aksialni koeficient ležaja

$$P = 4731,3 \text{ N} < C = 96,5 \text{ kN} \quad (4.17)$$

$P$  [N] dinamična ekvivalentna obremenitev ležaja

$C$  [kN] dinamična nosilnost ležaja iz kataloga

Približni izračun življenjske dobe [3]

$$L = L_0 \cdot \left(\frac{f_\vartheta \cdot C}{P}\right)^x = 10^6 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot 86500}{4731,3}\right)^{10/3} = 1,6 \cdot 10^{10} \quad (4.18)$$

$L$  [število vrtljajev] življenjska doba ležaja

$L_0$  [število vrtljajev] osnovna življenjska doba ležaja;  $L_0 = 10^6$  vrtljajev

$C$  [kN] dinamična nosilnost ležaja iz kataloga

$P$  [N] dinamična ekvivalentna obremenitev ležaja

$f_\vartheta$  [/] temperaturni koeficient ležaja

$x$  [/] eksponent

$x = 3$  kroglični ležaj

$x = 10/3$  valjni, iglični, stožčasti in sodčkasti ležaj

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n} = \frac{1,6 \cdot 10^{10}}{60 \cdot 200} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ h} \quad (4.19)$$

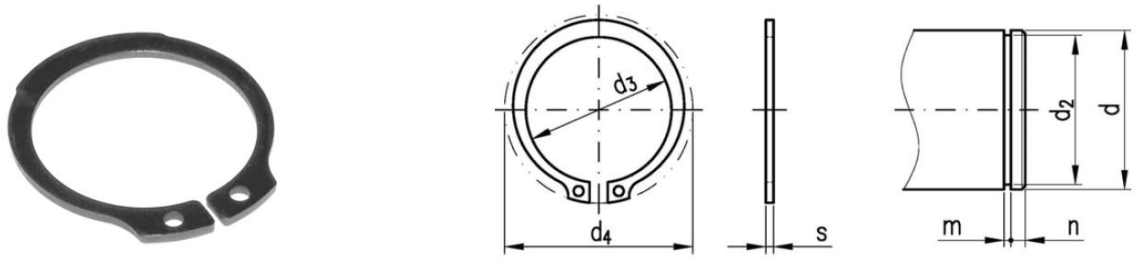
$L_h$  [h] življenjska doba ležaja v obratovalnih urah

$L$  [število vrtljajev] življenjska doba ležaja

$n$  [vrt/min] vrtilna hitrost ležaja (upoštevana največja)

## Vskočnik pri ležaju

Izbran vskočnik za premer gredi 35 mm po DIN 471 [3]:

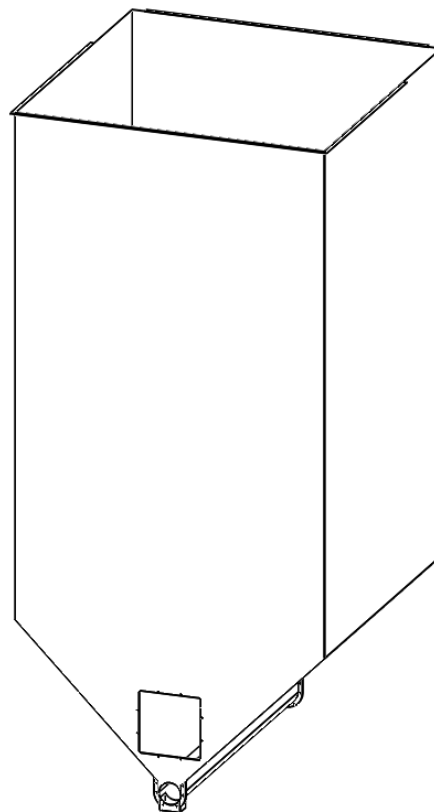


Slika 4.5: Osnovne dimenzije vskočnika

Preglednica 4.1: Dimenzije vskočnika iz slike (4.5) v mm

d	d <sub>3</sub>	odstopki	d <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>	toleranca	s	m <sub>H13</sub>	n <sub>min</sub>	Aksialna sila [N]
35	32,2	+0,25 -0,50	46,8	33,0	H12	1,5	1,6	3,0	26700

## 4.5 Zasnova zalogovnika



Slika 4.6: Dimetričen pogled na zalagovnik

Mere zalogovnika:

Višina: 6,55 m

Širina: 3 m

Dolžina: 3 m

Naklon spodnjih sten: 45°

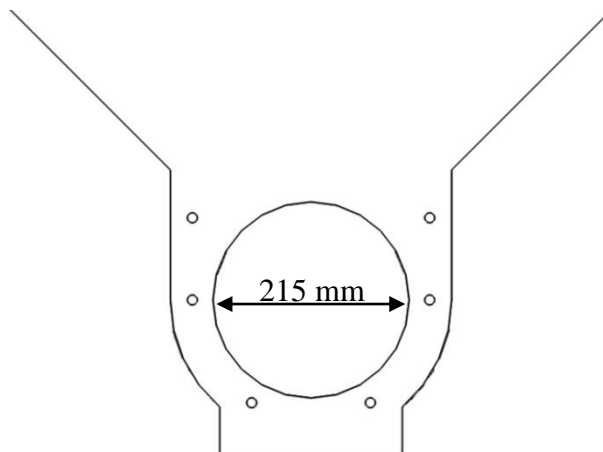
Širina korita je odvisna od granulacije materiala, določena je v enačbi (4.21), premer žleba prikazuje slika 4.7.

$$R_n = \frac{D}{2} + f_{max} + (2 \div 6) = \frac{200}{2} + 2,3 + 5,2 = 107,5 \text{ mm} \quad (4.20)$$

$R_n$	[mm]	polmer korita ali cevi
$D$	[mm]	zunanji premer vijačnice
$f_{max}$	[mm]	maksimalen povos gredi polža

$$D_n = 2 \cdot R_n = 215 \text{ mm} \quad (4.21)$$

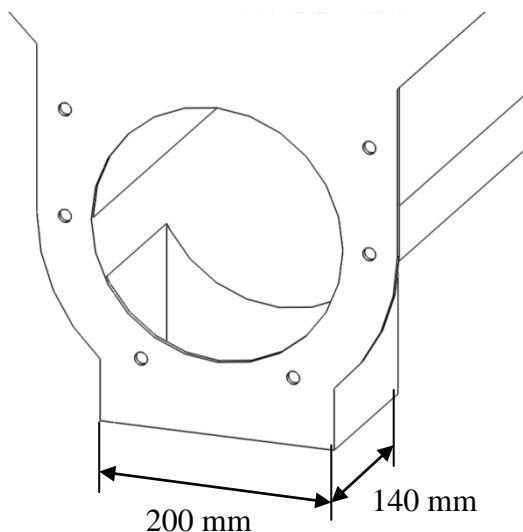
$D_n$	[mm]	premer korita ali cevi
$R_n$	[mm]	polmer korita ali cevi



Slika 4.7: Premer korita na zalogovniku



Odprtina za odvzem je dimenzionirana glede na priporočila v prilogi 4:



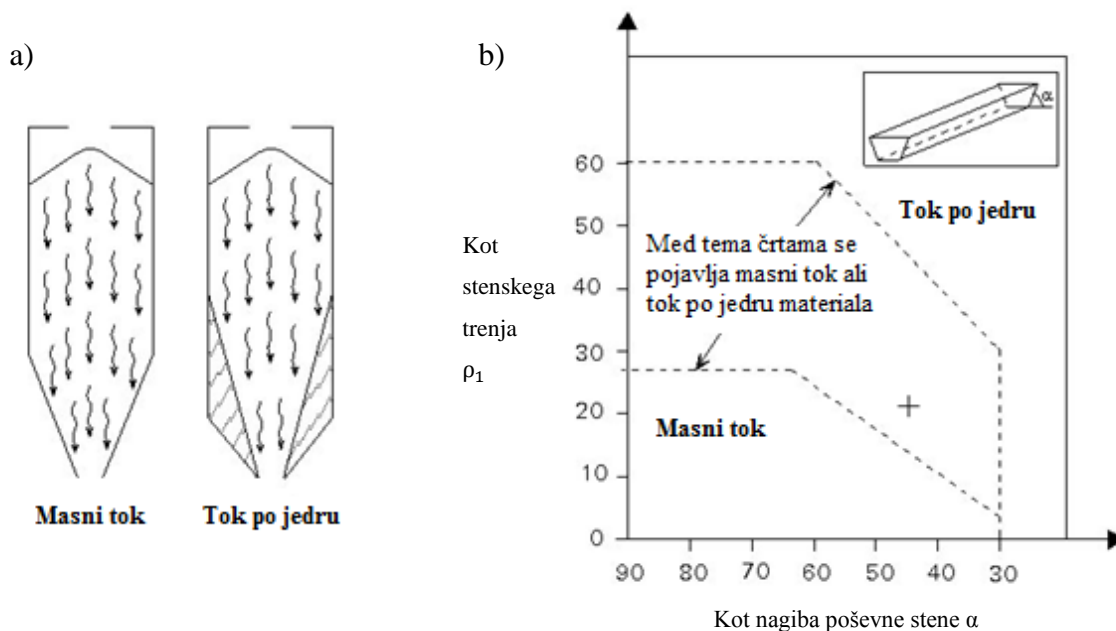
Slika 4.8: Dimenzije odprtine za odvzem materiala [2]

### Preračun sten zalogovnika

Za preračun sten se je najprej določil tip toka materiala. Pojavlja se lahko tako imenovani masni tok in tok po jedru materiala. Pri masnem toku vsa vsebina zalogovnika »teče« kot ena masa in material, ki je bil pri polnjenju najprej v zalogovniku, je najprej izpuščen pri praznjenju (slika 4.9a). Pri toku po jedru materiala se zalogovnik prazni po središčem delu in material, ki je bil pri polnjenju najprej v zalogovniku, se sprosti zadnji pri praznjenju (slika 4.9a).

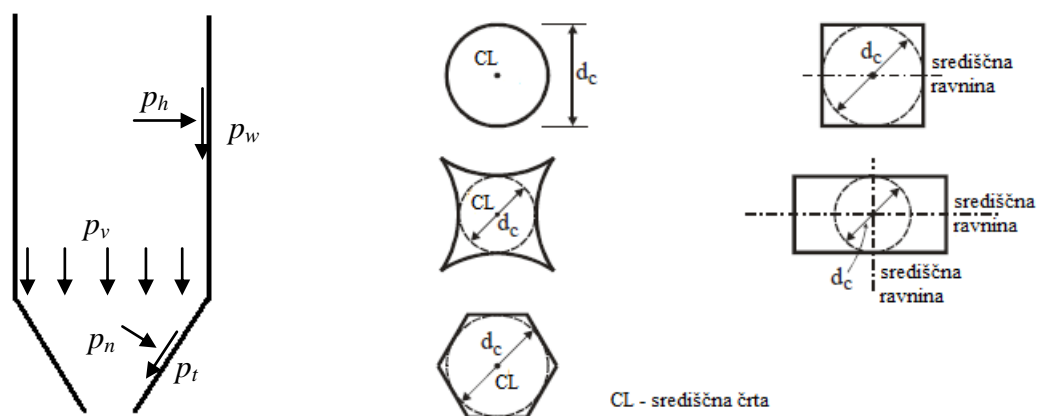
Obremenitev pri praznjenju zalogovnika je pogojena s tipom pretoka materiala, zato je treba oceniti tip toka pred preračunom. Tip toka je odvisen od kota stenskega trenja med materialom in steno zalogovnika, ter kota nagiba poševne stene zalogovnika (slika 4.9b).

Določitev tipa toka je z grafičnim načinom pokazala, da v obravnavanem zalogovniku prevladuje masni tok. Križec na sliki 4.9b prikazuje točko za nagib stene  $45^\circ$  in kot stenskega trenja  $24^\circ$ .



Slika 4.9: Tipa toka materiala in ocena tipa z grafičnim načinom

Za preračun obremenitev sten se je uporabila klasična Janssenova teorija (slika 4.9), nato so se preverile napetosti v stenah [14]. Za preračun se je uporabila debelina stene 4 mm. Opisan je samo preračun največje stene (6 m x 3 m) in poševne stene na dnu zalogovnika. Po potrebi so se po zunanji strani zalogovnika razporedili C – profili, ki razbremenjujejo napetosti v stenah. Nosilnost sten se je preverila tudi z MKE v programu Abaqus.



Slika 4.10: Pritisne sile na stene silosa in prerezi oblik [15]

Pritisna sila na steno [14]

$$p_h = \frac{\rho \cdot d_c}{4 \cdot \mu} (1 - e^{-4\mu K_j z / d_c}) = \frac{2400 \cdot 3}{4 \cdot 0,45} (1 - e^{-4 \cdot 0,45 \cdot 0,4 \cdot 5 / 3}) = 2795,2 \text{ N/m}^2 \quad (4.22)$$

$p_h$	[N/m <sup>2</sup> ]	pritisk na steno zalogovnika zaradi materiala
$\rho$	[N/m <sup>3</sup> ]	gostota materiala v zalogovniku
$d_c$	[m]	hidravlični premer zalogovnika
$\mu$	[/]	koeficient stenskega trenja
$K_j$	[/]	Janssenovo razmerje med horizontalnim in vertikalnim pritiskom: $K_j = 0,3 \div 0,6$ [14]
$z$	[m]	višina materiala v zalogovniku

Vertikalni pritisk materiala

$$p_v = \frac{p_h}{K_j} = \frac{2795,2}{0,4} = 6988 \text{ N/m}^2 \quad (4.23)$$

$p_v$	[N/m <sup>2</sup> ]	vertikalni pritisk materiala v zalogovniku
-------	---------------------	--

Strižna sila na površini stene v smeri praznjenja

$$p_w = \mu \cdot p_h = 0,45 \cdot 2795,2 = 1257,8 \text{ N/m}^2 \quad (4.24)$$

$p_w$	[N/m <sup>2</sup> ]	strižna sila na površini stene v smeri praznjenja
-------	---------------------	---

Pritisna sila na poševno steno na dnu zalogovnika [15]

$$p_n = p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2})^{0,5} = 5399,4 \text{ N/m}^2 \quad (4.25)$$

$p_n$	[N/m <sup>2</sup> ]	normalen pritisk na poševno steno na dnu zalogovnika
-------	---------------------	--

$$p_{n1} = p_{v0} (1,2 \cdot \cos^2 \alpha + 1,5 \cdot \sin^2 \alpha) = 8915,5 \text{ N/m}^2 \quad (4.26)$$

$p_{n1}$	[N/m <sup>2</sup> ]	pritisk materiala na vrhu poševne stene
$p_{v0}$	[N/m <sup>2</sup> ]	vertikalni pritisk materiala na prehodu med vertikalno in poševno steno
$\alpha$	[°]	kot poševne stene merjen od vertikale

$$p_{n2} = 1,2 \cdot p_{v0} \cdot \cos^2 \alpha = 3962,4 \text{ N/m}^2 \quad (4.27)$$

$p_{n2}$  [N/m<sup>2</sup>] pritisk materiala na dnu poševne stene

$$p_{n3} = \frac{A \rho K_j}{U \sqrt{\mu}} = 1366,6 \text{ N/m}^2 \quad (4.28)$$

$p_{n3}$  [N/m<sup>2</sup>] pritisk materiala na poševno steno

$A$  [m<sup>2</sup>] površina obravnavanega prereza zalogovnika

$U$  [m] obseg obravnavanega prereza zalogovnika

Strižna sila na površini poševne stene v smeri praznjenja

$$p_t = \mu \cdot p_n = 0,45 \cdot 5399,4 = 2429,7 \text{ N/m}^2 \quad (4.29)$$

$p_t$  [N/m<sup>2</sup>] strižna sila na površini poševne stene v smeri praznjenja

$p_n$  [N/m<sup>2</sup>] pritisk na poševno steno na dnu zalogovnika

Maksimalna napetost na steni [16]

$$\sigma_{\max h} = \frac{\beta_{1-3} p_n b^2}{t^2} = \frac{0,081 \cdot 2795,2 \cdot 6^2}{0,004^2} = 509,4 \text{ MPa} \quad (4.30)$$

$\sigma_{\max h}$  [MPa] največja napetost na steni zalogovnika

$\beta_{1-3}$  [/] koeficient iz tabele za obremenjeno ploščo, podprto na treh robovih (priloga 5)

$b$  [m] višina stene

$t$  [m] debelina stene

Maksimalna napetost na poševni steni [16]

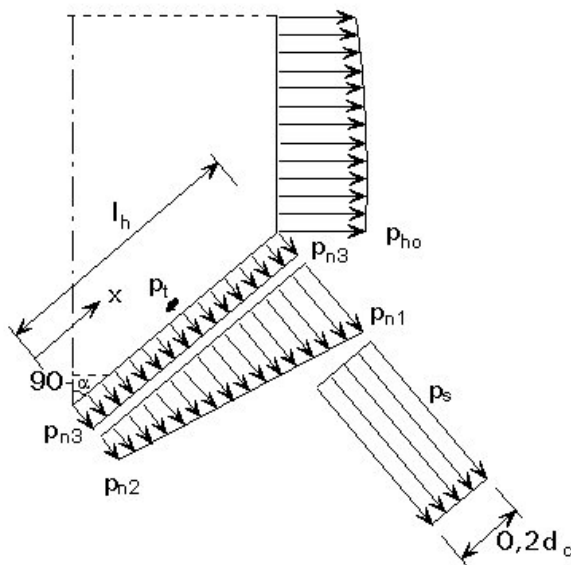
$$\sigma_{\max n} = \frac{\beta_{1-4} p_n b^2}{t^2} = \frac{0,468 \cdot 5399,4 \cdot 1,9^2}{0,008^2} = 142,5 \text{ MPa} \quad (4.31)$$

$\sigma_{\max n}$  [MPa] največja napetost na poševni steni zalogovnika

$\beta_{1-4}$  [/] koeficient iz tabele za obremenjeno ploščo, podprto na štirih robovih (priloga 5)

$b$  [m] višina stene

$t$  [m] debelina stene

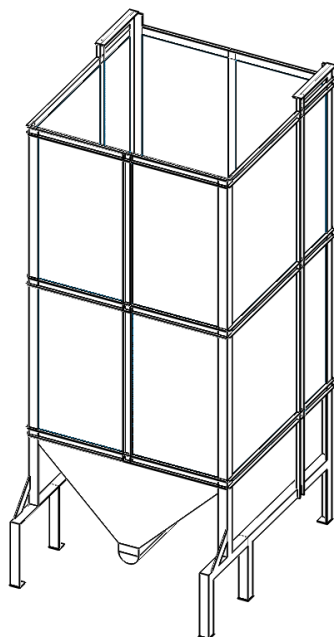


Slika 4.11: Obremenitve poševne stene na dnu zalagovnika

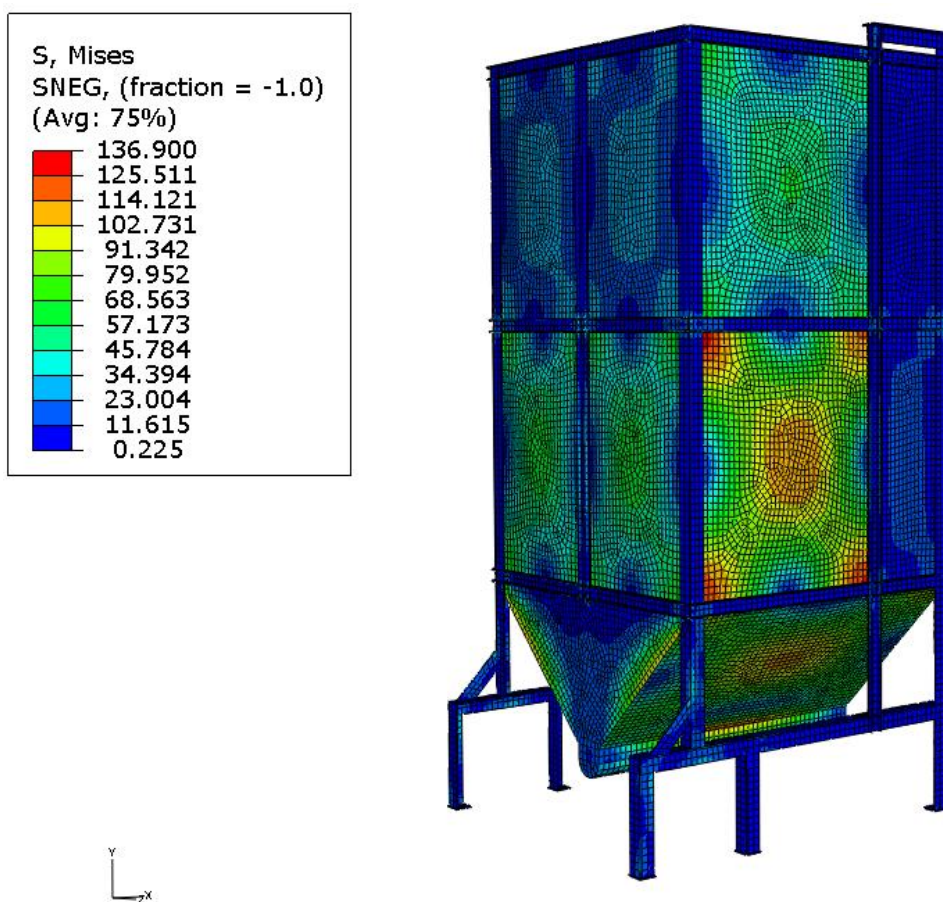
Debelina spodnjih poševnih sten je nekoliko večja od ostalih, saj te plošče nosijo vso težo shranjenega materiala razen tistega dela, kjer težo nosijo vertikalne stene s pomočjo trenja (slika 4.11). Dobljen rezultat napetosti za poševno steno je zadovoljiv. Pri dobljenem rezultatu za največjo napetost na steni zalagovnika (509,4 MPa) pa se sklepa, da je potrebno steno podpreti z mrežo iz C – profilov (standardne velikosti 120 x 55 mm), ki razdeli steno na štiri odseke (slika 4.10).

Tako sledi ponoven preračun največje napetosti za podprto steno in preračun modela v programu Abaqus, kjer so se tudi dodale aksialne sile ležajev.

$$\sigma_{\max h} = \frac{\beta_{1-4} p_h b^2}{t^2} = \frac{0,3078 \cdot 1480,4 \cdot 2,25^2}{0,004^2} = 144,2 \text{ MPa} \quad (4.32)$$



Slika 4.12: Zalogovnik s podprtimi stenami



Slika 4.13: Rezultati iz programa Abaqus; napetosti v MPa

### Praznjenje zalogovnika

Pri praznjenju zalogovnika, se pojavijo nekoliko večje obremenitve. Temu primerno je potrebno dobljene statične pritisne sile pomnožiti s koeficientoma  $C_w$  (za vertikalne obremenitve) in  $C_h$  (za horizontalne obremenitve).  $C_h$  se spreminja glede na material, dosega vrednosti od 1,3 (žito) do 1,45 (moka, pepel).  $C_w$  je enak za vse materiale, ima vrednost 1,1. Pri preračunu se je za  $C_h$  uporabila vrednost 1,3.

Na začetku preračuna sten se je določil tip toka materiala. Ta je pomemben pri praznjenju zalogovnika, saj je od njega odvisna dodatna kratkotrajna obremenitev pri začetku praznjenja na spodnjo poševno steno, ki nastane zaradi spremembe napetostnega stanja v materialu. Ta dodatna obremenitev se doda samo pri masnem toku materiala. Pri toku materiala po jedru se ta obremenitev absorbira, popolnoma izniči ali celo deluje v nasprotno smer, zato se pri tem tipu toka materiala ne upošteva. Dodatna obremenitev deluje le na zgornjem delu stene na razdalji  $0,2 \cdot d_c$  (slika 4.11). Empirično se njena vrednost izračuna po enačbi:

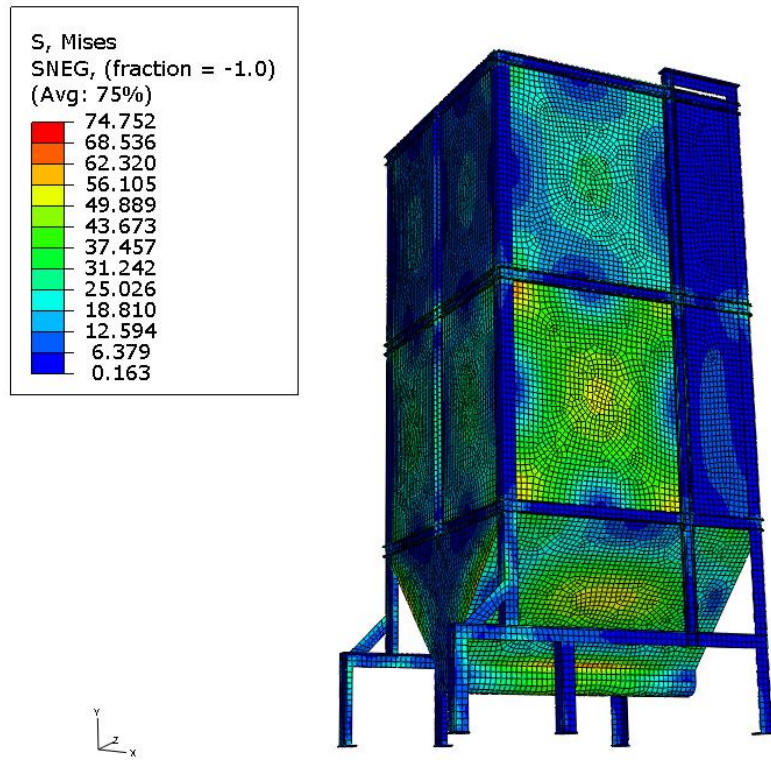
$$p_s = 2 \cdot p_{h0} \quad (4.33)$$

$p_s$	[N/m <sup>2</sup> ]	dodatna obremenitev stene na začetku praznjenja
$p_{h0}$	[N/m <sup>2</sup> ]	horizontalni pritisk materiala na prehodu med vertikalno in poševno steno

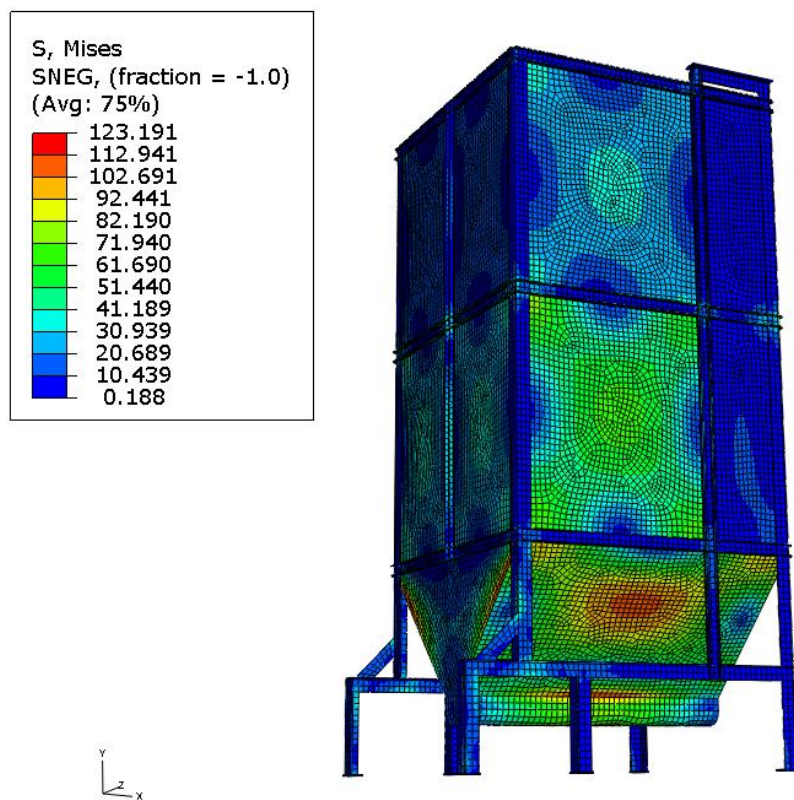
Pri zasnovi zalogovnika je potrebno upoštevati še druge vplive na stene, kot so korozija, temperaturno krčenje, vlaga, abrazija, udarne sile, razni vključki v materialu, itd. Ker je pri stenah zalogovnika potrebno doseči razumno varnost in z upoštevanjem različnih dejavnikov na stene, so se preverile različne debeline sten. Preverile so se debeline sten za 4, 5, 6 in 7 mm. Prav tako se je preverila debelina poševne stene za 8, 9, 10 in 11 mm. Na koncu sta bili izbrani debelina 4 mm za stene in 10 mm za poševne stene. Rezultate tako dimenzioniranega zalogovnika pri mirovanju materiala prikazuje slika 4.14 in slika 4.15, pri praznjenju zalogovnika.

$$\psi = \frac{R_e}{\sigma_{\max h}} = \frac{285}{123} = 2,31 \quad (4.34)$$

$\psi$	[/]	varnost
$R_e$	[MPa]	meja plastičnosti
$\sigma_{\max}$	[MPa]	največja napetost na steni zalogovnika



Slika 4.14: Napetosti na stenah zalogovnika v MPa v stanju mirovanja

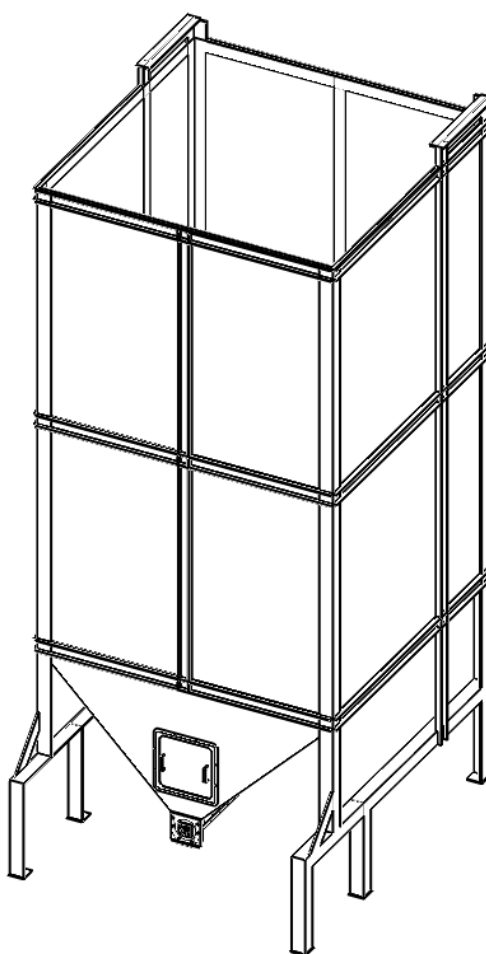


Slika 4.15: Napetosti na stenah zalogovnika v MPa pri praznjenju



## 4.6 Nosilna konstrukcija naprave

Nosilno breme prevzema konstrukcija zvarjena pretežno iz jeklenih enakokrakih kotnikov dimenzij 140x140x16 mm in C – profilov velikosti 120 x 55 mm [4], privarjenih na zalogovnik. Konstrukcija je zasnovana tako, da material pada iz izhoda naprave na tračni transporter pod napravo. Nad zalogovnikom pa so podpore za tračni transporter, ki polni napravo z materialom. Višina naprave od tal do podpor za tračni transporter nad napravo je 7,425 m.



Slika 4.16: Trimetričen pogled na napravo

Analitičen preračun temelji na teoriji uklona za dolžino najdaljšega nosilca  $L_i = 7400$  mm, kjer je uklonska dolžina enaka kot v tretjem primeru uklonskih obremenitev [4] (fiksno vpetje spodaj, zgoraj podprt nosilec).

Vitkost enega nosilca in najmanjša sila pri kateri se pojavlja uklon

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{vztr}} = \frac{L_i/2 \cdot 0,7}{i_{vztr}} = \frac{2590}{42,85} = 60,4 \quad (4.35)$$

$\lambda$	[/]	vitkost
$l_0$	[mm]	prosta uklonska dolžina
$i_{vztr}$	[mm]	vztrajnostni polmer

$$i_{vztr} = \sqrt{I_{min}/A} = \sqrt{775 \cdot 10^4 / 4220} = 42,85 \text{ mm} \quad (4.36)$$

$I_{min}$	[mm <sup>4</sup> ]	najmanjši aksialni vztrajnostni moment nosilca
$A$	[mm <sup>2</sup> ]	prerez nosilca

$$F_k = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_{min}}{l_0^2} = \pi^2 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 775 \cdot 10^4}{2590^2} = 2394535 \text{ N} \quad (4.37)$$

$F_k$	[N]	uklonska sila
$E$	[N/mm <sup>2</sup> ]	modul elastičnosti nosilca

Dejanska sila s katero lahko obremenimo nosilec

$$F = \frac{F_k}{v_u} = \frac{2394535}{5} = 478907 \text{ N} \quad (4.38)$$

$F$	[N]	dejanska dopustna sila za uklon
$F_k$	[N]	uklonska sila
$v_u$	[/]	varnostni faktor za uklon

Uklonska napetost

$$\sigma_k = \frac{F}{A} = \frac{478907}{4220} = 113,5 \text{ MPa} \quad (4.39)$$

$\sigma_k$	[MPa]	uklonska napetost
------------	-------	-------------------

Obremenitev enega nosilca

$$Q = \frac{(m_q + m + m_t) \cdot g}{4} = \frac{(2700 + 9000 + 3000) \cdot 9,81}{4} = 36052 \text{ N} \quad (4.40)$$

$Q$	[N]	obremenitev enega nosilca
$m_q$	[kg]	masa naprave brez nosilcev (iz programa Solidworks)
$m$	[kg]	masa materiala v zalogovniku
$m_t$	[kg]	masa dela tračnega transporterja z materialom nad zalogovnikom
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	težnostni pospešek

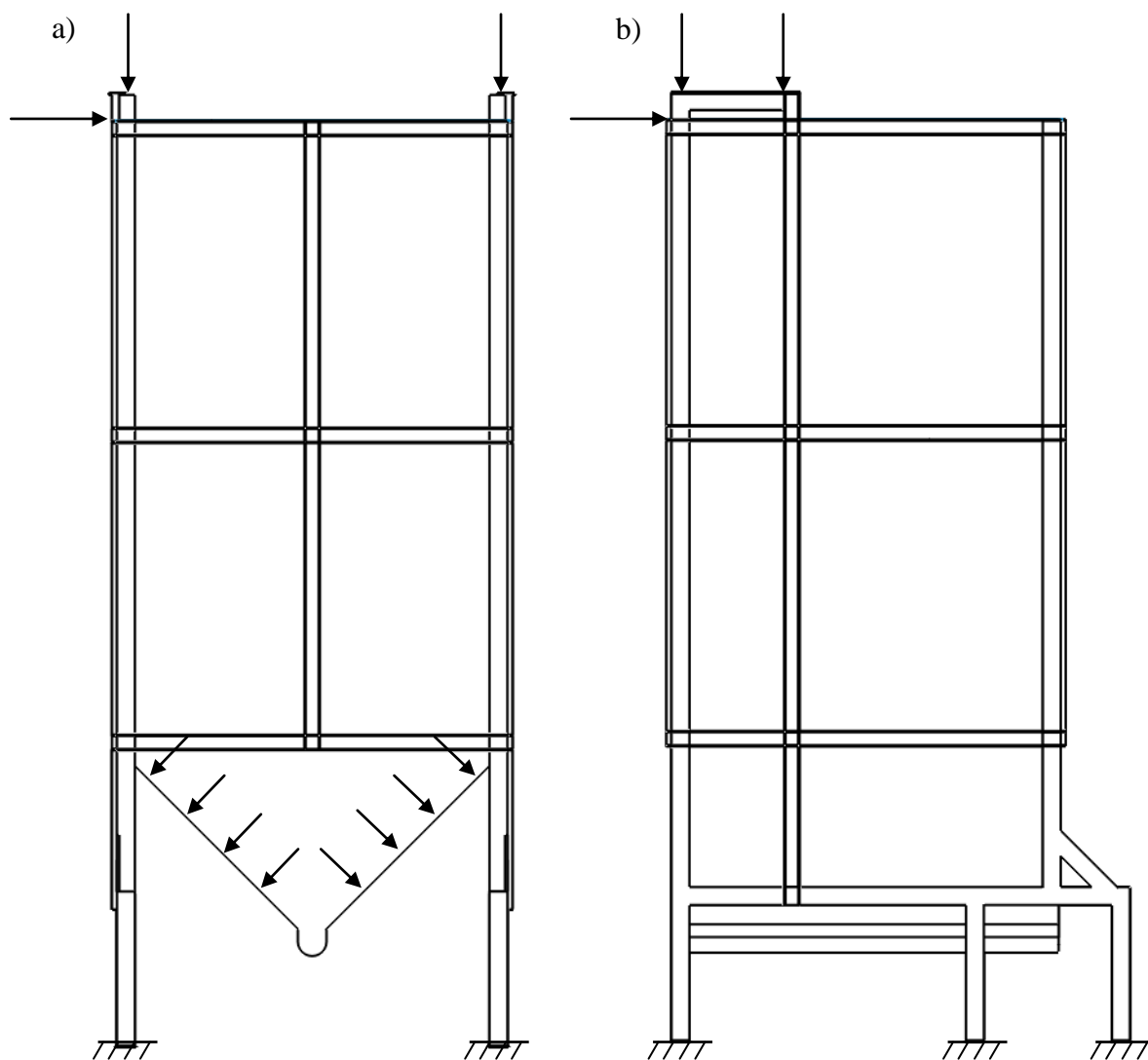
Kontrola obremenitve

$$Q = 36052 \text{ N} < F = 535203 \text{ N} \quad (4.41)$$

### Preračun primerjalnih napetosti v programu ABAQUS

Iz programa Solidworks vzet model naprave se je prenesel v program Abaqus, z eno poenostavitvijo. Ker je ta preračun namenjen samo za nosilno konstrukcijo naprave, se je zalogovnik obravnaval kot togo telo, ki se ni zmožno deformirati.

Podstavki oz. noge naprave so bili fiksno vpeti, nato se je modelu dodala obremenitev v obliki pritiskne sile na spodnjih dveh poševnih ploskvah zalogovnika (slika 4.10). Dodala se je tudi obremenitev na podporah za tračni transporter nad napravo. Prav tako se je dodala horizontalna obremenitev v velikosti 10% skupnih vertikalnih obremenitev, zaradi upoštevanja še drugih možnih vplivov na napravo (potres, itd.). Horizontalna obremenitev se je najprej dodala v eni smeri glede na napravo, nato pa v drugi smeri, pravokotno na prvo smer. Preračun se je tako izvedel za dva primera obremenitev (slika 4.13).

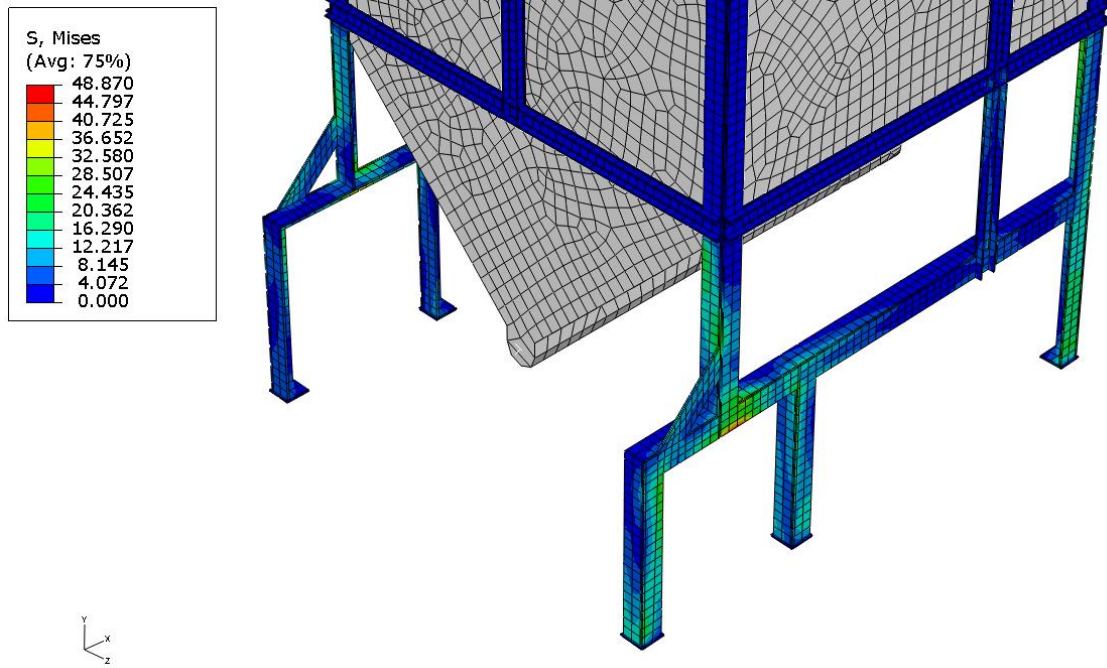


Slika 4.17: Vstavljene podpore in obremenitve v programu Abaqus; a) prvi primer obremenitve, b) drugi primer obremenitve

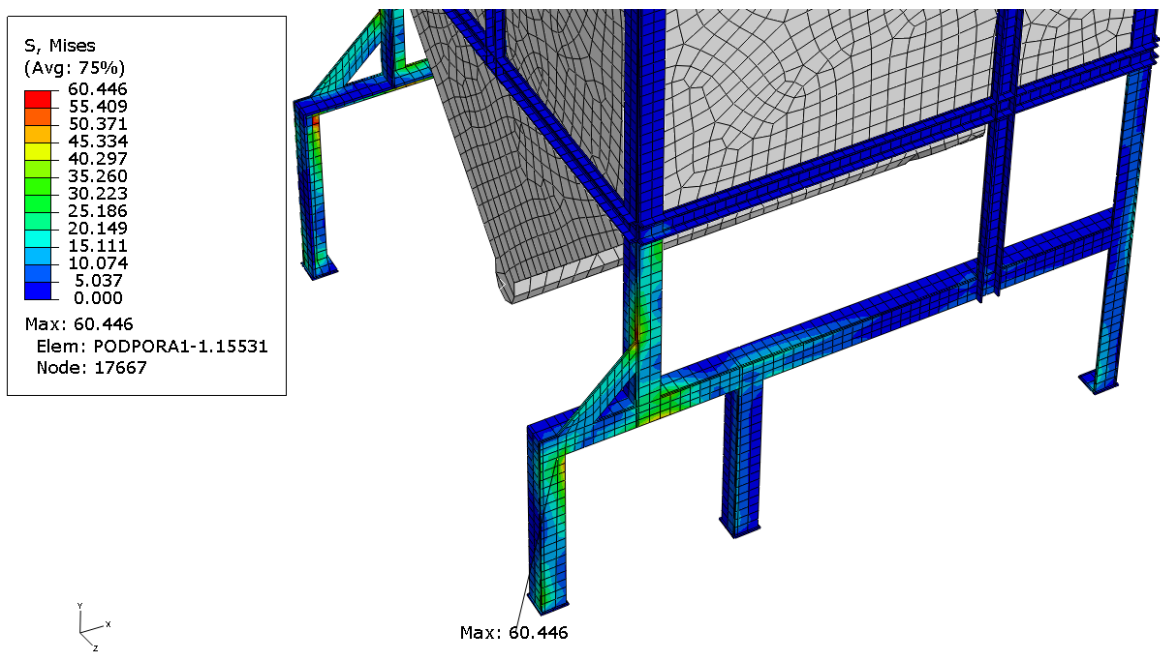
Iz rezultatov je razvidno da je največja primerjalna napetost v konstrukciji 60 MPa, pri drugem primeru obremenitve (slika 4.15). Meja plastičnosti materiala je 285 MPa. Tako se sklepa, da je varnost pred porušitvijo nekoliko pod 5. Takšna varnost je v tem primeru potrebna zaradi morebitnih (nedovoljenih) večjih horizontalnih obremenitev na napravo ter raznih vključkov v odpadnem materialu, ki bi utegnili povečati maso v zalogovniku.

$$\psi = \frac{R_e}{\sigma_{\max}} = \frac{285}{60} = 4,75 \quad (4.42)$$

$\psi$	[/]	varnost
$R_e$	[MPa]	meja plastičnosti



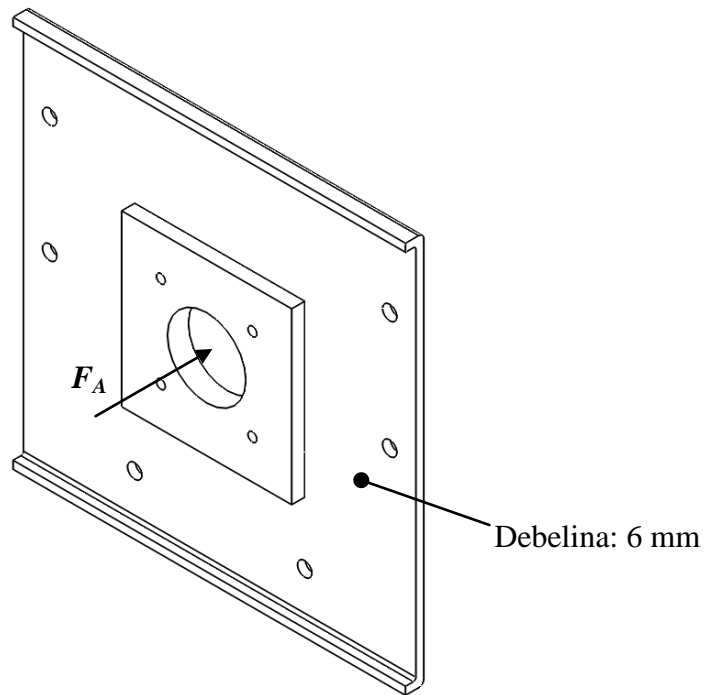
Slika 4.18: Rezultati primerjalne napetosti po Misesu v MPa, prvi primer obremenitve



Slika 4.19: Rezultati primerjalne napetosti po Misesu v MPa, drugi primer obremenitve

## 4.7 Prirobnica

Na prirobnico se prenašajo sile preko polžnika in ležaja. Tako se je preverila debelina prirobnice (slika 4.16) s pomočjo preračuna za steno z enakomerno obremenitvijo po središčnem pravokotnem območju [16].



Slika 4.20: Izometričen pogled na prirobnico

Maksimalna napetost na prirobnici (priloga 5)

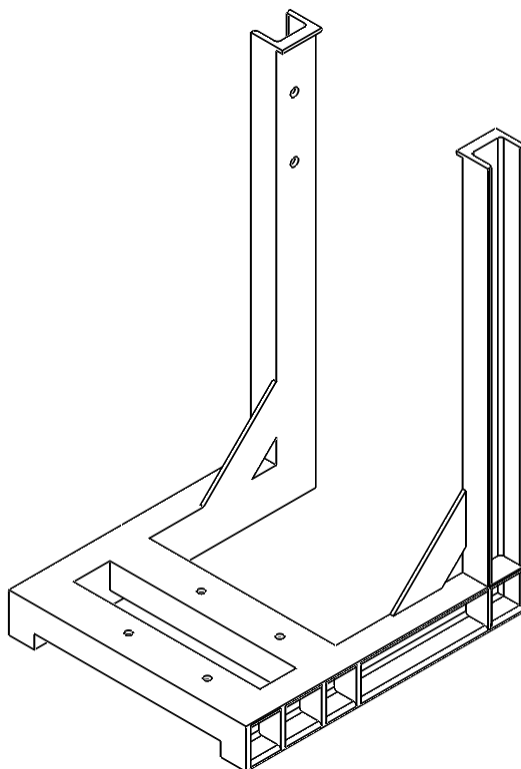
$$\sigma_{\max} = \frac{\beta F_A}{t^2} = \frac{0,84 \cdot 1243,2}{0,006^2} = 29 \text{ MPa} \quad (4.43)$$

$\sigma_{\max}$	[MPa]	največja napetost na prirobnici
$\beta$	[/]	koeficient za razmerje stranic iz tabele v prilogi 5
$t$	[m]	debelina stene

Iz preračuna dobljen rezultat je približno desetkrat manjši od meje plastičnosti materiala, zato debelina stene prirobnice ustreza.

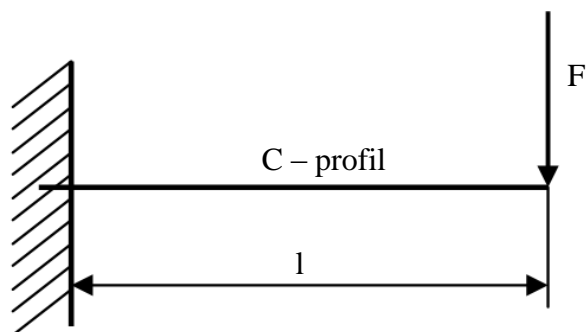
## 4.8 Nosilec elektromotorja

Nosilec elektromotorja je zasnovan tako, da je montaža elektromotorja z elastično sklopko čim lažja. Zvarjen je iz šestih C – profilov standardnih dimenzij 65 x 42 mm [4], različnih dolžin in z dodanimi rebri za čim večjo togost nosilca (slika 4.17).



Slika 4.21: Izometričen pogled na nosilec elektromotorja

Ker mora biti pozicija elektromotorja in izhodna gred reduktorja čim bolj soosna z gredjo polža, se je izvedel tudi preračun nosilca, najprej s poenostavljenim analitičnim primerom, nato pa z MKE v programu Abaqus. Izbrana elastična sklopka namreč dovoljuje 0,9 mm pomika gredi iz soosnega položaja in največji kot  $2^\circ$  [13]. Za oceno upogiba se je uporabil primer na sliki 4.14, kjer je raztezek zgornjih C – profilov zanemarjen, prav tako ni upoštevano težišče reduktorja z motorjem. Kasneje se je izvedel preračun v programu Abaqus.



Slika 4.22: Poenostavljen primer nosilca za oceno upogiba

Ocena upogiba enega C – profila

$$f_n = \frac{F_{EM} \cdot l_C^3}{3 \cdot E \cdot I_C} = \frac{250 \cdot 465^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 57,5 \cdot 10^4} = 0,07 \text{ mm} \quad (4.44)$$

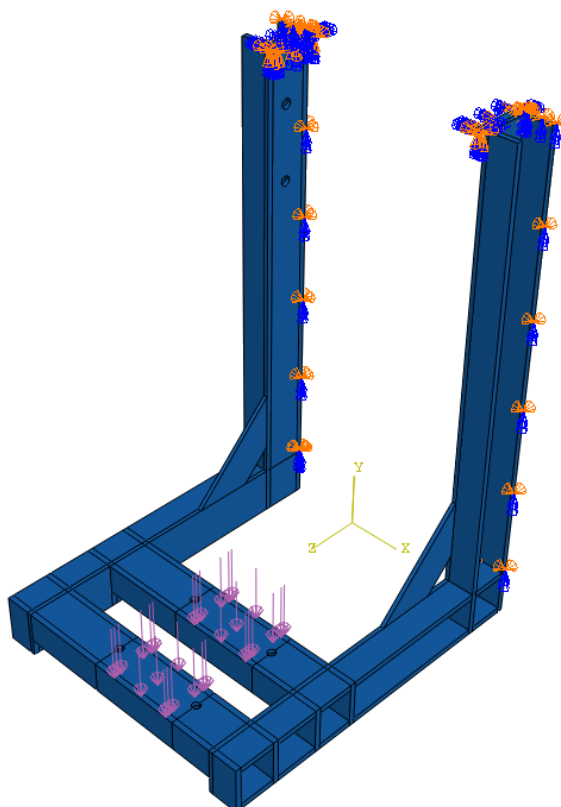
$f_n$	[mm]	upogib enega C – profila
$F_{EM}$	[N]	sila zaradi teže elektromotorja
$l_C$	[mm]	dolžina enega C – profila
$E$	[MPa]	elastični modul materiala
$I_C$	[mm <sup>4</sup> ]	vztrajnostni moment C – profila

### Preračun v programu Abaqus

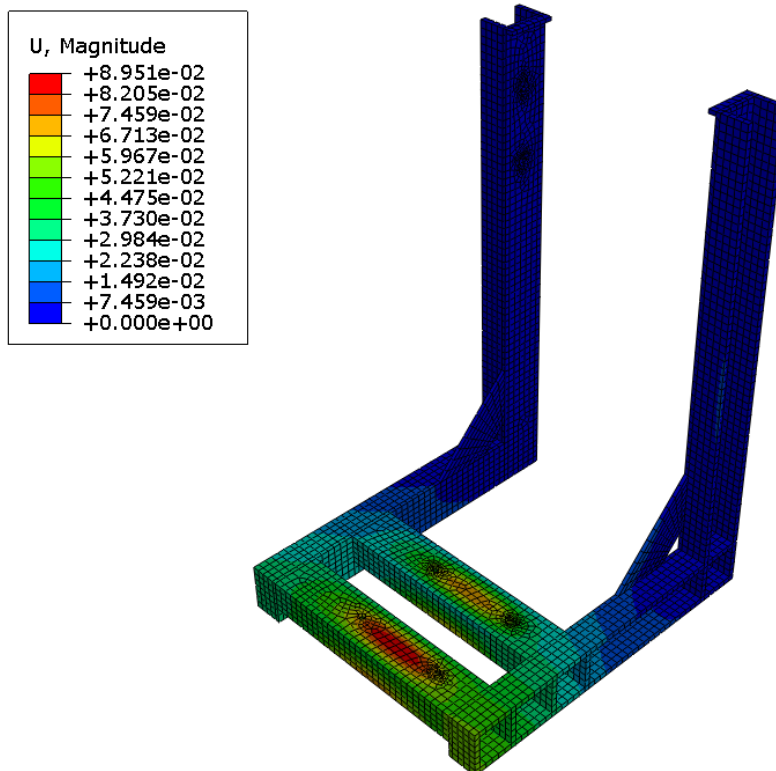
Na modelu je pločevina za pozicioniranje nosilca fiksno vpeta, preprečen je pomik v z in x smeri (zaradi zalogovnika), obremenitev pa je dodana na površini pri luknjah za pritrditev elektromotorja, kot prikazuje slika 4.14. Takšna obremenitev simulira obremenitev teže reduktorja z elektromotorjem.

Iz rezultatov je razvidno, da so pomiki, ki so za napravo zanimivi, okrog 0,045 mm (zeleno območje na sliki 4.15). Elastična sklopka dopušča pomik iz soosnosti 0,9 mm, tako da je nosilec primeren. Potrebno pa je paziti pri montaži elektromotorja na nosilec, če je ta slabo izdelan, in prilagoditi višino elektromotorja in s tem njegove izhodne gredi.





Slika 4.23: Podpore in obremenitev nosilca za elektromotor



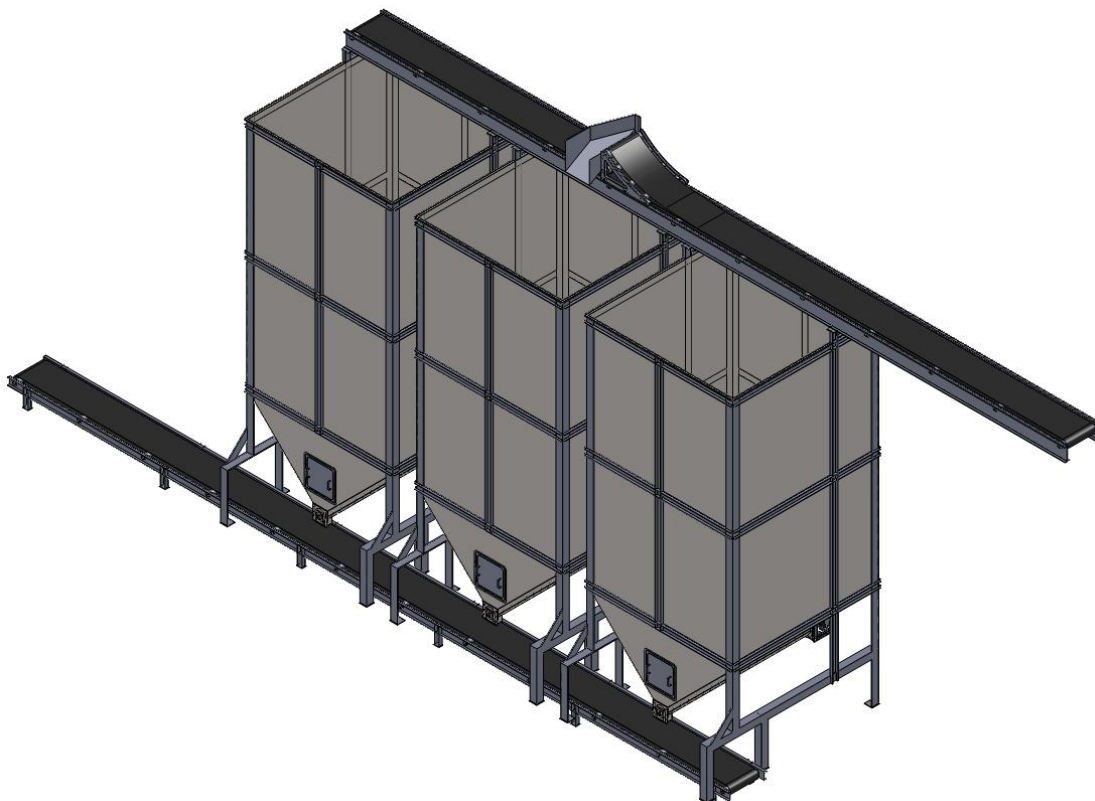
Slika 4.24: Rezultati iz programa Abaqus; pomiki v mm

## 5 ANALIZA ZASNOVE NAPRAVE

Po pregledu zasnove naprave je razvidno, da so zaradi nepoznavanja vseh lastnosti odpadnega materiala nekateri elementi predimenzionirani. To je zaradi ekstremnih primerov, ki se lahko pojavijo pri doziranju različnih materialov. Zato se je pri preračunu moči uporabil varnostni koeficient, ki je preračunano moč ustrezno povečal. Ta varnostni koeficient je bil izbran iz izkušenj podjetja MDI. Iz tako dobljene moči elektromotorja je nato sledilo dimenzioniranje ostalih delov naprave. Takšno predimenzioniranje je racionalizirano z ekonomskega vidika. Če bi se naprava dimenzionirala samo glede na podane okvirne podatke o materialu, ne bi morali zagotavljati njenega nemotenega obratovanja. To pa bi pomenilo neprimerno večji končni strošek, kot če se predhodno zagotovi nemoteno obratovanje naprave za nekoliko večjo ceno.

Zaradi nepoznavanja materialnih lastnosti so se iz izkušenj predpostavili tudi nekateri koeficienti v preračunu, ki pa se od dejanskih najverjetneje ne razlikujejo pretirano. Za popolno poznavanje vseh razmer pri drsenju materiala z vijačnico, z žlebom ter samim materialom bi bilo potrebno izvesti zahtevne preizkuse in to znanje vključiti v zasnovo naprave. Za potrebe dimenzioniranja elektromotorja bi na napravo najprej vključili manjši elektromotor in nato spremljali njegovo porabo električnega toka. Kadar bi porabljal večji tok, kot je njegova nominalna poraba, bi to pomenilo da je potreben večji moment za doziranje izbranega materiala. Nato bi elektromotor zamenjali za večjega in ponovili preskus. Tako bi prišli do najboljše določene potrebne moči elektromotorja za izbran odpadni material. Vendar je spet z ekonomskega vidika bolje predimenzionirati napravo za majhen delež dodatne končne cene, kot pa izvajati takšne preizkuse.

Naprava se bo v centrih za ravnanje z odpadki uporabljala modularno. V enem centru je lahko več naprav, odvisno od potreb. Zato je zahteva na začetku zasnove bila razpon zmogljivosti. Tako se lahko naprave v vrstah razporedijo na en tekoči trak (slika 5.1), kjer bo vsaka posebej nastavljena na zahtevano doziranje vrste materiala v zalogovniku. S tem se poenostavi projektiranje takšnih centrov, saj ni potrebno zasnovati podobne naprave za vsako vrsto odpadnega materiala.



Slika 5.1: Primer uporabe več naprav v centru za ravnanje z odpadki

Za polnjenje zalogovnika se bo na nosilne konstrukcije naprav pritrdil tračni transporter z razkladalno napravo. Razkladalna naprava bo omogočila polnitev vseh povezanih naprav z določenimi različnimi vrstami odpadnega materiala s pomočjo enega traku.

Namen tega diplomskega dela je zasnova polžastega transporterja, pogona, osnovnih dimenzij naprave ter nosilne konstrukcije. Za slednjo pa ni nujno, da bo pri projektiranju centra za obdelavo odpadkov ostala enaka. Iz tega razloga se nosilnosti niso preverjale po standardu Evrokod, kajti za vsak projekt se lahko nosilna konstrukcija nekoliko spremeni (različne postavitve naprav, drugačni tračni transporterji, pomanjkanje prostora, itd.). Tako je potrebno za vsak specifičen primer projekta preveriti še nosilnost konstrukcije in pridobiti ustrezno dokumentacijo.

## 6 ZAKLJUČEK

Diplomsko delo zajema zasnovano napravo za doziranje odpadnih materialov s poudarkom na polžastem transporterju. Zasnova tega je sledila smernicam preračuna iz standarda DIN 15262. Ker je polžasti transporter najbolj pomemben del naprave, je v tem delu tudi najbolj podrobno opisan in dimenzioniran. Za mere ostalih elementov je treba pogledati dokumentacijo v prilogi.

Program Solidworks, s katerim je bila naprava zmodelirana, ni najbolj primeren za konstruiranje za razrez pločevine. Ker so nekateri deli naprave zvarjeni iz pločevine, jih bo potrebno zmodelirati v ustreznem drugem programu. Pri podjetju MD Inženiring d.o.o. za ta namen uporabljajo program Autocad s Prosteelom. Dokumentacija zato pri nekaterih elementih naprave ni popolna.

Pri obratovanju naprave je potrebno spremljati porabo električnega toka in iz porabe sklepati o potrebnem momentu na gredi. V primeru, da bi bila poraba električnega toka prevelika za izbran elektromotor (s tem je na gredi večji moment), je potrebno z regulacijo ustaviti napravo. Ker so elementi gredi zaradi neznanih vplivov predimenzionirani, lahko ta prenese vsaj dvojno vrednost (200 Nm) izračunanega momenta elektromotorja. Zato da se čim bolj zmanjša potreben moment na vijačnici, je potrebno pri njeni izdelavi pobrusiti zware, da so primerno gladki. Neobdelani zvari lahko pomenijo zatikanje materiala ob vijačnico in s tem povečanje potrebnega momenta za premagovanje trenja med materialom v žlebu in materialom v zalogovniku.

Nadaljnje delo pri napravi je optimiziranje pogona. Po določenem obdobju obratovanja naprave z različnimi vrstami odpadkov bodo znane lastnosti za vsako vrsto odpadkov posebej. Pridobljeno znanje o vseh vrstah materiala se potem lahko uporabi pri dimenzioniranju naprave. Tako se lahko moč pogona v vseh nadaljnje izdelanih napravah, ki vedno dozirajo enak material, določi za vsako vrsto odpadkov posebej. S takimi napravami se lahko stroški izdelave nekoliko zmanjšajo, če se izkaže, da je za določeno vrsto odpadkov določena moč elektromotorja v tem delu prevelika.

Nosilna konstrukcija naprave je zasnovana z ozirom na tračna transporterja nad in pod napravo (slika 5.1). Tako je nadaljnje delo pri projektu zasnova teh dveh tračnih transporterjev. V korist teh dveh transporterjev, se po potrebi lahko spremeni tudi nosilna konstrukcija naprave.

## 7 VIRI IN LITERATURA

- [1] Potrč Iztok. *Transportni sistemi*. Maribor, Fakulteta za strojništvo, 1999.
- [2] Hoffman Klaus, Krenn Erhard, Stanker Gerhard. *Fördertechnik: Band 2*, 6. izdaja. Dunaj, R. Oldenbourg Ges.m.b.H., 2009.
- [3] Glodež Srečko, Ren Zoran. *Strojni elementi 1. Del: univerzitetni učbenik*. Maribor, Fakulteta za strojništvo, 2001.
- [4] Kraut Bojan. *Krautov strojniški priročnik*, 14. slovenska izdaja / izdajo pripravila Jože Puhar, Jože Stropnik. Ljubljana: Littera picta, 2003.
- [5] *Transportne tehnologije glede na način prekladanja tovora* [svetovni splet]. Brigita Gajšek. Dostopno na WWW: <http://164.8.132.54/OTT/cetrto.html> [3.2.2012]
- [6] Isakovič Sava. *Transportne naprave*. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo, 1963.
- [7] *Screw Conveyor and Screw Feeder - Bulk Handling Global article* [svetovni splet]. Bulk handling global Pty Ltd. Dostopno na WWW: <http://www.bulksolidsflow.com/> [3.2.2012]
- [8] *Equipment for bulk material handling* [svetovni splet]. Wamgroup. Dostopno na WWW: <http://www.wamgroup.com/index.asp> [3.2.2012]
- [9] Belšak Aleš, Ren Zoran. *Zbirka nalog iz strojnih elementov 1. del*. Maribor, Fakulteta za strojništvo, 2005.
- [10] *MD Inženiring* [svetovni splet]. MD Inženiring d.o.o. Dostopno na WWW: <http://www.mdi.si/> [3.2.2012]
- [11] *Spletni katalog proizvajalca NORD* [svetovni splet]. NORD Drivesystems. Dostopno na WWW: <http://www2.nord.com/cms/en/home.jsp> [3.2.2012]
- [12] *Spletni katalog proizvajalca SKF* [svetovni splet]. SKF Group. Dostopno na WWW: <http://www.skf.com/portal/skf/home> [3.2.2012]
- [13] *Spletni katalog proizvajalca Haberkorn Ulmer* [svetovni splet]. Haberkorn Ulmer Slovenija. Dostopno na WWW: <http://www.haberkorn.si/katalogi.htm> [3.2.2012]
- [14] *Load development and structural considerations in silo design* [svetovni splet]. Carson J.W., Jenkyn R.T. Dostopno na WWW: <http://www.jenike.com/Articulos/load-dev-silo-design.pdf>
- [15] *3-D Finite element modelling of granular flow in silos* [svetovni splet]. Rombach Guenter A., Neumann Frank. Dostopno na WWW: <http://www.tu-harburg.de/mb/PDF-Dokumente/2004-EM2004-Silo.pdf>

- [16] Young Warren C., Budynas Richard G. *Roark's formulas for Stress and Strain*, 7. mednarodna izdaja. Singapur, McGraw-Hill, 2002.
- [17] *Structural design of bins* [svetovni splet]. Dostopno na WWW: <http://www.fgg.uni-lj.si/kmk/esdep/master/wg15c/10200.htm>
- [18] Programski paket SolidWorks® Office Premium 2010
- [19] Programski paket Abaqus, verzija 6.7-1

## 8 PRILOGE

Priloga 1: Izsek kataloga proizvajalca NORD

Priloga 2: Izsek kataloga za elastično sklopko proizvajalca Haberkorn Ulmer

Priloga 3: Lastnosti izbranega ležaja iz spletnega kataloga proizvajalca ležajev SKF Group

Priloga 4: Priporočila za nekatere dimenzije polžastega transporterja po DIN 15262



Priloga 5: Primeri obremenitev plošče

Priloga 6: Tehniška dokumentacija

## Priloga 1: Izsek kataloga proizvajalca NORD



**2,20 kW**  
**3,00 kW**

$P_1$ [kW]	$n_2$ [min <sup>-1</sup> ]	$M_2$ [Nm]	$f_B$	$i_{ges}$	$F_R$ [kN]	$F_A$ [kN]	$F_{RVL}$ [kN]	$F_{AVL}$ [kN]			$\frac{mm}{10^{-4}}$ 			
2,20	41	512	0,8	34,81	3,0	18,1	7,6	18,1	SK 9012.1 - 100L/4	48	D66-67			
	46	457	0,9	31,45	4,2	18,0	8,1	18,0						
	52	404	1,0	27,65	5,0	17,7	8,6	17,7						
	59	356	1,1	24,53	5,6	17,4	8,9	17,4						
	69	304	1,3	20,87	6,1	17,0	9,0	17,0						
	83	253	1,5	17,45	6,5	16,4	9,0	16,4						
	94	224	1,7	15,30	6,7	16,0	9,0	16,0						
	118	178	1,2	12,23	6,9	15,0	9,0	15,0						
	133	158	1,3	10,85	7,0	14,6	9,0	14,6						
	156	135	1,4	9,23	7,1	14,1	9,0	14,1						
	178	118	1,5	8,09	7,1	13,7	9,0	13,7						
	42	500	0,8	34,17	1,8	12,0	-	-				SK 92672 - 100L/4	51	D62-63
	48	438	0,8	29,91	3,0	12,0	-	-						
	54	389	0,8	26,55	3,9	12,0	-	-						
	62	339	1,1	23,28	4,6	12,0	-	-						
	71	296	1,1	20,37	5,0	12,0	-	-						
	80	263	1,2	18,08	5,3	12,0	-	-						
90	233	1,6	16,08	5,5	12,0	-	-							
102	206	1,7	14,08	5,7	12,0	-	-							
114	184	1,8	12,64	5,8	12,0	-	-							
131	160	2,1	11,02	5,9	11,8	-	-							
147	143	2,2	9,78	5,9	11,3	-	-							
165	127	2,5	8,71	6,0	10,9	-	-							
186	113	2,6	7,73	6,0	10,4	-	-							
212	99	2,8	6,78	6,1	10,0	-	-							
243	86	2,9	5,92	6,1	9,5	-	-							
75	280	0,8	19,21	2,3	9,0	-	-	SK 92372 - 100L/4	34	D60-61				
84	250	0,9	17,06	2,9	9,0	-	-							
111	189	1,0	13,01	3,8	9,0	-	-							
126	167	1,2	11,39	4,0	9,0	-	-							
133	158	1,1	10,84	4,1	8,8	-	-							
152	138	1,3	9,47	4,3	8,5	-	-							
174	121	1,4	8,29	4,4	8,2	-	-							
197	107	1,5	7,32	4,5	7,9	-	-							
222	95	1,7	6,49	4,5	7,6	-	-							
241	87	1,8	5,97	4,6	7,4	-	-							
272	77	1,9	5,30	4,5	7,1	-	-							
3,00	1,0	27412	1,8	1353,86	220,0	100,0	-	-	SK 9096.1/62 - 100LA/4	1887	D98-99 D101			
	1,2	23593	2,1	1165,22	220,0	100,0	-	-						
	1,4	19828	2,5	979,31	220,0	100,0	-	-						
	1,7	16533	3,0	816,57	220,0	100,0	-	-						
	1,0	28939	1,1	1424,80	129,1	70,0	160,0	70,0	SK 9092.1/52 - 100LA/4	1497	D96-97 D100			
	1,3	22038	1,5	1120,00	142,2	70,0	160,0	70,0						
	1,7	16853	1,9	846,40	149,3	70,0	160,0	70,0						
	2,0	14325	2,2	706,40	151,9	70,0	160,0	70,0						
	2,3	12457	2,6	608,12	153,6	70,0	160,0	70,0						
	3,2	8953	2,6	441,46	156,0	70,0	160,0	70,0						
	1,2	23875	0,8	1202,18	83,0	65,0	120,0	65,0	SK 9086.1/52 - 100LA/4	927	D94-95 D100			
	1,6	17906	1,1	907,88	102,4	65,0	120,0	65,0						
	2,0	14325	1,4	714,15	110,2	65,0	120,0	65,0						
	2,3	12457	1,6	623,16	113,4	65,0	120,0	65,0						
	3,3	8682	2,3	433,35	118,4	65,0	120,0	65,0						
	3,7	7743	2,6	378,14	119,3	65,0	120,0	65,0						
	1,7	16853	0,8	845,38	72,7	60,0	95,0	60,0	SK 9082.1/42 - 100LA/4	652	D92-93 D100			
	2,0	14325	0,9	704,48	80,1	60,0	95,0	60,0						
	2,3	12457	1,0	603,37	84,5	60,0	95,0	60,0						
3,2	8953	1,5	443,41	90,7	60,0	95,0	60,0							
3,7	7743	1,7	379,59	92,3	60,0	95,0	60,0							
5,0	5730	2,3	285,05	94,4	60,0	95,0	60,0							
5,8	4940	2,6	245,62	95,0	60,0	95,0	60,0	SK 9082.1/52 - 100LA/4	677	D92-93, D100				
3,0	9581	0,9	473,22	47,2	50,0	66,0	50,0	SK 9072.1/32 - 100LA/4	375	D90-91 D100				
3,7	7813	1,1	385,88	54,2	50,0	66,0	50,0							
4,5	6299	1,3	311,10	58,5	50,0	66,0	50,0							

**Priloga 2: Izsek kataloga za elastično sklopko proizvajalca Haberkorn Ulmer**

**Wellenkupplungen  
Zahnkupplungen**

**Zahnkupplung GF/FBX (BWV)**

**Allgemein**

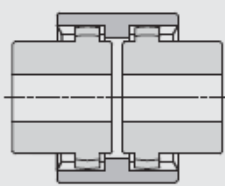
Zahnkupplungen mit Polyamidhülse der GF/FBX-Reihe werden als drehstarre Wellenverbindung zum Ausgleich axialer und radialer Wellenverlagerungen sowie Winkelversatz eingesetzt.

Die Kupplung erlaubt aufgrund ihrer Zahnform und der Werkstoffpaarung selbst bei Dauerbetrieb einen wartungsfreien und übermüdungsresistenten Einsatz.

**Eigenschaften**

- reduzierte Trägheitsmomente
- geräuscharm
- elastisches Verhalten bei mittleren Temperaturen
- resistent gegen chemische Produkte
- leichte Montage

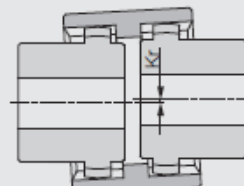
**Ausgleichmöglichkeiten**



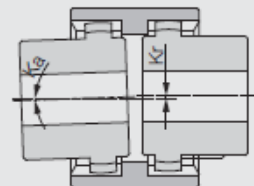
Wellen ohne Versatz



Winkelversatz



Radialversatz



Radial- u. Winkelversatz

**Technische Daten**

**Zahnkupplung GF**

Typ-Größe	Leistungsfaktor [kW / 1/min]		Drehmoment [Nm]		Übertragungsleistung in kW bei								max. Drehzahl [1/min]	(1) Masse [kg]	(1) J [kg cm <sup>2</sup> ]	max. Achsenversatz f. jede Nabe		Achsenverschiebung max. [mm]
					750 1/min		1.000 1/min		1.500 1/min		3.000 1/min							
	nom.	max.	nom.	max.	nom.	max.	nom.	max.	nom.	max.	nom.	max.				(2) Ka	Kr [mm]	
GF 14	0,0011	0,0023	11,5	23	0,8	1,5	1,1	2,0	1,6	3,0	3,3	6,0	14.000	0,166	0,27	± 2°	0,7	± 1
GF 19	0,0019	0,0037	18,5	36,5	1,3	2,7	1,8	3,7	2,7	5,5	5,4	11,1	12.000	0,276	0,64	± 2°	0,8	± 1
GF 24	0,0023	0,0047	23	46	1,7	3,5	2,3	4,7	3,4	7,0	6,9	14,1	10.000	0,312	0,92	± 2°	0,8	± 1
GF 28	0,0053	0,0106	51,5	103,5	3,9	7,9	5,2	10,6	7,8	15,9	15,6	31,8	8.000	0,779	3,45	± 2°	1,0	± 1
GF 32	0,0071	0,0142	69	138	5,2	10,5	7,0	14,1	10,5	21,1	21,0	42,3	7.100	0,918	5,03	± 2°	1,0	± 1
GF 38	0,0090	0,0181	88	176	6,7	13,5	9,0	18,0	13,5	27,0	27,0	54,0	6.300	1,278	9,59	± 2°	0,9	± 1
GF 42	0,0113	0,0226	110	220	8,4	16,8	11,2	22,5	16,8	33,7	33,6	67,5	6.000	1,473	13,06	± 2°	0,9	± 1
GF 48	0,0158	0,0317	154	308	11,8	23,6	15,8	31,6	23,7	47,4	47,4	94,8	5.600	1,777	18,15	± 2°	0,9	± 1
GF 55	0,0290	0,0580	285	570	21,7	43,5	29,0	58,0	43,5	87,0	87,0	174,0	4.800	3,380	49,44	± 2°	1,2	± 1
GF 65	0,0432	0,0865	420	840	32,1	64,3	42,9	85,8	64,3	128,7	128,7	257,4	4.000	4,988	106,34	± 2°	1,3	± 1

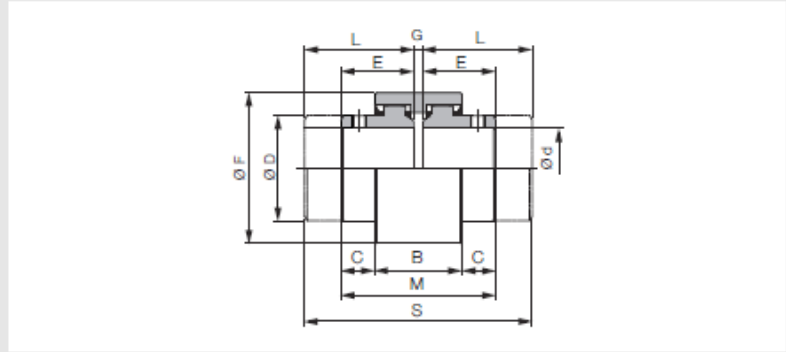
(1) bei normaler Kupplung mit max. Bohrung, ohne Keilnut  
 (2) für jede Kupplungshälfte



## Wellenkupplungen Zahnkupplungen

### Zahnkupplung GF

Komplette Kupplung inkl. Polyamidhülse.



#### Hinweise

- GF-NN = mit zwei kurzen Naben
- GF-NL = mit einer kurzen und einer langen Nabe
- GF-LL = mit zwei langen Naben
- \* Montagemaß
- alle Naben sind vorzentriert

Bei der Auswahl der Baugröße ist darauf zu achten, dass die Übertragleistung dem Normwert der Kupplung entspricht, sodass bei max. zulässiger Verlagerung bzw. max. Achsverschiebung ein entsprechender Sicherheitsfaktor gewährleistet ist. Die Zahnkupplungen sind doppelkardanisch konstruiert und haben die Aufgabe, neben der Kraftübertragung Wellenfuchtungsfehler (Axial/Radial/Winkel) auszugleichen. Schäden an den An- bzw. Abtriebsmaschinen werden dadurch verhindert.

#### Technische Daten

Einsatztemperatur: -20 bis +80 °C (kurzfristig bis +120 °C)

#### Materialbeschreibung

Naben aus Stahl, Hülse aus Polyamid

Typ Größe	Fertigb. d min.-max.	B	C	Ø D	E	Ø F	G*	M*	L	S*	Gewicht [kg]			GF-NN	GF-NL	GF-LL	MEH
											Hülse	Nabe N	Nabe L	Teile-Nr.	Teile-Nr.	Teile-Nr.	
GF 14	6-14	38	6,5	25	23,5	41	4	51	30	64	0,022	0,10	0,13	T38627	T40834	T40843	STK
GF 19	8-19	38	8,5	32	25,5	48	4	55	40	84	0,028	0,18	0,28	T38628	T40835	T40844	STK
GF 24	10-24	42	7,5	36	26,5	52	4	57	50	104	0,037	0,23	0,42	T38629	T40836	T40845	STK
GF 28	10-28	48	19,0	45	41,0	68	4	86	60	124	0,086	0,54	0,79	T38630	T40837	T40846	STK
GF 32	12-32	48	18,0	50	40,0	75	4	84	60	124	0,104	0,66	0,97	T38631	T40838	T40847	STK
GF 38	14-38	50	17,0	58	40,0	85	4	84	80	164	0,131	0,93	1,83	T38632	T40839	T40848	STK
GF 42	20-42	50	19,0	63	42,0	95	4	88	110	224	0,187	1,10	2,76	T38633	T40840	T40849	STK
GF 48	20-48	50	27,0	68	50,0	100	4	104	110	224	0,198	1,50	3,21	T38634	T40841	T40850	STK
GF 55	25-55	65	29,5	82	60,0	120	4	124	110	224	0,357	2,63	5,12	T42724	T42744	T42756	STK
GF 65	25-65	72	36,0	95	70,0	140	4	144	140	284	0,595	4,02	7,92	T38635	T40842	T40851	STK

#### Bestellhinweis

Alle Maße in mm.

### Priloga 3: Lastnosti izbranega ležaja iz spletnega kataloga proizvajalca ležajev SKF Group

**Spherical roller bearings, cylindrical and tapered bore, cylindrical bore, seal on both sides**  
 Product information Tolerances, see also text  
 Radial internal clearance, cylindrical bore, tapered bore, unsealed, see also text  
 Recommended fits  
 Shaft and housing tolerances

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit $P_u$	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	$C_0$		Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	-
35	72	28	86,5	85	9,3	-	2400	0,52	BS2-2207-2CS/VT143*

**Calculation factors**  
 $e$  0,31  
 $Y_1$  2,2  
 $Y_2$  3,3  
 $Y_0$  2,2

### Priloga 4: Priporočila za nekatere dimenzije polžastega transporterja po DIN 15262

Konsole inkl. Getriebemotor kann um je 45 Grad gedreht werden!

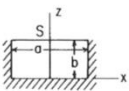
Ansicht Y      Schnitt BB      Detail Mittellager nur bei Lagern L - Lmax      Ansicht A

Type	Ident-Nr	Flanschabmaße in [mm]					Geometrische Abmaße [mm]													
		E□	T□	V□	W	X	Hmax	ØD	F	F1	G	H	J	K	Lmax	N	O	S	S1	Y
TS 160	ST02	150	270	210	1x90	90	245	180	150	85	200	180	100	30	6300	270	120	140	210	279
TS 200	ST03	200	320	260	1x140	90	310	220	170	110	220	230	130	50	6900	350	155	140	210	329
TS 250	ST04	200	320	260	1x140	90	380	270	195	135	250	230	130	50	7200	420	210	140	210	379
TS 315	ST05	250	370	310	2x105	80	380	315	220	175	275	230	130	50	8200	420	210	160	285	424
TS 400	ST06	350	470	410	2x145	90	435	415	275	220	325	325	130	50	7700	550	265	250	405	524
TS 500	ST07	450	570	510	3x130	90	---	525	320	275	400	325	130	50	7300	650	315	300	460	634
TS 630	ST08	500	620	560	4x115	80	---	660	400	345	450	420	130	50	8600	800	390	300	500	799
TS 800	ST09	600	720	660	4x135	90	---	830	500	430	500	530	130	50	7800	950	475	500	650	969
TS 1000	ST10	800	920	860	5x150	85	---	1030	---	---	600	---	---	---	7900	---	575	---	---	---

6.24 Auswahltable für einfachen Trogschneckenförderer (nach technischen Unterlagen der Fa. DOUBRAVA, Attnang, O.Ö.)  
 1 Antrieb (Getriebemotor), 2 Drehmomentstütze, 3 Einlaufstützen, 4 Abstützung, 5 Schnecke, 6 Schneckenrog, 7 Auslaufstützen, 8 Endlager, 9 Abdichtung (Stopbüchse)

Priloga 5: Primeri obremenitev plošče iz vira [16]

TABLE 11.4 Formulas for flat plates with straight boundaries and constant thickness (Continued)

Case no., shape, and supports	Case no., loading	Formulas and tabulated specific values																																																														
9a. Rectangular plate, three edges fixed, one edge (a) simply supported 	9a. Uniform over entire plate	(At $x = 0, z = 0$ ) $(\sigma_b)_{\max} = \frac{-\beta_1 q b^2}{t^2}$ and $R = \gamma_1 q b$ (At $x = 0, z = 0.6b$ ) $\sigma_b = \frac{\beta_2 q b^2}{t^2}$ and $\sigma_a = \frac{\beta_3 q b^2}{t^2}$ (At $x = 0, z = b$ ) $R = \gamma_2 q b$ (At $x = \pm \frac{a}{2}, z = 0.6b$ ) $\sigma_a = \frac{-\beta_4 q b^2}{t^2}$ and $R = \gamma_3 q b$																																																														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>0.25</th> <th>0.50</th> <th>0.75</th> <th>1.0</th> <th>1.5</th> <th>2.0</th> <th>3.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta_1</math></td> <td>0.020</td> <td>0.081</td> <td>0.173</td> <td>0.307</td> <td>0.539</td> <td>0.657</td> <td>0.718</td> </tr> <tr> <td><math>\beta_2</math></td> <td>0.004</td> <td>0.018</td> <td>0.062</td> <td>0.134</td> <td>0.284</td> <td>0.370</td> <td>0.422</td> </tr> <tr> <td><math>\beta_3</math></td> <td>0.016</td> <td>0.061</td> <td>0.118</td> <td>0.158</td> <td>0.164</td> <td>0.135</td> <td>0.097</td> </tr> <tr> <td><math>\beta_4</math></td> <td>0.031</td> <td>0.121</td> <td>0.242</td> <td>0.343</td> <td>0.417</td> <td>0.398</td> <td>0.318</td> </tr> <tr> <td><math>\gamma_1</math></td> <td>0.115</td> <td>0.230</td> <td>0.343</td> <td>0.453</td> <td>0.584</td> <td>0.622</td> <td>0.625</td> </tr> <tr> <td><math>\gamma_2</math></td> <td>0.123</td> <td>0.181</td> <td>0.253</td> <td>0.319</td> <td>0.387</td> <td>0.397</td> <td>0.386</td> </tr> <tr> <td><math>\gamma_3</math></td> <td>0.125</td> <td>0.256</td> <td>0.382</td> <td>0.471</td> <td>0.547</td> <td>0.549</td> <td>0.530</td> </tr> </tbody> </table>	$a/b$	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	$\beta_1$	0.020	0.081	0.173	0.307	0.539	0.657	0.718	$\beta_2$	0.004	0.018	0.062	0.134	0.284	0.370	0.422	$\beta_3$	0.016	0.061	0.118	0.158	0.164	0.135	0.097	$\beta_4$	0.031	0.121	0.242	0.343	0.417	0.398	0.318	$\gamma_1$	0.115	0.230	0.343	0.453	0.584	0.622	0.625	$\gamma_2$	0.123	0.181	0.253	0.319	0.387	0.397	0.386	$\gamma_3$	0.125	0.256	0.382	0.471	0.547
$a/b$	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0																																																									
$\beta_1$	0.020	0.081	0.173	0.307	0.539	0.657	0.718																																																									
$\beta_2$	0.004	0.018	0.062	0.134	0.284	0.370	0.422																																																									
$\beta_3$	0.016	0.061	0.118	0.158	0.164	0.135	0.097																																																									
$\beta_4$	0.031	0.121	0.242	0.343	0.417	0.398	0.318																																																									
$\gamma_1$	0.115	0.230	0.343	0.453	0.584	0.622	0.625																																																									
$\gamma_2$	0.123	0.181	0.253	0.319	0.387	0.397	0.386																																																									
$\gamma_3$	0.125	0.256	0.382	0.471	0.547	0.549	0.530																																																									

(Ref. 49 for  $\nu = 0.2$ )

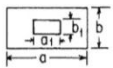
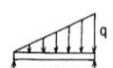




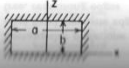
1c. Uniform over central rectangular area 	(At center) $\sigma_{\max} = \sigma_b = \frac{\beta W}{t^2}$ where $W = qa_1 b_1$																																																																																																																																																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>a_1/b</math></th> <th colspan="6"><math>a = b</math></th> <th colspan="5"><math>a = 1.4b</math></th> <th colspan="4"><math>a = 2b</math></th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>0.2</th> <th>0.4</th> <th>0.6</th> <th>0.8</th> <th>1.0</th> <th>0</th> <th>0.2</th> <th>0.4</th> <th>0.8</th> <th>1.2</th> <th>1.4</th> <th>0</th> <th>0.4</th> <th>0.8</th> <th>1.2</th> <th>1.6</th> <th>2.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td></td> <td>1.82</td> <td>1.38</td> <td>1.12</td> <td>0.93</td> <td>0.76</td> <td>2.0</td> <td>1.55</td> <td>1.12</td> <td>0.84</td> <td>0.75</td> <td></td> <td>1.64</td> <td>1.20</td> <td>0.97</td> <td>0.78</td> <td>0.64</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.2</td> <td>1.82</td> <td>1.28</td> <td>1.08</td> <td>0.90</td> <td>0.76</td> <td>0.63</td> <td>1.78</td> <td>1.43</td> <td>1.23</td> <td>0.95</td> <td>0.74</td> <td>0.64</td> <td>1.73</td> <td>1.31</td> <td>1.03</td> <td>0.84</td> <td>0.68</td> <td>0.57</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>1.39</td> <td>1.07</td> <td>0.84</td> <td>0.72</td> <td>0.62</td> <td>0.52</td> <td>1.39</td> <td>1.13</td> <td>1.00</td> <td>0.80</td> <td>0.62</td> <td>0.55</td> <td>1.32</td> <td>1.08</td> <td>0.88</td> <td>0.74</td> <td>0.60</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>0.6</td> <td>1.12</td> <td>0.90</td> <td>0.72</td> <td>0.60</td> <td>0.52</td> <td>0.43</td> <td>1.10</td> <td>0.91</td> <td>0.82</td> <td>0.68</td> <td>0.53</td> <td>0.47</td> <td>1.04</td> <td>0.90</td> <td>0.76</td> <td>0.64</td> <td>0.54</td> <td>0.44</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>0.92</td> <td>0.76</td> <td>0.62</td> <td>0.51</td> <td>0.42</td> <td>0.36</td> <td>0.90</td> <td>0.76</td> <td>0.68</td> <td>0.57</td> <td>0.45</td> <td>0.40</td> <td>0.87</td> <td>0.76</td> <td>0.63</td> <td>0.54</td> <td>0.44</td> <td>0.38</td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td>0.76</td> <td>0.63</td> <td>0.52</td> <td>0.42</td> <td>0.35</td> <td>0.30</td> <td>0.75</td> <td>0.62</td> <td>0.57</td> <td>0.47</td> <td>0.38</td> <td>0.33</td> <td>0.71</td> <td>0.61</td> <td>0.53</td> <td>0.45</td> <td>0.38</td> <td>0.30</td> </tr> </tbody> </table>	$a_1/b$	$a = b$						$a = 1.4b$					$a = 2b$				0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0	0.2	0.4	0.8	1.2	1.4	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	0		1.82	1.38	1.12	0.93	0.76	2.0	1.55	1.12	0.84	0.75		1.64	1.20	0.97	0.78	0.64		0.2	1.82	1.28	1.08	0.90	0.76	0.63	1.78	1.43	1.23	0.95	0.74	0.64	1.73	1.31	1.03	0.84	0.68	0.57	0.4	1.39	1.07	0.84	0.72	0.62	0.52	1.39	1.13	1.00	0.80	0.62	0.55	1.32	1.08	0.88	0.74	0.60	0.50	0.6	1.12	0.90	0.72	0.60	0.52	0.43	1.10	0.91	0.82	0.68	0.53	0.47	1.04	0.90	0.76	0.64	0.54	0.44	0.8	0.92	0.76	0.62	0.51	0.42	0.36	0.90	0.76	0.68	0.57	0.45	0.40	0.87	0.76	0.63	0.54	0.44	0.38	1.0	0.76	0.63	0.52	0.42	0.35	0.30	0.75	0.62	0.57	0.47	0.38	0.33	0.71	0.61	0.53	0.45	0.38
$a_1/b$	$a = b$						$a = 1.4b$					$a = 2b$																																																																																																																																								
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0	0.2	0.4	0.8	1.2	1.4	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0																																																																																																																																		
0		1.82	1.38	1.12	0.93	0.76	2.0	1.55	1.12	0.84	0.75		1.64	1.20	0.97	0.78	0.64																																																																																																																																			
0.2	1.82	1.28	1.08	0.90	0.76	0.63	1.78	1.43	1.23	0.95	0.74	0.64	1.73	1.31	1.03	0.84	0.68	0.57																																																																																																																																		
0.4	1.39	1.07	0.84	0.72	0.62	0.52	1.39	1.13	1.00	0.80	0.62	0.55	1.32	1.08	0.88	0.74	0.60	0.50																																																																																																																																		
0.6	1.12	0.90	0.72	0.60	0.52	0.43	1.10	0.91	0.82	0.68	0.53	0.47	1.04	0.90	0.76	0.64	0.54	0.44																																																																																																																																		
0.8	0.92	0.76	0.62	0.51	0.42	0.36	0.90	0.76	0.68	0.57	0.45	0.40	0.87	0.76	0.63	0.54	0.44	0.38																																																																																																																																		
1.0	0.76	0.63	0.52	0.42	0.35	0.30	0.75	0.62	0.57	0.47	0.38	0.33	0.71	0.61	0.53	0.45	0.38	0.30																																																																																																																																		
(Values from charts of Ref. 8; $\nu = 0.3$ )																																																																																																																																																				
1d. Uniformly increasing along length 	$\sigma_{\max} = \frac{\beta q b^2}{t^2}$ and $y_{\max} = \frac{-\alpha q b^4}{Et^3}$																																																																																																																																																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>1</th> <th>1.5</th> <th>2.0</th> <th>2.5</th> <th>3.0</th> <th>3.5</th> <th>4.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.16</td> <td>0.26</td> <td>0.34</td> <td>0.38</td> <td>0.43</td> <td>0.47</td> <td>0.49</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.022</td> <td>0.043</td> <td>0.060</td> <td>0.070</td> <td>0.078</td> <td>0.086</td> <td>0.091</td> </tr> </tbody> </table>	$a/b$	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	$\beta$	0.16	0.26	0.34	0.38	0.43	0.47	0.49	$\alpha$	0.022	0.043	0.060	0.070	0.078	0.086	0.091																																																																																																																											
$a/b$	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0																																																																																																																																													
$\beta$	0.16	0.26	0.34	0.38	0.43	0.47	0.49																																																																																																																																													
$\alpha$	0.022	0.043	0.060	0.070	0.078	0.086	0.091																																																																																																																																													
(Values from charts of Ref. 8; $\nu = 0.3$ )																																																																																																																																																				
1e. Uniformly increasing along width 	$\sigma_{\max} = \frac{\beta q b^2}{t^2}$ and $y_{\max} = \frac{-\alpha q b^4}{Et^3}$																																																																																																																																																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>1</th> <th>1.5</th> <th>2.0</th> <th>2.5</th> <th>3.0</th> <th>3.5</th> <th>4.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.16</td> <td>0.26</td> <td>0.32</td> <td>0.35</td> <td>0.37</td> <td>0.38</td> <td>0.38</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.022</td> <td>0.042</td> <td>0.056</td> <td>0.063</td> <td>0.067</td> <td>0.069</td> <td>0.070</td> </tr> </tbody> </table>	$a/b$	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	$\beta$	0.16	0.26	0.32	0.35	0.37	0.38	0.38	$\alpha$	0.022	0.042	0.056	0.063	0.067	0.069	0.070																																																																																																																											
$a/b$	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0																																																																																																																																													
$\beta$	0.16	0.26	0.32	0.35	0.37	0.38	0.38																																																																																																																																													
$\alpha$	0.022	0.042	0.056	0.063	0.067	0.069	0.070																																																																																																																																													
(Values from charts of Ref. 8; $\nu = 0.3$ )																																																																																																																																																				

TABLE 11.4 Formulas for flat plates with straight boundaries and constant thickness (Continued)

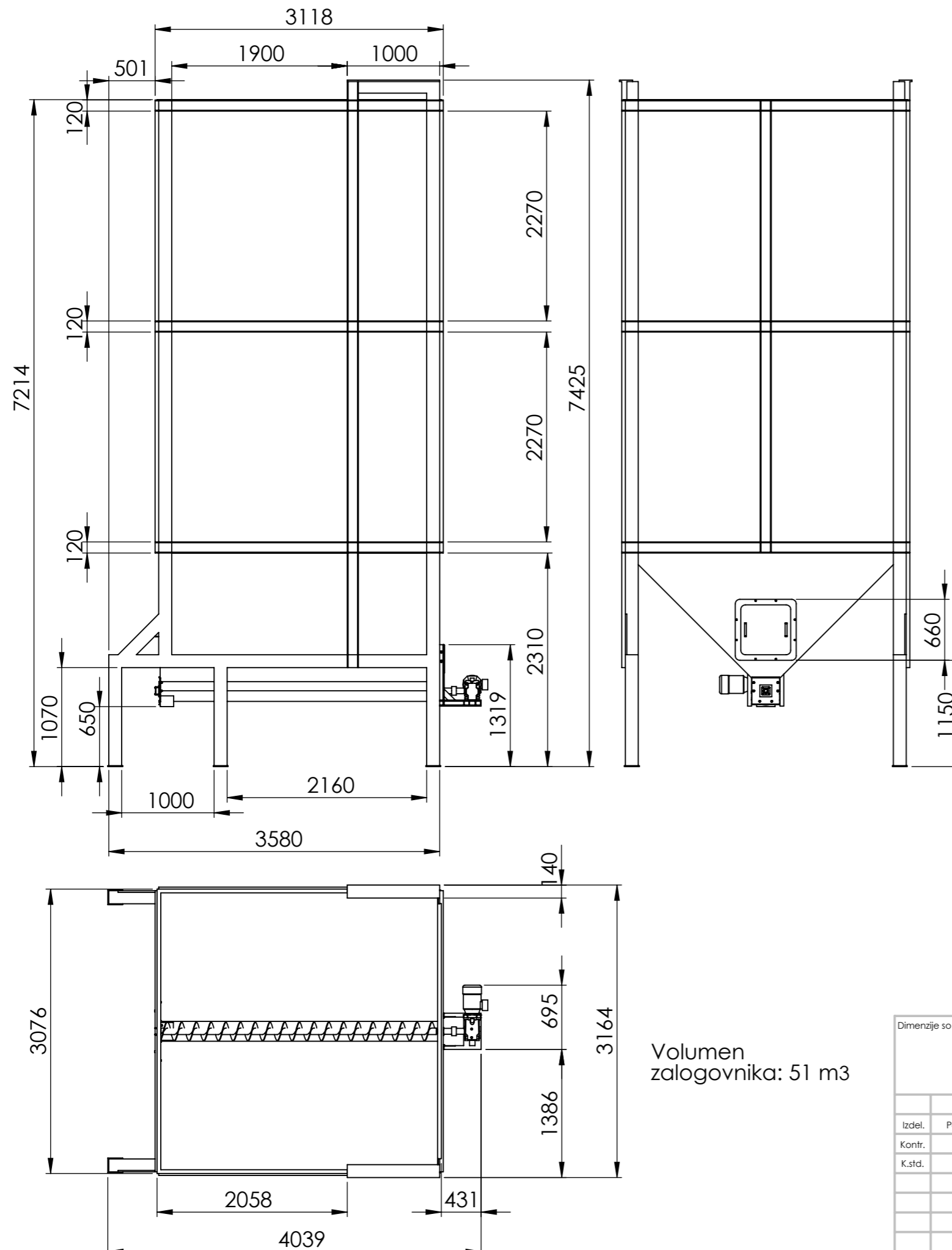
Case no., shape, and supports	Case no., loading	Formulas and tabulated specific values																																								
7dd. Uniformly decreasing from fixed edge to zero at $\frac{2}{3}b$ 	(At center of fixed edge) $\sigma = \frac{-\beta q b^2}{t^2}$ and $R = \gamma q b$	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>0.25</th> <th>0.50</th> <th>0.75</th> <th>1.0</th> <th>1.5</th> <th>2.0</th> <th>3.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.033</td> <td>0.094</td> <td>0.146</td> <td>0.200</td> <td>0.272</td> <td>0.339</td> <td>0.400</td> </tr> <tr> <td><math>\gamma</math></td> <td>0.148</td> <td>0.233</td> <td>0.277</td> <td>0.304</td> <td>0.330</td> <td>0.339</td> <td>0.340</td> </tr> </tbody> </table>	$a/b$	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	$\beta$	0.033	0.094	0.146	0.200	0.272	0.339	0.400	$\gamma$	0.148	0.233	0.277	0.304	0.330	0.339	0.340																
		$a/b$	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0																																	
$\beta$	0.033	0.094	0.146	0.200	0.272	0.339	0.400																																			
$\gamma$	0.148	0.233	0.277	0.304	0.330	0.339	0.340																																			
(Ref. 49 for $\nu = 0.2$ )																																										
7ddd. Uniformly decreasing from fixed edge to zero at $\frac{1}{3}b$ 	(At center of fixed edge) $\sigma = \frac{-\beta q b^2}{t^2}$ and $R = \gamma q b$	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>0.25</th> <th>0.50</th> <th>0.75</th> <th>1.0</th> <th>1.5</th> <th>2.0</th> <th>3.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.023</td> <td>0.048</td> <td>0.061</td> <td>0.073</td> <td>0.088</td> <td>0.097</td> <td>0.105</td> </tr> <tr> <td><math>\gamma</math></td> <td>0.115</td> <td>0.149</td> <td>0.159</td> <td>0.164</td> <td>0.167</td> <td>0.168</td> <td>0.168</td> </tr> </tbody> </table>	$a/b$	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	$\beta$	0.023	0.048	0.061	0.073	0.088	0.097	0.105	$\gamma$	0.115	0.149	0.159	0.164	0.167	0.168	0.168																
		$a/b$	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0																																	
$\beta$	0.023	0.048	0.061	0.073	0.088	0.097	0.105																																			
$\gamma$	0.115	0.149	0.159	0.164	0.167	0.168	0.168																																			
(Ref. 49 for $\nu = 0.2$ )																																										
7f. Distributed line load $w$ lb/in along free edge 	(At center of fixed edge) $\sigma_b = \frac{-\beta_1 w b}{t^2}$ and $R = \gamma_1 w$ (At center of free edge) $\sigma_a = \frac{\beta_2 w b}{t^2}$ (At ends of free edge) $R = \gamma_2 w$	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>0.25</th> <th>0.50</th> <th>0.75</th> <th>1.0</th> <th>1.5</th> <th>2.0</th> <th>3.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta_1</math></td> <td>0.000</td> <td>0.024</td> <td>0.188</td> <td>0.570</td> <td>1.726</td> <td>2.899</td> <td>4.508</td> </tr> <tr> <td><math>\beta_2</math></td> <td>0.321</td> <td>0.780</td> <td>1.204</td> <td>1.554</td> <td>1.868</td> <td>1.747</td> <td>1.120</td> </tr> <tr> <td><math>\gamma_1</math></td> <td>0.000</td> <td>0.028</td> <td>0.160</td> <td>0.371</td> <td>0.774</td> <td>1.004</td> <td>1.119</td> </tr> <tr> <td><math>\gamma_2</math></td> <td>1.236</td> <td>2.381</td> <td>3.458</td> <td>4.510</td> <td>6.416</td> <td>7.772</td> <td>9.031</td> </tr> </tbody> </table>	$a/b$	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	$\beta_1$	0.000	0.024	0.188	0.570	1.726	2.899	4.508	$\beta_2$	0.321	0.780	1.204	1.554	1.868	1.747	1.120	$\gamma_1$	0.000	0.028	0.160	0.371	0.774	1.004	1.119	$\gamma_2$	1.236	2.381	3.458	4.510	6.416	7.772	9.031
		$a/b$	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0																																	
$\beta_1$	0.000	0.024	0.188	0.570	1.726	2.899	4.508																																			
$\beta_2$	0.321	0.780	1.204	1.554	1.868	1.747	1.120																																			
$\gamma_1$	0.000	0.028	0.160	0.371	0.774	1.004	1.119																																			
$\gamma_2$	1.236	2.381	3.458	4.510	6.416	7.772	9.031																																			
(Ref. 49 for $\nu = 0.2$ )																																										
8. Rectangular plate, all edges fixed 	8a. Uniform over entire plate (At center of long edge) $\sigma_{\max} = \frac{-\beta_1 q b^2}{t^2}$ (At center) $\sigma = \frac{\beta_2 q b^2}{t^2}$ and $y_{\max} = \frac{\alpha q b^4}{Et^3}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>1.0</th> <th>1.2</th> <th>1.4</th> <th>1.6</th> <th>1.8</th> <th>2.0</th> <th><math>\infty</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta_1</math></td> <td>0.3078</td> <td>0.3834</td> <td>0.4356</td> <td>0.4680</td> <td>0.4872</td> <td>0.4974</td> <td>0.5000</td> </tr> <tr> <td><math>\beta_2</math></td> <td>0.1368</td> <td>0.1184</td> <td>0.1084</td> <td>0.1028</td> <td>0.1000</td> <td>0.9978</td> <td>0.9960</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.0138</td> <td>0.0188</td> <td>0.0238</td> <td>0.0281</td> <td>0.0317</td> <td>0.0347</td> <td>0.0364</td> </tr> </tbody> </table>	$a/b$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$\infty$	$\beta_1$	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000	$\beta_2$	0.1368	0.1184	0.1084	0.1028	0.1000	0.9978	0.9960	$\alpha$	0.0138	0.0188	0.0238	0.0281	0.0317	0.0347	0.0364								
		$a/b$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$\infty$																																	
$\beta_1$	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000																																			
$\beta_2$	0.1368	0.1184	0.1084	0.1028	0.1000	0.9978	0.9960																																			
$\alpha$	0.0138	0.0188	0.0238	0.0281	0.0317	0.0347	0.0364																																			
(Ref. 7 and 88 and Ref. 91 for $\nu = 0$ )																																										

510 Formulas for Stress and Strain

508 Formulas for Stress and Strain

Chap. 11

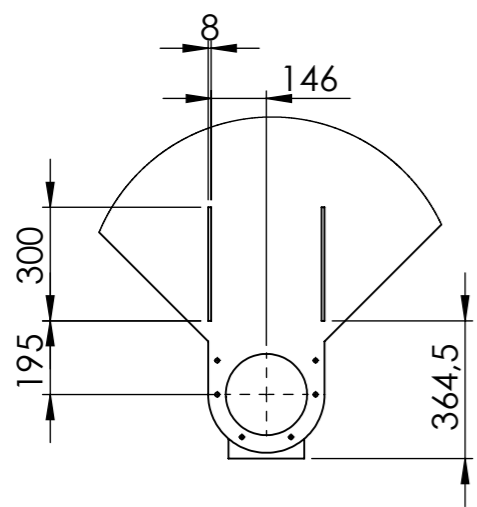
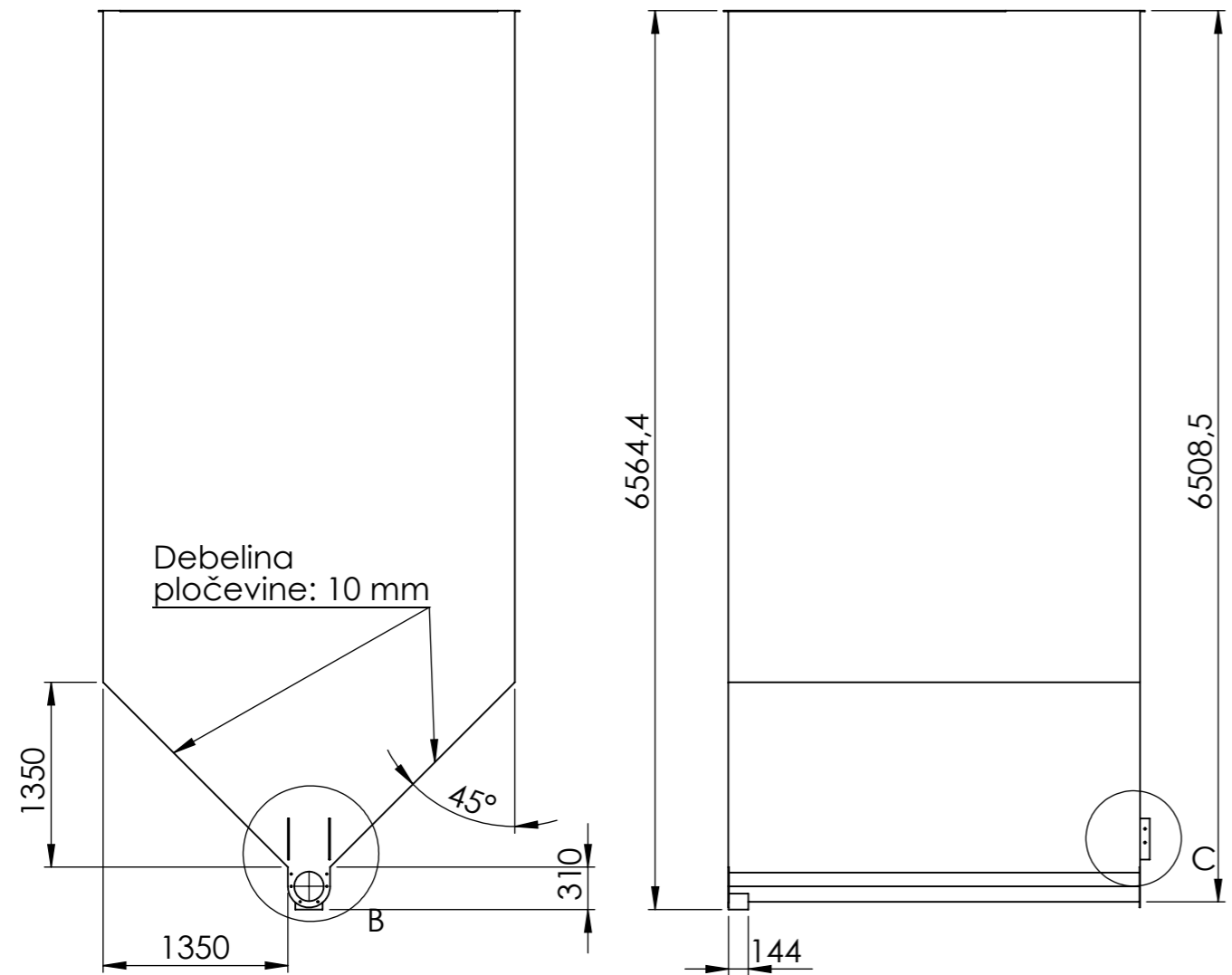
**Priloga 6: Tehniška dokumentacija**



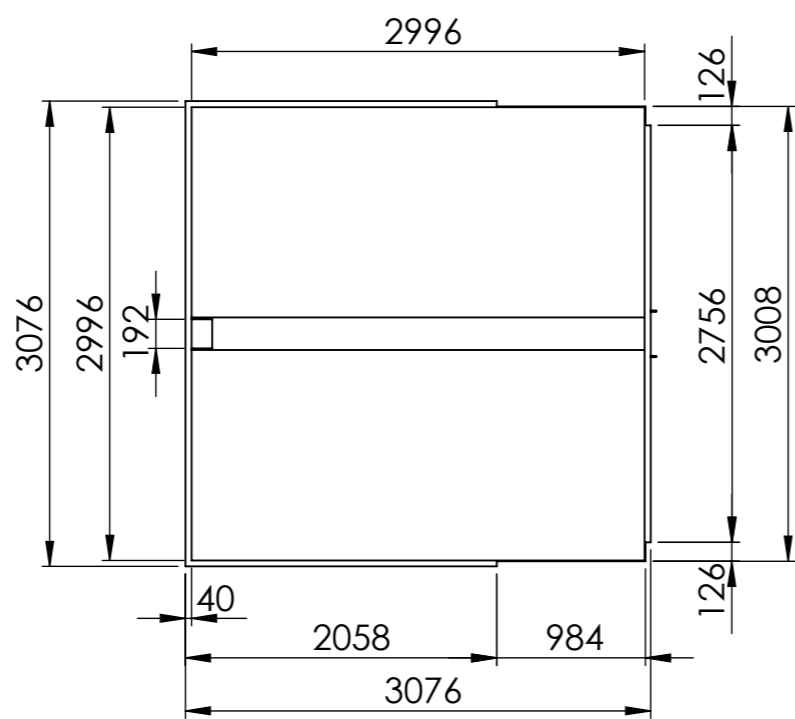
Volumen zalogovnika: 51 m<sup>3</sup>

ITEM NO.	NAZIV	ŠT. RISBE	KOLIČINA
1	Zalogovnik	Nzdom - 2	1
2	Gred z vijajnico	Nzdom - 3	1
3	Prirobnica	Nzdom - 6	2
4	Ohišjeležaja	Nzdom - 7	2
5	GredpriEM	Nzdom - 4	1
6	Moznik		1
7	SKFležaj		2
8	Gredpriizhodu	Nzdom - 5	1
9	Washer ISO 7089 - 8		8
10	ISO 4014 - M8 x 50 x 22-N		8
11	Vskočnik35mm		1
12	NosilecEM	Nzdom - 8	1
13	3D_SK92672-100L41		1
14	Loputa	Nzdom - 9	1
15	Washer ISO 7089 - 10		32
16	ISO 4017 - M10 x 25-N		12
17	Hexagon Nut ISO - 4032 - M10 - W - N		16
18	Washer ISO 7089 - 12		8
19	ISO 4017 - M12 x 35-N		4
20	Hexagon Nut ISO - 4032 - M12 - W - N		4
21	ISO 4017 - M10 x 45-N		4
22	Elastičnasklopka(GF 42-LL)1		1
23	ISO 4017 - M8 x 20-N		8
24	Hexagon Nut ISO - 4032 - M8 - W - N		8
25	Nosilnakonstrukcija		1

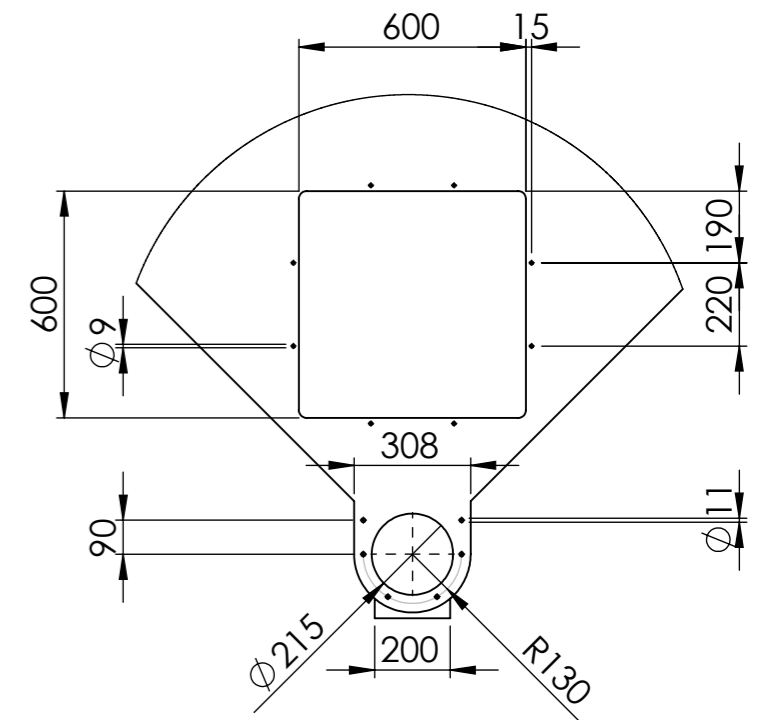
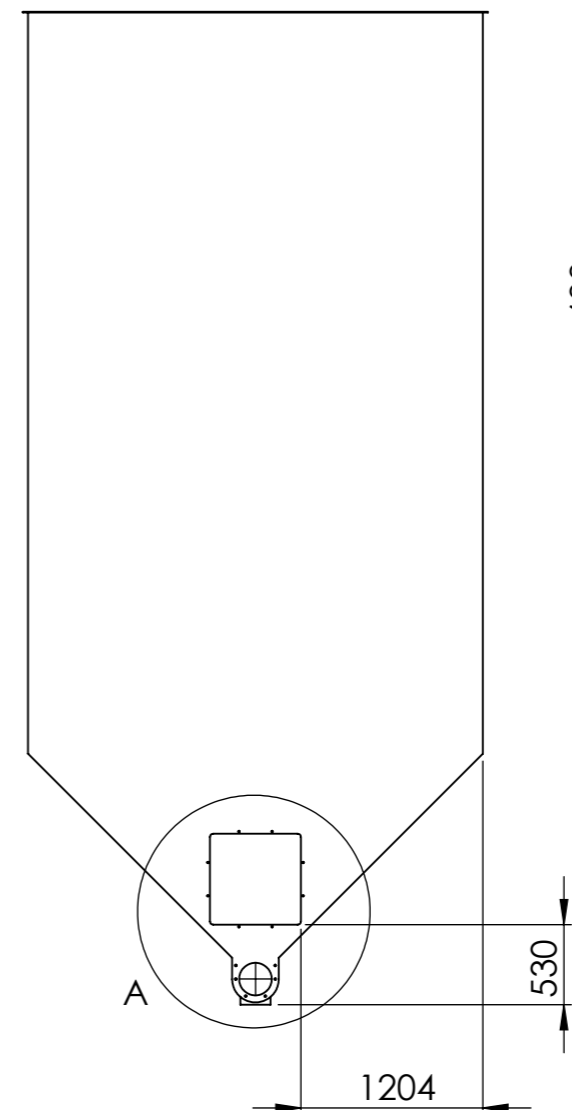
Dimenzije so v mm		Splošne tolerance dolžin in kotov po: ISO 2768-f		Ostre robove posneti		ŠTEVILO KOSOV: 1	
		Splošne geometrične tolerance po: ISO 2768-H					
IME	PODPIS	DATUM		Naziv			
Izdel.	Peter Mojerič	5.3.2012		<h1>Naprava</h1>			
Kontr.							
K.std.							
				MATERIAL:		Številka risbe	
				Jeklo E 295		Nzdom - 1	
				TEŽA: 3000 kg		MERILO: 1:50	
						LIST 1 OD 1	
						A3	



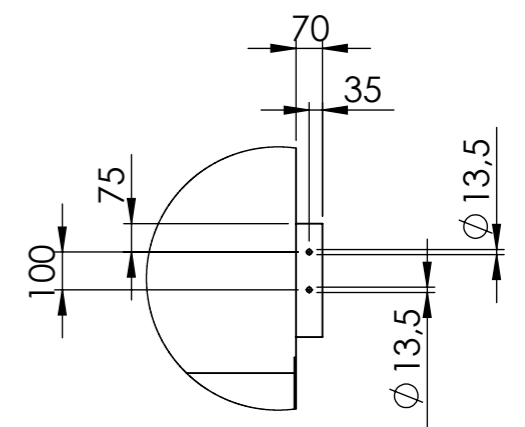
DETAIL B  
SCALE 1 : 20



Debelina pločevine,  
če ni drugače  
navedeno: 6 mm

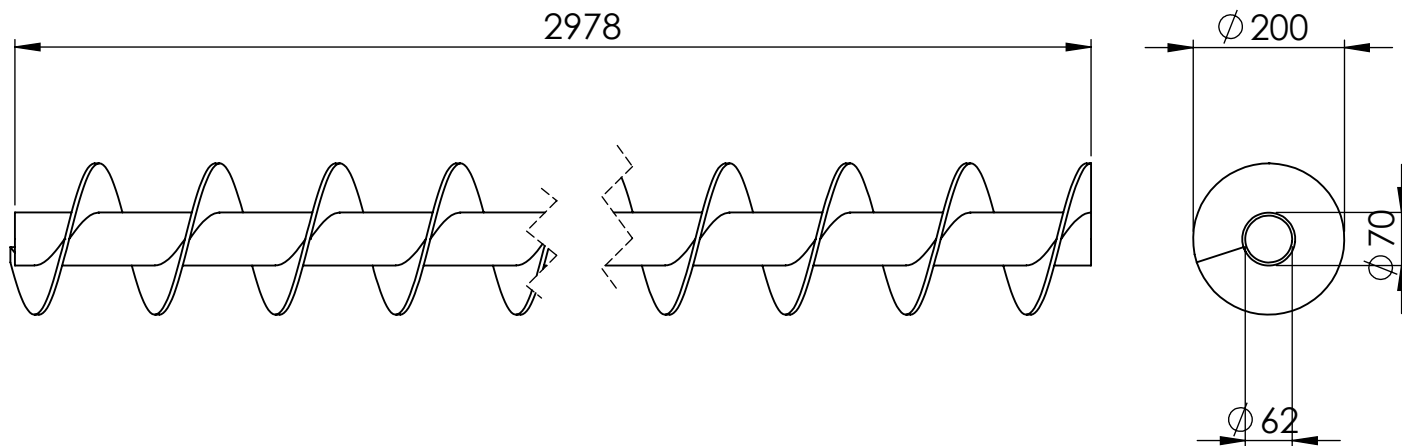


DETAIL A  
SCALE 1 : 20

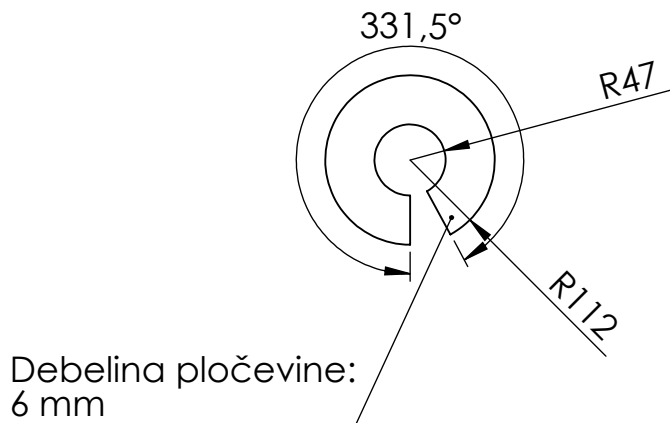


DETAIL C  
SCALE 1 : 20

Dimenzije so v mm		Splošne tolerance dolžin in kotov po: ISO 2768-f		Ostre robove posneti		ŠTEVILO KOSOV: 1	
		Splošne geometrične tolerance po: ISO 2768-H					
IME	PODPIS	DATUM		Naziv			
Izdel.	Peter Mojerič	5.2.2012		<b>Zalogovnik</b>			
Kontr.							
K.std.							
MATERIAL:				Številka risbe		A3	
Jeklo E 295				Nzdom - 2			
TEŽA: 2400 kg		MEROLO: 1:50		LIST 1 OD 1			



Izrez pločevine za 1 navoj vijačnice:

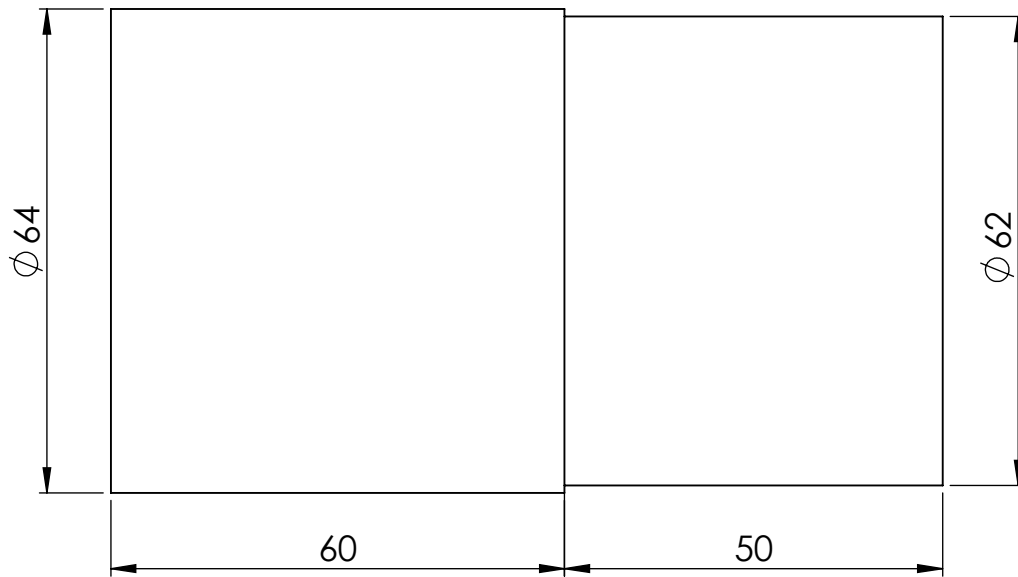


Število navojev: 18,6

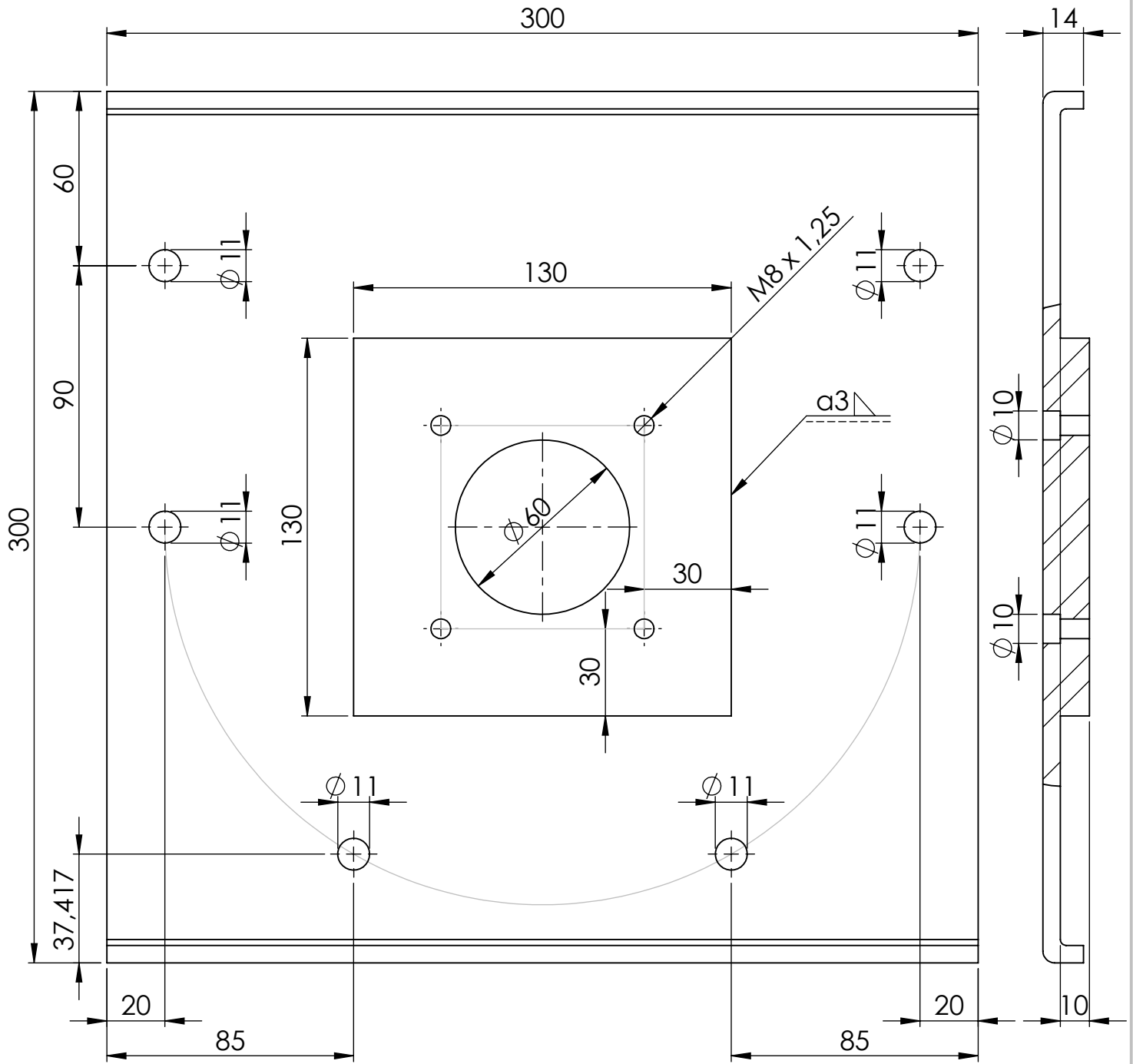
		Splošne tolerance dolžin in kotov po: ISO 2768-f Splošne geometrične tolerance po: ISO 2768-H		Ostre robove posneti		ŠTEVILO KOSOV: 1		REVISION	
IME		PODPIS		DATUM		Naziv			
Izdel. Peter Majerič				5.2.2012		<h1 style="text-align: center;">Gred z vijačnico</h1>			
Kontr.									
K.std.						Številka risbe		A4	
				MATERIAL:		Nzdom - 3			
				Jeklo E 295		MERILO: 1:10		LIST 1 OD 1	
				TEŽA: 45 kg					





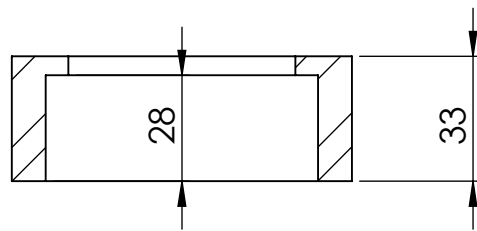
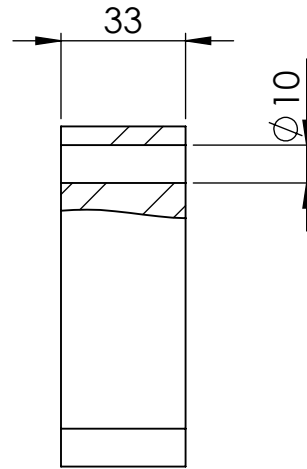
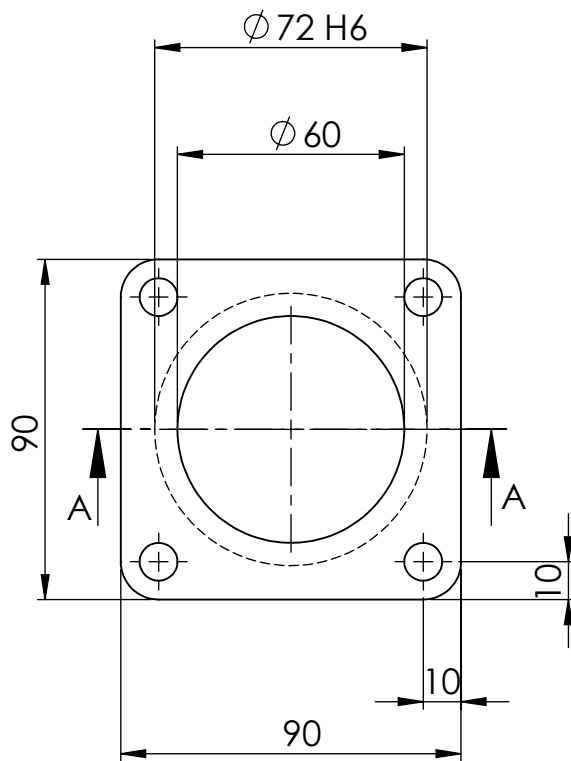


		Splošne tolerance dolžin in kotov po: ISO 2768-f			ŠTEVILO KOSOV: 1		REVISION		
		Splošne geometrične tolerance po: ISO 2768-H							
	IME	PODPIS	DATUM			Naziv  <h1 style="text-align: center;">Gred pri izhodu</h1>			
Izdel.	Peter Majerič		5.2.2012						
Kontr.									
K.std.									
				MATERIAL:		Številka risbe		<h1 style="text-align: center;">Nzdom - 5</h1>	
				Jeklo E 295					
				TEŽA:	2,3 kg	MERILO: 1:1	LIST 1 OD 1		

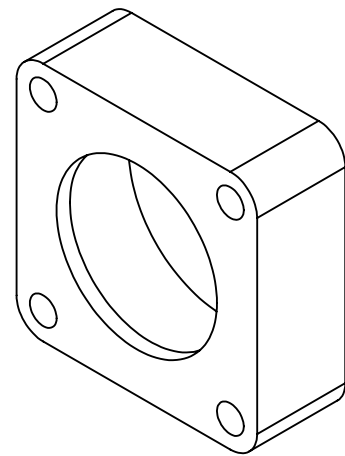


Debelina pločevine: 6 mm

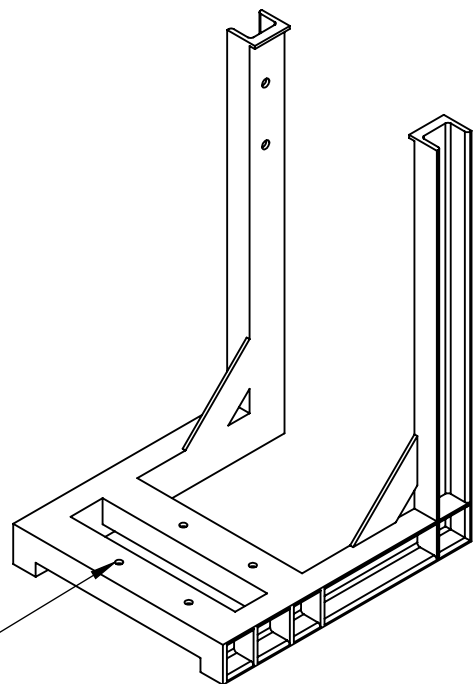
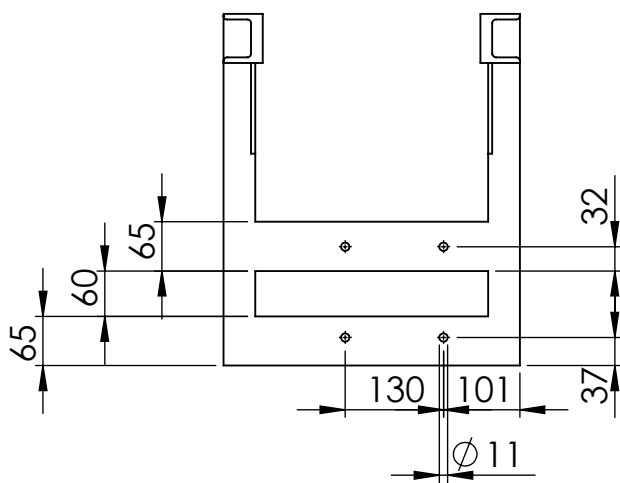
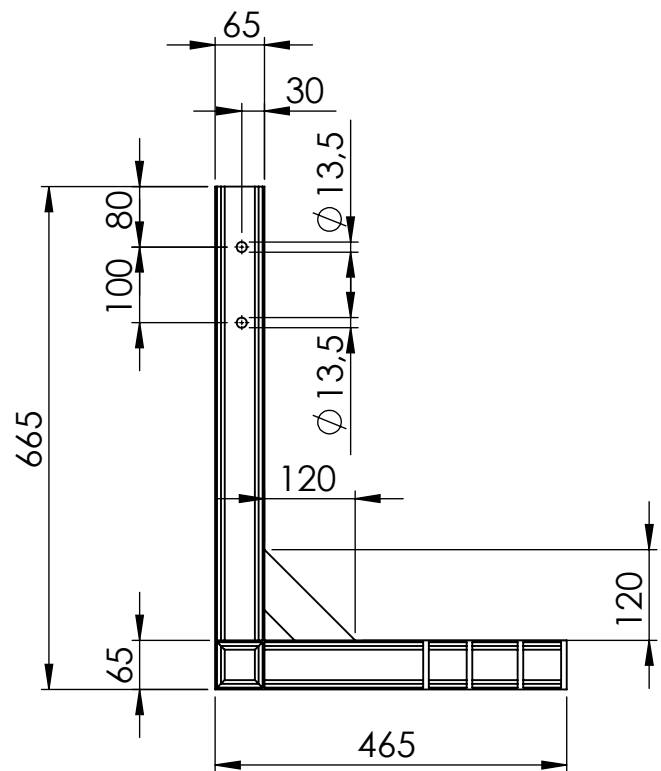
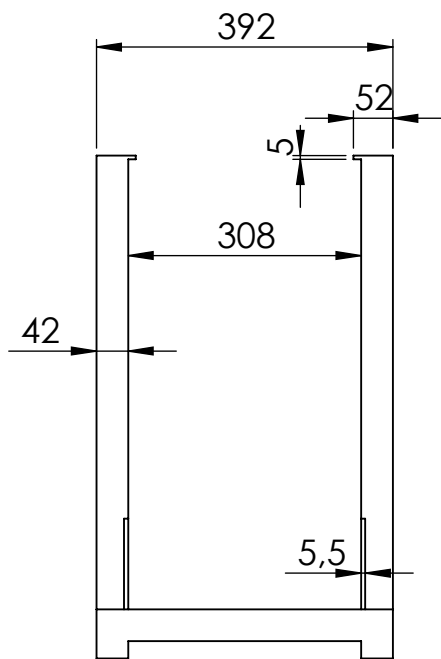
		Splošne tolerance dolžin in kotov po: ISO 2768-f  Splošne geometrične tolerance po: ISO 2768-H		Ostre robove posneti		ŠTEVILO KOSOV: 2		REVISION	
IME		PODPIS		DATUM		Naziv			
Izdel. Peter Majerič				5.3.2012		<h1 style="text-align: center;">Prirobnica</h1> <h2 style="text-align: center;">Nzdom - 6</h2>			
Kontr.									
K.std.						Številka risbe		A4	
				MATERIAL:		Jeklo E 295		MERILO: 1:2	
				TEŽA: 5,3 kg		LIST 1 OD 1			



PREREZ A-A

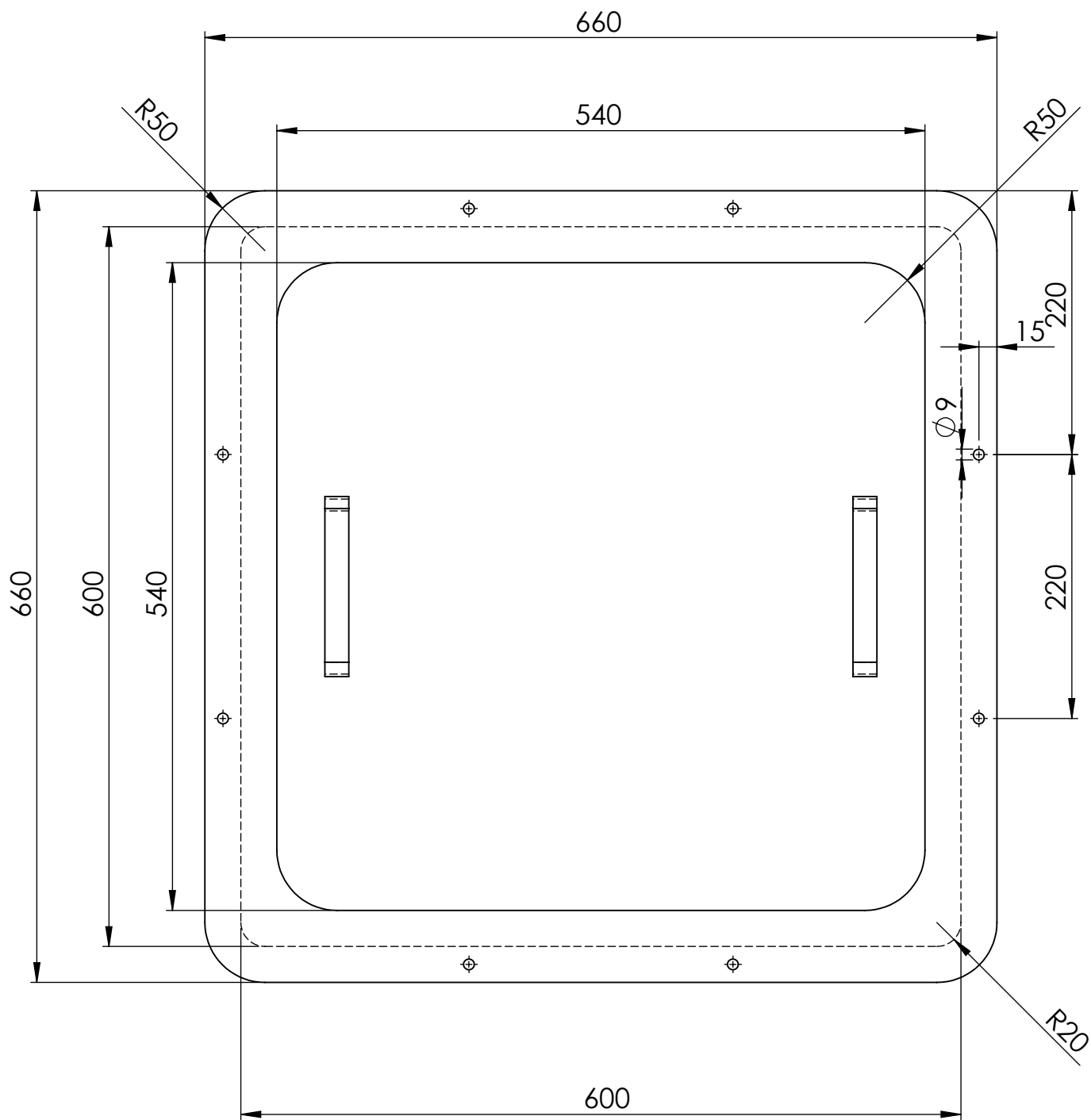


		Splošne tolerance dolžin in kotov po: ISO 2768-f  Splošne geometrične tolerance po: ISO 2768-H		Ostre robove posneti		ŠTEVILO KOSOV: 2		REVISION	
IME		PODPIS		DATUM		Naziv			
Izdel. Peter Majerič				5.2.2012		<h1>Ohišje ležaja</h1>			
Kontr.									
K.std.						Številka risbe			
				MATERIAL:		<h2>Nzdom - 7</h2>			
				Jeklo E 295		A4			
				TEŽA: 1 kg		MERILO: 1:2		LIST 1 OD 1	



Luknje izvrtati pri montaži elektromotorja

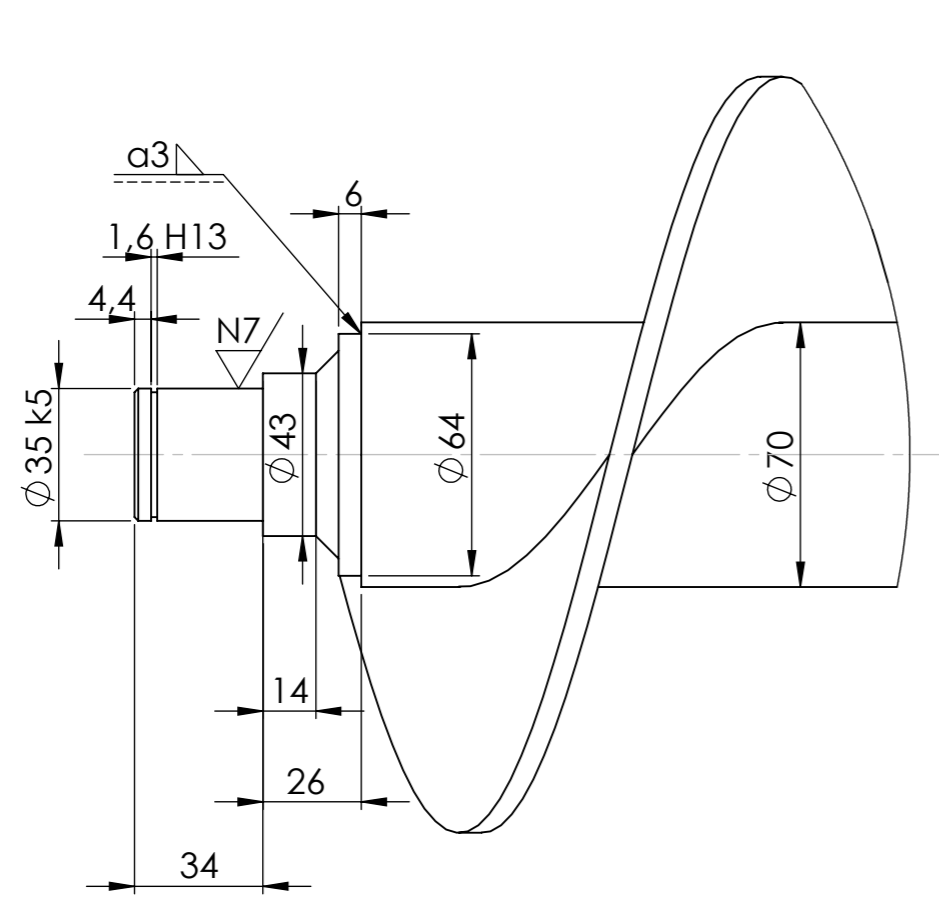
		Splošne tolerance dolžin in kotov po: ISO 2768-f  Splošne geometrične tolerance po: ISO 2768-H		Ostre robove posneti		ŠTEVILO KOSOV: 1		REVISION	
IME		PODPIS		DATUM		Naziv			
Izdel. Peter Majerič				5.2.2012		<h1>Nosilec EM</h1> <h2>Nzdom - 8</h2>			
Kontr.									
K.std.						Številka risbe		A4	
				MATERIAL:		MERILO: 1:10		LIST 1 OD 1	
				Jeklo E 295					
				TEŽA: 21 kg					



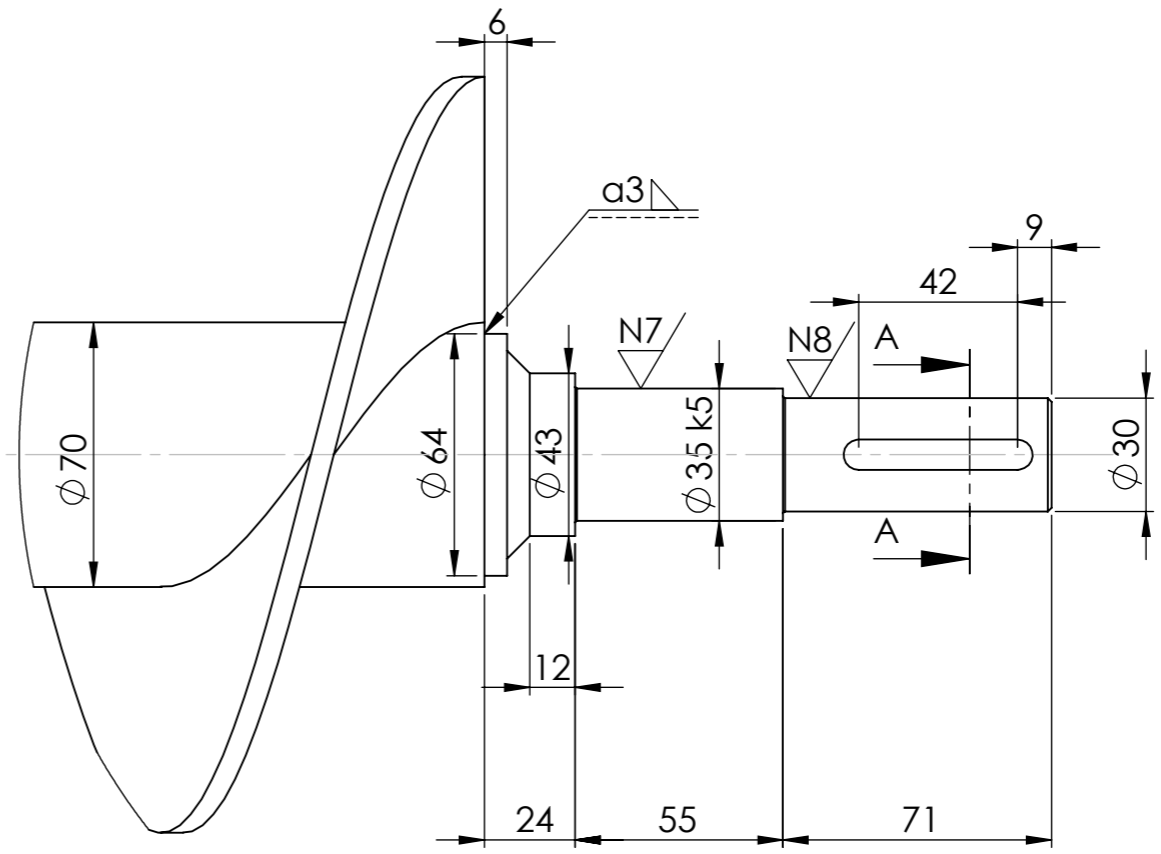
Debelina pločevine je 6 mm

		Splošne tolerance dolžin in kotov po: ISO 2768-f  Splošne geometrične tolerance po: ISO 2768-H		Ostre robove posneti		ŠTEVILO KOSOV: 1		REVISION	
IME		PODPIS		DATUM		Naziv			
Izdel. Peter Majerič				5.2.2012		<h1>Loputa</h1> <h2>Nzdom - 9</h2>			
Kontr.									
K.std.									
				MATERIAL:		Številka risbe		A4	
				Jeklo E 295					
				TEŽA: 15 kg		MERILO: 1:5		LIST 1 OD 1	

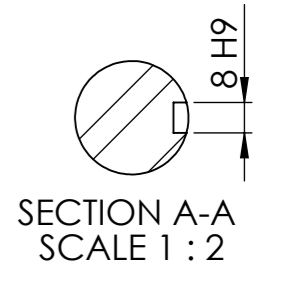
N7 / N8



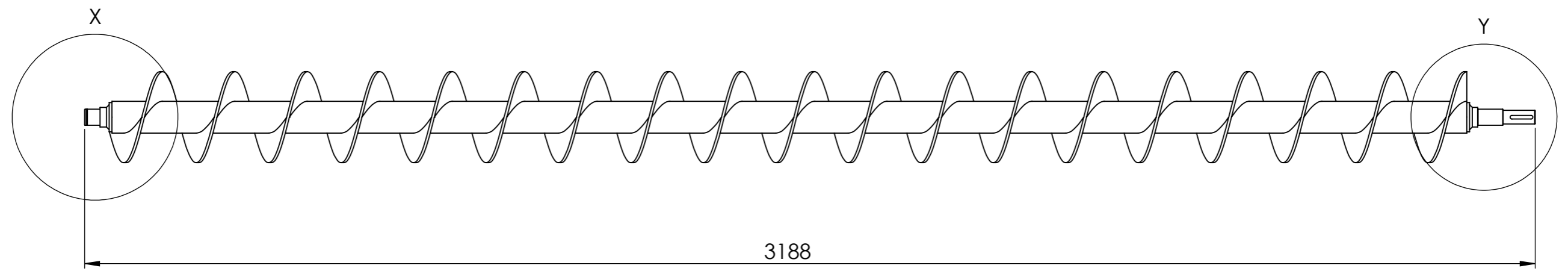
DETAIL X  
SCALE 1 : 2



DETAIL Y  
SCALE 1 : 2



SECTION A-A  
SCALE 1 : 2



3188

Posnetja so 1mm/45°  
Zaokrožitve 0,5 mm

		Splošne tolerance dolžin in kotov po: ISO 2768-f Splošne geometrične tolerance po: ISO 2768-H	Ostre robove posneti Dimenzije so v mm	ŠTEVILO KOŠOV: 1
IME Izdel. Peter Majerič Kontr. K.std.	PODPIS	DATUM 5.3.2012	Naziv <b>Polž</b>	Številka risbe <b>Nzdom - 10</b>
MATERIAL: Jeklo E 295			MERILO: 1:10	A3
TEŽA: 48 kg			LIST 1 OD 1	