

Otprašivanje u pogonu sirove kave

Šutalo, Zvonimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:099250>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-14**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Zvonimir Šutalo

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Miroslav Ruševljan, dipl. ing.

Student:

Zvonimir Šutalo

Zagreb, 2015.

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

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Miroslavu Ruševljanu na pomoći pri izradi ovog završnog rada.

Zvonimir Šutalo



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

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

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Zvonimir Šutalo**

Mat. br.: **0035183713**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Otprašivanje u pogonu sirove kave**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Dedusting in a row coffee plant**

Opis zadatka:

U pogonu za istovar, separaciju i transport sirove kave na više je mjesta potrebno odsisavati sitne čvrste čestice koje nastaju pri različitim mehaničkim operacijama. U tu svrhu treba projektirati sustav centralnog otprašivanja s primjenom vrećastih filtera. Analizom radnih uvjeta potrebno je odrediti broj odsisnih linija, s jednim ili više odsisnih ventilatora i vrećastih filtera. Projekt treba sadržavati sve potrebne proračune, s dimenzioniranjem odsisnih hauba i transportnih kanala i odabirom prikladne lokacije ventilatora i vrećastih filtera. Pri izboru materijala vreća u vrećastom filtru treba voditi računa o specifičnostima čestica sirove kave (npr. higroskopnost). Crtežna dokumentacija treba sadržavati 3D shemu sustava otprašivanja s oznakama koje omogućuju razumijevanje postupka proračuna. Radionički treba razraditi haubu na mjestu istovara sirove kave. Sve ostale detalje dogovoriti s mentorom.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

5. svibnja 2015.

Rok predaje rada:

2. rok: 17. rujna 2015.

Predviđeni datumi obrane:

2. rok: 21., 22., i 23. rujna 2015.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Miroslav Ruševljan

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

| | |
|---|-----|
| SADRŽAJ | I |
| POPIS SLIKA | II |
| POPIS TABLICA..... | III |
| POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE | IV |
| POPIS OZNAKA | V |
| SAŽETAK..... | VI |
| SUMMARY | VII |
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. POGON ZA ISTOVAR, SEPARACIJU I TRANSPORT SIROVE KAVE..... | 2 |
| 2.1. Fotografije..... | 2 |
| 2.2. 3D-shema sustava otprašivanja..... | 5 |
| 2.3. Shema sustava centralnog otprašivanja..... | 6 |
| 3. DIMENZIONIRANJE ODSISNE HAUBE | 8 |
| 3.1. Svojstva..... | 8 |
| 3.2. Proračun | 8 |
| 3.2.1. Izračun brzine taloženja čestica | 8 |
| 3.2.2. Primjer proračuna..... | 12 |
| 3.2.3. Izračun zahvatne površine..... | 14 |
| 3.2.4. Proračun potrebnog volumnog protoka..... | 15 |
| 3.3. Izračun promjera čestice za stvarni protok | 16 |
| 3.4. 3D- model odsisne haube | 17 |
| 4. ODSISNI KANALI | 18 |
| 4.1. Princip rada sustava | 19 |
| 4.2. Svojstva tvari potrebna za proračun..... | 20 |
| 4.3. Proračun | 21 |
| 4.3.1. Određivanje lokalnih otpora strujanju na primjeru dionice 1 | 22 |
| 4.3.2. Izračun ukupnog pada tlaka za dionicu 1 | 25 |
| 4.4. Izračun pada tlaka ostalih dionica odsisnih kanala | 26 |
| 4.4.1. Suma padova tlaka za mreže odsisnih kanala A i B | 28 |
| 5. Uređaji za filtraciju..... | 31 |
| 5.1. Maksimalno dopuštene koncentracije zagađivača | 31 |
| 5.2. Vrećasti filtri | 32 |
| 5.3. Sastavnica vreća koje se koriste u otprašivanju kavene prašine | 33 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 35 |
| LITERATURA..... | 36 |
| PRILOZI..... | 37 |

POPIS SLIKA

| | | |
|-----------|--|----|
| Slika 1. | Usisna hauba na mjestu istovara sirove kave (1000kg) | 2 |
| Slika 2. | Odsisni kanal | 2 |
| Slika 3. | Klapna | 3 |
| Slika 4. | Stroj za pražnjenje vreća sirove kave (100kg) | 3 |
| Slika 5. | Transportna traka..... | 4 |
| Slika 6. | Vrećasti filteri..... | 4 |
| Slika 7. | 3D-shema sustava..... | 5 |
| Slika 8. | 3D-shema sustava..... | 5 |
| Slika 9. | 2-D shema postrojenja sa označenim mjernim mjestima..... | 6 |
| Slika 10. | Mjerene vrijednosti faktora trenja λ č | 9 |
| Slika 11. | Zahvatna površina | 14 |
| Slika 12. | 3D model odsisne haube..... | 17 |
| Slika 13. | Shema odsisnih kanala sa označenim dionicama | 18 |
| Slika 14. | Shema mreže A i B..... | 19 |
| Slika 15. | Odsisna hauba..... | 22 |
| Slika 16. | Graf ovisnosti faktora otpora o kutu ulaska u haubu [4]..... | 23 |
| Slika 17. | Pad tlaka u prijelaznom komadu [4]..... | 24 |
| Slika 18. | Karakteristika odabranog ventilatora | 30 |
| Slika 19. | Vrećasti filter | 32 |
| Slika 20. | Sastavnica materijala vreće | 33 |
| Slika 21. | Sastavnica materijala vreće | 34 |

POPIS TABLICA

| | | |
|------------|--|----|
| Tablica 1. | Izmjerene vrijednosti brzina..... | 7 |
| Tablica 2. | Brzina taloženja čestica prašine..... | 13 |
| Tablica 3. | Volumni protok u ovisnosti o promjeru čestice..... | 16 |
| Tablica 4. | Ukupni pad tlaka..... | 26 |
| Tablica 5. | Pad tlaka i volumni protok u odsisnim mrežama A i B..... | 29 |

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

| BROJ CRTEŽA | Naziv iz sastavnice |
|---------------|-------------------------|
| 2015-1000.001 | Sklop haube i prijelaza |
| 2015-2000.001 | Prijelazni komad |
| 2015-2000.002 | Hauba |
| 2015-2000.002 | Hauba l2 |
| 2015-3000.003 | Prirubnica |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|---------------|------------------|----------------------------------|
| L | M | Duljina |
| t | S | Vrijeme |
| A | m^2 | Površina |
| g | $\frac{m}{s^2}$ | Gravitacijsko ubrzanje |
| p | Pa | Tlak |
| w | $\frac{m}{s}$ | Brzina |
| ρ | $\frac{kg}{m^3}$ | Gustoća |
| μ | Pa*s | Dinamička viskoznost |
| ν | $\frac{m^2}{s}$ | Kinematička viskoznost |
| λ | - | Faktor trenja |
| Re | - | Reynoldsov broj |
| Ar | - | Arhimedov broj |
| \dot{V} | $\frac{m^3}{s}$ | Volumni protok |
| ν | - | Koncentracija čestica |
| ε | - | Poroznost |
| k | - | Hrapavost stijenke cijevi |
| α | ° | Kut |
| t | °C | Temperatura |
| ξ | - | Faktor lokalnog otpora strujanju |

SAŽETAK

U ovom završnom radu trebalo je projektirati sustav centralnog otprašivanja s korištenjem vrećastih filtera u pogonu za istovar, separaciju i transport sirove kave. Proračun je proveden za postojeći sustav, koji je u pogonu u jednoj domaćoj tvrtki, tako da bi se proračunske rezultate moglo usporediti s onima koje je moguće izmjeriti u realnim uvjetima. Potrebno je izračunati padove tlaka u odsisnim kanalima, te volumni protok čestica koji je potreban za njihovo usisavanje u otprašni sustav i transport do filtera. Pri projektiranju ventilacijskih kanala, odsisne haube te odabiru vrećastih filtera trebalo je uzeti u obzir specifičnosti čestica prašine sirove kave.

Ključne riječi:

Otprašivanje, vrećasti filter, odsisna hauba

SUMMARY

The aim of this bachelor thesis was to design a central dedusting system for the dumping, separation and transport of raw coffee. A dedusting system at a homeland company was used as a platform for the calculations conducted within this thesis because the results could then be compared to those that were obtained by measurements. The relevant variables that were calculated are pressure losses in the pipeline and the prescribed volumetric flow rate. During the design process of both the pipeline and suction hood, and when choosing bag filters, physical properties of raw coffee were taken into account.

Key words:

Dedusting, bag filters

1. UVOD

U današnje se vrijeme sve češće govori o kvaliteti života, odnosno o stanju okoliša u kojem čovjek boravi. Pod stanjem okoliša podrazumijevaju se temperatura i vlažnost uzduha, brzina strujanja uzduha, ali i onečišćivači koji se nalaze u uzduhu i mogu biti opasni po zdravlje čovjeka.

Cilj je sustava ventilacije, održati koncentraciju štetnih čestica u uzduhu ispod one dopuštene zakonom ili nekom drugom odredbom.

Industrijska ventilacija se bavi sakupljanjem i odvođenjem prašine, tj. štetnih čestica iz industrijskih pogona. U praksi se najčešće primjenjuju aktivni sustavi otprašivanja s primjenom vrećastih filtera, pa je i sustav iz ovog zadatka toga tipa.

U ovom završnom zadatku se razrađuje proračun sustava centralnog otprašivanja za odvođenje sitnih čvrstih čestica koje su nastale prilikom mehaničkih operacija u pogonu za istovar, separaciju i transport sirove kave u jednoj postojećoj tvrtki. Sustav je u funkciji više godina, te se razmatra mogućnost njegove rekonstrukcije, u cilju optimizacije manevarskog prostora u pogonu, te smanjenja potrošnje energije.

Da bi se izvršila analiza postojećeg stanja, bilo je potrebno otići u pogon, te izmjeriti dimenzije odsisnih kanala i ostalih elemenata, kao i brzine strujanja unutar sustava centralnog otprašivanja. Temeljem mjerenih podataka je proveden proračun odsisne haube i odsisnih kanala za postojeće stanje.

2. POGON ZA ISTOVAR, SEPARACIJU I TRANSPORT SIROVE KAVE

Radi lakše vizualizacije sustava za centralno otprašivanje, pri izradi 3D sheme sustava su uz skicu s potrebnim kotama priložene i fotografije određenih komponenti.

2.1. Fotografije



Slika 1. Usisna hauba na mjestu istovara sirove kave (1000kg)



Slika 2. Odsisni kanal



Slika 3. Klapna



Slika 4. Stroj za praženje vreća sirove kave (100kg)

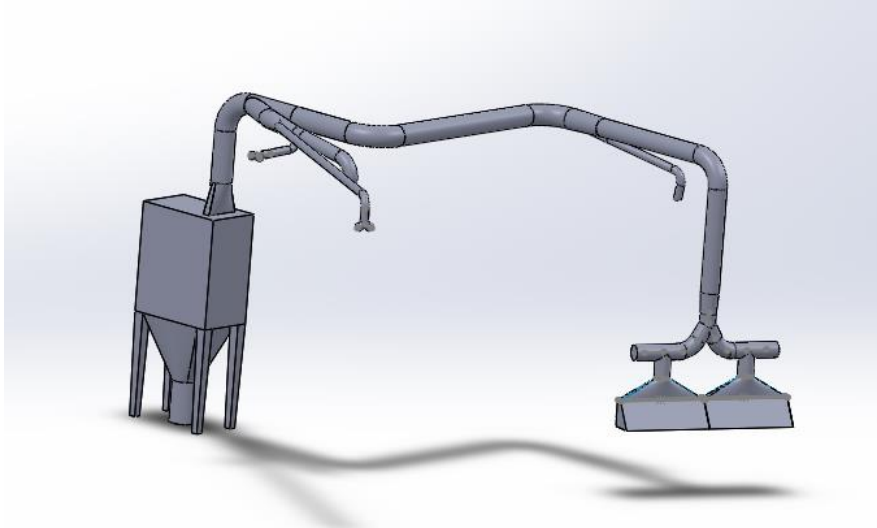


Slika 5. Transportna traka

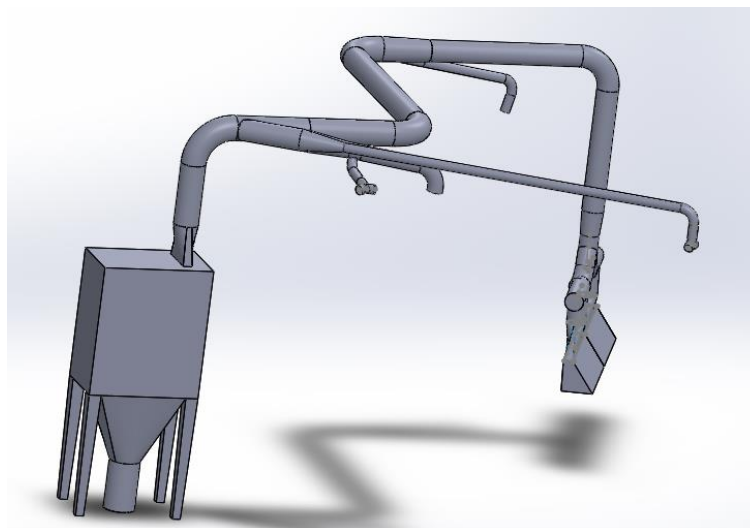


Slika 6. Vrećasti filteri

2.2. 3D-shema sustava otprašivanja



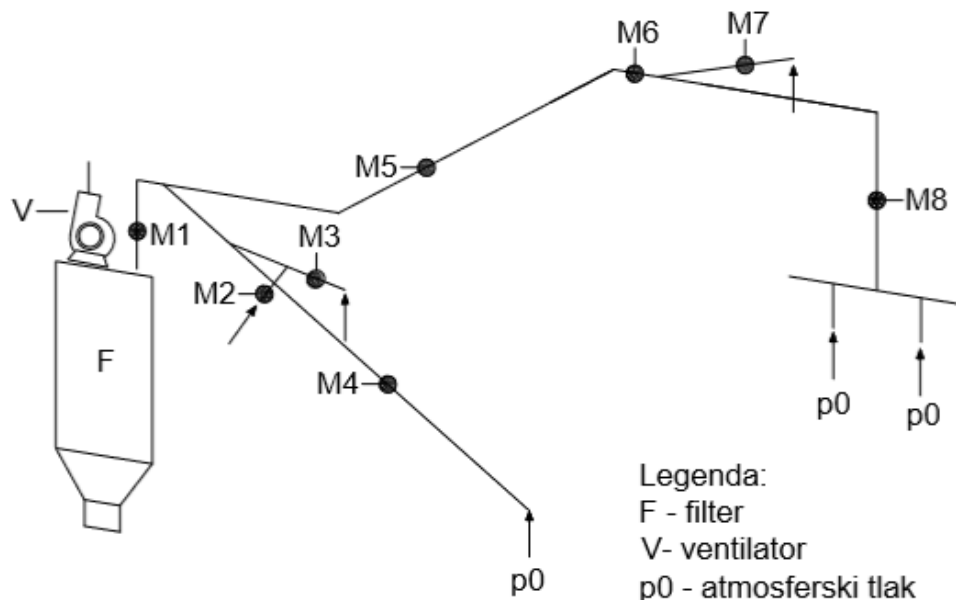
Slika 7. 3D-shema sustava



Slika 8. 3D-shema sustava

2.3. Shema sustava centralnog otprašivanja

Radi jednostavnijeg prikaza mjernih mjesta izrađena je shema sustava centralnog otprašivanja sa ucrtanim lokacijama na kojima je mjerena brzina strujanja. Mjerna mjesta se moraju nalaziti što udaljenije od pozicija gdje dolazi do skretanja strujanja (koljena, redukcije, proširenja kanala) radi pojave vrtloženja strujanja, što značajno umanjuje točnost mjerenih podataka.



Slika 9. 2-D shema postrojenja sa označenim mjernim mjestima

Izmjerene vrijednosti brzina [Tablica 1].

| Oznaka mjesta mjerjenja | Brzina strujanja [m/s] |
|----------------------------|---------------------------|
| M1 A | 9 |
| M1B | 12 |
| M2 | 10 |
| M3 | 18 |
| M4 | 25 |
| M5 | 10 |
| M6 | 10 |
| M7 | 11 |
| M8 | 10 |

Mjerenje je provedeno sa Pitotovom cijevi, te je potrebno izvršiti dodatna mjerenja za detaljniju analizu sustava.

3. DIMENZIONIRANJE ODSISNE HAUBE

3.1. Svojstva

Medij kojim se čestice prašine sirove kave prenose do filtera je uzduh temperature 20°C.

| | |
|-------------------------------|---|
| gustoća uzduha | $\rho_t = 1,1884 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ |
| dinamička viskoznost uzduha | $\mu_t = 1,206 * 10^{-6} [Pa * s]$ |
| kinematička viskoznost uzduha | $\nu_t = \frac{\mu_t}{\rho_t} = \frac{1,206 * 10^{-6}}{1,1884} = 1,5319 * 10^{-5} \left[\frac{m^2}{s} \right]$ |
| gustoća sirove kave | $\rho_{\check{c}} = 561 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ |

3.2. Proračun

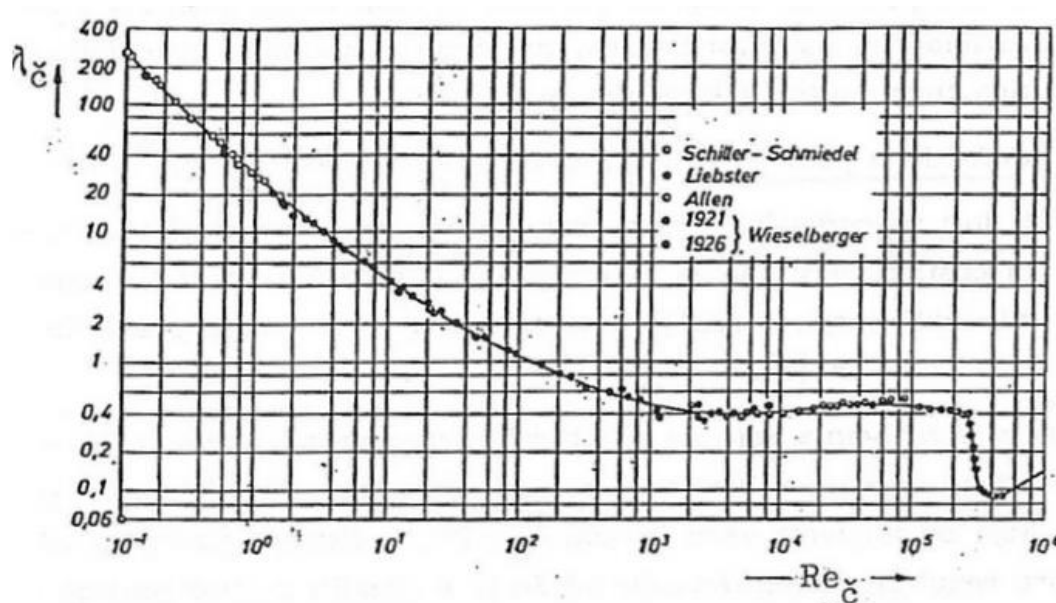
3.2.1. Izračun brzine taloženja čestica

Poznavanje zakonitosti taloženja čestica bitno je za konstruiranje uređaja u kojima se provode procesi odvajanja čestica iz tekućine i za konstruiranje postrojenja pomoću kojih se čestice transportiraju s tekućinom. [1] Da bismo pojednostavnili izračun brzine taloženja čestice, uvodimo sljedeće pretpostavke:

- 1) čestice su čvrste (krute) i glatke površine
- 2) čestice se talože u njutnovskoj tekućini
- 3) kretanje čestica se promatra kao da one miruju u tekućini koja se kreće

Taloženje (sedimentacija) čestica ovisi o nametnutim vanjskim silama. Kod gravitacijskog taloženja, čestice uronjene u mirnoj tekućini počinju se nejednoliko ubrzano gibati pod djelovanjem sile teže. Kad se djelovanje te sile izjednači sa silom otpora, čestice se nastavljaju gibati jednoliko. Brzina tog jednolikog gibanja, naziva se brzinom taloženja. [1]

Faktor otpora opstrujavanja čestica λ_{ζ} određuje se iskustveno u ovisnosti o Reynoldsovom broju Re_{ζ} . Rezultate provedenih eksperimenata taloženja kuglastih čestica u mirnoj tekućini, prikazuje sljedeći graf. [1]



Slika 10. Mjerene vrijednosti faktora trenja λ_{ζ}

Ovisnost faktora trenja λ_{ζ} o Reynoldsovoj značajki Re_{ζ} , prikazana na slici, može se podijeliti na tri karakteristična područja: Stokesovo, prijelazno i Newtonovo područje. Kako bi se olakšao proračun brzine taloženja, uvodi se Arhimedova značajka koja je jednoznačno povezana s Reynoldsovom značajkom. [1]

Arhimedov broj

$$Ar = \left(\frac{\rho_{\check{c}}}{\rho_t} - 1 \right) * \frac{g * d_{\check{c}}^3}{v_t^2} \quad (1)$$

Reynoldsov broj

$$Re_{\check{c}} = \frac{d_{\check{c}} * w_{t\check{c}}}{v_t} \quad (2)$$

Poveznica između
Arhimedovog i
Reynoldsovog broja

$$\lambda_{\check{c}} * Re_{\check{c}}^2 = \frac{4}{3} * Ar \quad (3)$$

Ovisno o uvjetima strujanja, postoje 3 područja taloženja kuglastih čestica:

1) Stokesovo područje

Strujanje oko čestica je laminarno. Faktor trenja $\lambda_{\check{c}}$ se veoma dobro poklapa sa mjerenim veličinama.

Ovisnost faktora
faktora trenja čestice o
Reynoldsovom broju

$$\lambda_{\check{c}} = \frac{24}{Re_{\check{c}}} \quad (4)$$

Kriteriji za Stokesovo područje su:

$$Re_{\check{c}} \leq 1$$

$$1,8 * 10^{-3} < Ar < 18$$

Brzina taloženja
čestice

$$(w_{t\check{c}}) = \frac{1}{18} * \left(\frac{\rho_{\check{c}}}{\rho_t} - 1 \right) * \frac{g * d_{\check{c}}^2}{v_t} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (5)$$

2) Prijelazno područje

Strujanje tekućine oko čestica nije izrazito laminarno i iza njih se počinju pojavljivati vrtlozi.

Ovisnost faktora
faktora trenja čestice o
Reynoldsovom broju

$$\lambda_{\check{c}} = \frac{k}{Re^{n_{\check{c}}}} \quad (6)$$

Kriteriji za prijelazno područje su:

$$1 < Re_{\check{c}} < 10^3$$

Brzina taloženja
čestice

$$w_{t\check{c}} = [0,072 * \left(\frac{\rho_{\check{c}}}{\rho_t} - 1 \right) * \frac{g * d_{\check{c}}^{1,6}}{v_t^{0,6}}] \quad (7)$$

3) Newtonovo područje

Strujanje tekućine oko čestica je turbulentno sa izrazitim vrtlozima. Faktor trenja ne odstupa znatnije od konstantne veličine, koja se u proračunima najčešće procjenjuje sa

$$\lambda_{\xi} = 0,44.$$

Brzina taloženja
čestice

$$w_{t\check{c}} = \left[3,03 * \left(\frac{\rho_{\check{c}}}{\rho_t} - 1 \right) * g * d_{\check{c}} \right]^{0,5} \quad (8)$$

3.2.2. Primjer proračuna

Uvrštene su vrijednosti za proračun brzine taloženja čestice promjera $d_{\xi} = 5\mu\text{m}$.

Pomoću jednadžbe (1) je izračunat Arhimedov broj koji iznosi $Ar=2,46 * 10^{-3}$, iz čega zaključujemo da se nalazimo u Stokesovom području taloženja čestica.

$$1,8 * 10^{-3} < 2,46 * 10^{-3} < 18$$

Za proračun brzine taloženja koristi se Stokesova formula:

$$(w_{t\check{c}}) = \frac{1}{18} * \left(\frac{561}{1,1884} - 1 \right) * \frac{9,81 * (5 * 10^{-6})^2}{1,5319 * 10^{-5}}$$

Izračunata je brzina taloženja čestice promjera $d_{\xi} = 5\mu\text{m}$:

$$(w_{t\check{c}}) = 4,188 * 10^{-4} \left[\frac{m}{s} \right]$$

Analogno prethodnom napravljen je proračun i za promjere čestica: 7,5 μm , 10 μm i 12 μm . Dobiveni rezultati su prikazani u sljedećem dijagramu.

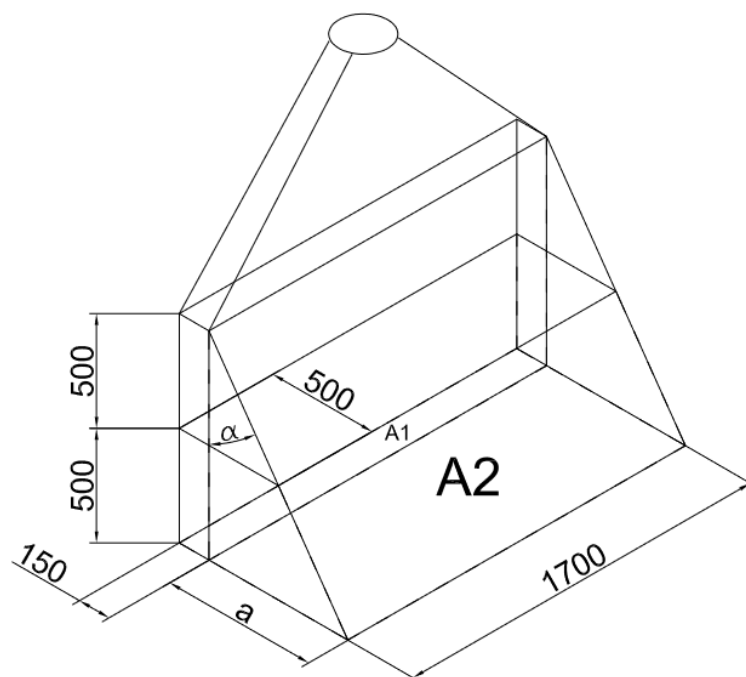
Brzina taloženja čestica prašine [Tablica 2].

| Promjer čestice [μm] | Arhimedov broj [-] | Brzina taloženja čestice [m/s] |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 5 | $2,46 * 10^{-3}$ | $4,188 * 10^{-4}$ |
| 7,5 | $8,30 * 10^{-3}$ | $9,424 * 10^{-4}$ |
| 10 | 0,0196 | $1,675 * 10^{-3}$ |
| 12 | 0,034 | $2,412 * 10^{-3}$ |

Iz dobivenih rezultata se može vidjeti kako brzina taloženja čestica raste sa povećanjem promjera čestice.

3.2.3. Izračun zahvatne površine

Odsisna hauba na lokaciji istovara 1000 kg vreća sirove kave je udaljena 0,5m od mjesta generiranja prašine, tj. samog mjesta usipa kave u silos, te se temeljem toga računa projekcija zahvatne površine haube na toj udaljenosti. Zahvatna površina se koristi u jednadžbi kontinuiteta za izračun potrebnog volumnog protoka uzduha pri kojemu će brzina strujanja uzduha biti veća ili jednaka brzini taloženja čestice.



Slika 11. Zahvatna površina

$$A = A_1 + A_2 \text{ [m}^2\text{]} \rightarrow 0,255 + 1,19 = 1,445 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_1 = 1,7 * 0,15 = 0,255 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\tan\alpha = \frac{350}{500} \rightarrow \alpha = 35^\circ$$

$$a = 1000 * \tan 35^\circ = 700 \text{ [mm]}$$

$$A_2 = a * 1,7 = 0,7 * 1,7 = 1,19 \text{ [m}^2\text{]}$$

3.2.4. Proračun potrebnog volumnog protoka

Temeljem proračunatih brzina taloženja čestica i zahvatne površine izračunan je volumni protok čestica, kao i volumni protok uzduha. Volumni protok uzduha je dobiven preko pretpostavljene koncentracije čestica $v = 0,0004$ (koja se u sustavima industrijske ventilacije kreće se u granicama od 0,0002 do 0,0007). Površina zahvata je konstanta, a brzina taloženja se povećava s povećanjem promjera čestice, iz čega prema jednadžbi (10) slijedi da će se s povećanjem promjera čestice povećati i potreban volumni protok za njezino odsisavanje. Proračunska zahvatna površina je samo gruba aproksimacija stvarne zahvatne površine.

| | | |
|--------------------------|---------------------------------------|-----|
| Koncentracija čestica | $v = \frac{\dot{V}_c}{\dot{V}_t} [-]$ | (9) |
|--------------------------|---------------------------------------|-----|

| | | |
|---------------------------|---|------|
| Volumni protok čestica | $\dot{V}_c = w_{t\check{c}} * A \left[\frac{m^3}{s} \right]$ | (10) |
|---------------------------|---|------|

| | | |
|--------------------------|--|------|
| Volumni protok uzduha | $\dot{V}_t = \frac{\dot{V}_c}{v} \left[\frac{m^3}{s} \right]$ | (11) |
|--------------------------|--|------|

Volumni protok [Tablica 3].

| Promjer čestice, $d_{\check{c}}$ | μm | 5 | 7,5 | 10 | 12 |
|--|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Brzina taloženja čestica, ($w_{t\check{c}}$) | $\frac{m}{s}$ | $4,188 * 10^{-4}$ | $9,424 * 10^{-4}$ | $1,675 * 10^{-3}$ | $2,412 * 10^{-3}$ |
| Reynoldsov broj | - | $1,367 * 10^{-4}$ | $4,614 * 10^{-4}$ | $1,093 * 10^{-3}$ | $1,889 * 10^{-4}$ |
| Zahvatna površina, A | m^2 | 1,445 | 1,445 | 1,445 | 1,445 |
| Volumni protok čestica, $\dot{V}_{\check{c}}$ | $\frac{m^3}{s}$ | $6,052 * 10^{-4}$ | $1,362 * 10^{-3}$ | $2,42 * 10^{-3}$ | $3,485 * 10^{-3}$ |
| Volumni protok čestica, $\dot{V}_{\check{c}}$ | $\frac{m^3}{h}$ | 2,179 | 4,9 | 8,71 | 12,547 |
| Volumni protok uzduha, \dot{V}_t | $\frac{m^3}{h}$ | 5448 | 12250 | 21775 | 31367 |

3.3. Izračun promjera čestice za stvarni protok

Izmjereni volumni protok uzduha kroz haubu iznosi $0,495 \frac{m^3}{s}$, iz jednadžbe (9) je dobiven volumni protok čestica koji iznosi $1,98 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}$, pri koncentraciji čestica $v=0,0004$.

Koristeći jednadžbu (10) je izračunana brzina taloženja čestica ($w_{t\check{c}} = 1,37 * 10^{-4} \left[\frac{m}{s}\right]$).

Pri stvarnom volumnom protoku uzduha \dot{V}_t i ranije određenoj površini zahvata A, iz jednadžbe (5) je određen promjer čestice $d_{\check{c}} = 2,86 * 10^{-6} [m]$.

3.4. 3D- model odsisne haube



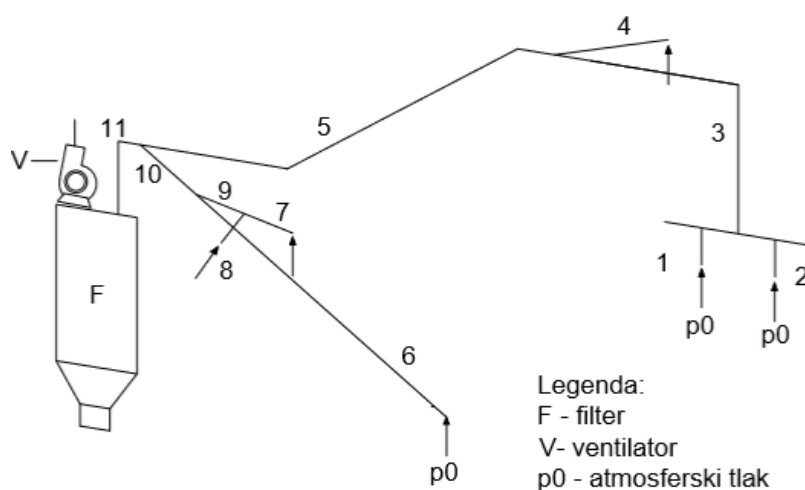
Slika 12. 3D model odsisne haube

4. ODSISNI KANALI

Nakon što su izmjerene stvarne dimenzije odsisne mreže i izrađen 3D model, provodi se proračun pada tlaka, koji se sumira sa padom tlaka u filteru te se na temelju izračunate vrijednosti i zbrojenih volumnih protoka dimenzionira odsisni ventilator.

Ventilator je smješten na kućištu vrećastog filtera i kanalom je spojen sa vanjskim okolišem.

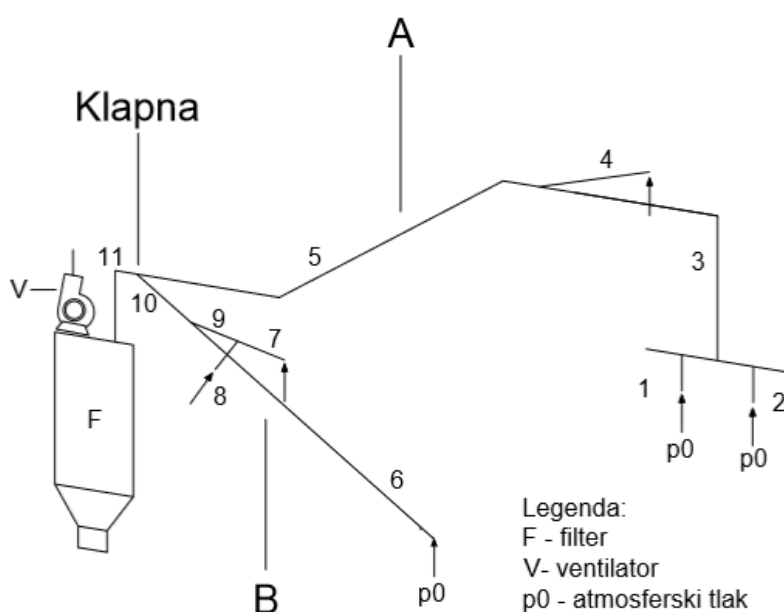
Odsisni kanali su podijeljeni na dionice, a njihove pozicije su označene na sljedećoj shemi:



Slika 13. Shema odsisnih kanala sa označenim dionicama

4.1. Princip rada sustava

Filter je spojen sa dvije mreže odsisnih kanala, radi lakšeg praćenja proračuna, mreže su označene oznakama A i B. Odsisna mreža A služi za odvođenje čestica prašine pri istovaru vreća sa 1000kg sirove kave i odvođenje prašine i iz miješalice čestica, dok odsisna mreža B ima funkciju otprašivanja transportne trake i uređaja za pražnjenje vreća sa 100kg sirove kave. Bitno je naglasiti da je uvijek u funkciji samo jedna odsisna mreža, tako da je ventilator dimenzioniran za onu mrežu sa većim padom tlaka i volumnim protokom. Na spoju dijelova kanala A i B, nalazi se klapna koja regulira smjer strujanja.



Slika 14. Shema mreže A i B

4.2. Svojstva tvari potrebna za proračun

| | |
|------------------------------------|---|
| gustoća sirove kave | $\rho_{\check{c}} = 561 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ |
| promjer čestice sirove kave | $d_{\check{c}} = 10 \text{ [}\mu\text{m]} \text{ (pretpostavka)}$ |
| temperatura uzduha | $t_t = 20^\circ\text{C}$ |
| gustoća uzduha | $\rho_t = 1,1884 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ |
| dinamička viskoznost uzduha | $\mu_t = 1,206 * 10^{-6} \text{ [Pa * s]}$ |
| kinematička viskoznost uzduha | $v_t = \frac{\mu_t}{\rho_t} = \frac{1,206 * 10^{-6}}{1,1884} = 1,5319 * 10^{-5} \left[\frac{m^2}{s} \right]$ |
| koncentracija čestica | $v_{\check{c}} = 0,0004 \text{ [-]} \text{ (odabrana vrijednost)}$ |
| poroznost | $\varepsilon = \frac{1}{1+v_{\check{c}}} = \frac{1}{1+0,0004} = 0,9996$ |
| volumen uzduha po volumenu čestica | $m = \frac{1}{v_{\check{c}}} = \frac{1}{0,0004} = 2500$ |
| gustoća smjese | $\rho_s = \frac{m * \rho_t + \rho_{\check{c}}}{m+1} = \frac{2500 * 1,1884 + 561}{2500+1} = 1,412 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ |

Arhimedov broj

$$Ar = \left(\frac{\rho_{\check{c}}}{\rho_t} - 1 \right) * \frac{g * d_{\check{c}}^3}{v_t^2} = \left(\frac{561}{1,1884} - 1 \right) * \frac{9,81 * (10 * 10^{-6})^2}{(1,5319 * 10^{-5})^2} = 0,0197$$

4.3. Proračun

Vrijednost Arhimedova broja se nalazi u Stokesovom području taloženja čestica.

$$1,8 * 10^{-3} < 0,0197 < 18$$

Prema tome se koristi Stokesova jednadžba za brzinu taloženja čestica, koja nam je potrebna za izračun faktora trenja čestice λ_{ζ} .

$$(w_{t\zeta}) = \frac{1}{18} * \left(\frac{\rho_{\zeta}}{\rho_t} - 1 \right) * \frac{g * d_{\zeta}^2}{\nu_t} \left[\frac{m}{s} \right]$$

Brzina taloženja čestica iznosi $(w_{t\zeta}) = 1,675 * 10^{-3} \left[\frac{m}{s} \right]$.

Vrijednost λ_{ζ} se računa za pojedinu dionicu prema izrazu:

$$\text{Faktor trenja čestica} \quad \lambda_{\zeta} = 0,288 * \nu_{\zeta} * \left(\frac{\rho_{\zeta}}{\rho_t} - 1 \right) * \left(\frac{w_{t\zeta}^3}{g * \nu_t} \right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{d * g}{w_t^2} \right)^{\frac{4}{3}} \quad (12)$$

Nakon što je izračunat faktor trenja čestica, potrebno je izračunati faktor trenja kanala λ_t , prema izrazu:

$$\text{Faktor trenja cijevi} \quad \frac{1}{\sqrt{\lambda_t}} = -2 * \ln \left(\frac{2,51}{Re * \sqrt{\lambda_t}} + \frac{k}{3,71 * d} \right) \quad (13)$$

Odabrana je k vrijednost hrapavosti kanala kao svojstva materijala kanala $k=0,025$.

$$\text{Reynoldsov broj} \quad Re = \frac{w_t * \rho_t * d}{\mu_t} [-] \quad (14)$$

Ukupni pad tlaka se računa prema izrazu:

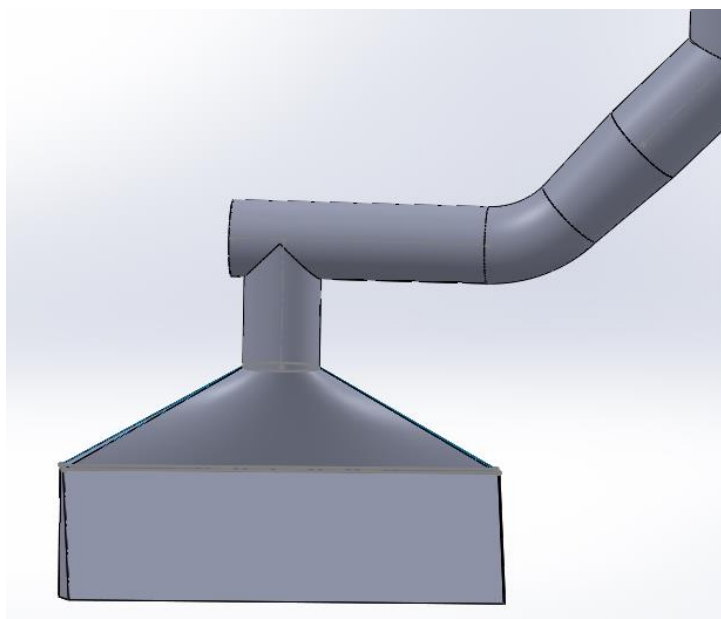
$$\text{Pad tlaka} \quad \Delta p = [(\lambda_t + \lambda_{\zeta}) * \frac{L}{d} + \sum \xi] * \frac{\rho_t * w_t}{2} \pm (\rho_s - \rho_t) * g * h \quad (15)$$

$$\text{linijski gubici strujanja} \quad [\lambda_t + \lambda_{\zeta}) * \frac{L}{d}$$

$$\text{lokalni gubici strujanja} \quad \sum \xi$$

$$\text{korekcija zbog efekta uzgona} \quad (\rho_s - \rho_t) * g * h$$

4.3.1. Određivanje lokalnih otpora strujanju na primjeru dionice 1



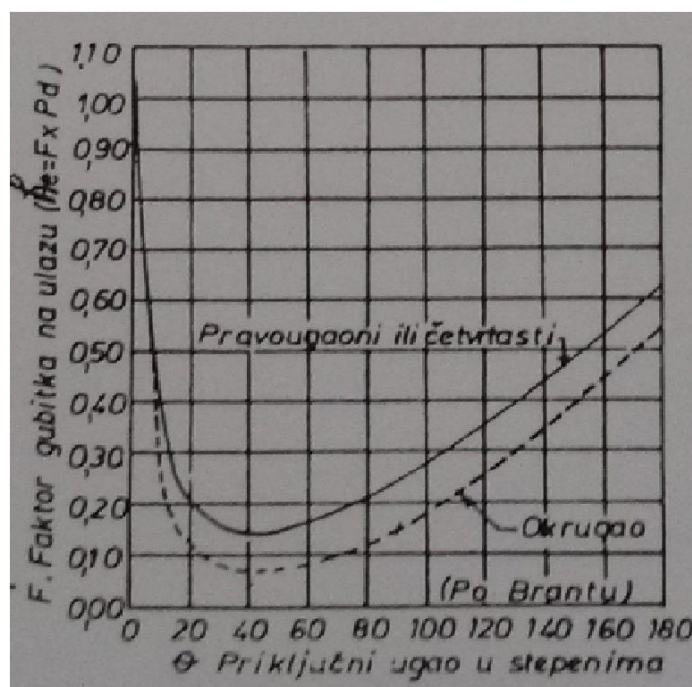
Slika 15. Odsisna hauba

Javlja se lokalni pad tlaka zbog rešetke na ulazu u usisnu haubu, ulaska uzduha u usisnu haubu, prijelaznog dijela, T-spoja i redukcije kanala sa koljenom 60°.

- 1) Lokalni pad tlaka zbog rešetke određen je iz omjera površina svijetlog presjeka i ukupnog presjeka ulazne površine odsisne haube [3]

$$\xi = 3$$

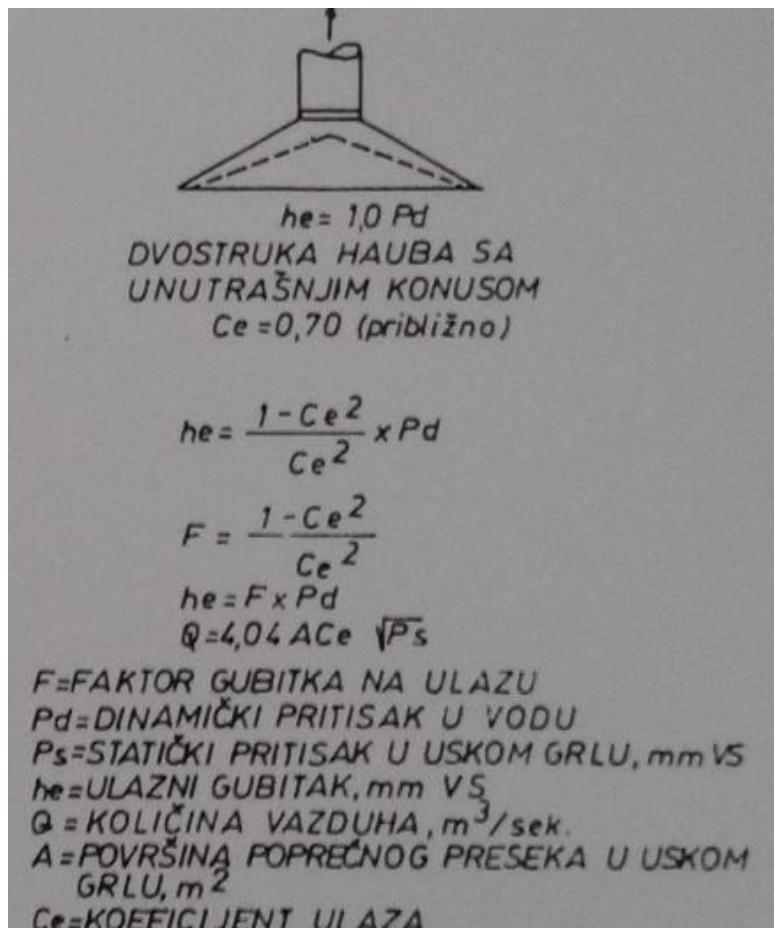
- 2) Lokalni pad tlaka na mjestu ulaska u odsisnu haubu određen je iz sljedećeg grafa.[2]



Slika 16. Graf ovisnosti faktora otpora o kutu ulaska u haubu [4]

Za kut $\theta = 35^\circ$ očitana je vrijednost faktora $\xi=0,16$ na ulazu u odsisnu haubu.

- 3) Lokalni pad tlaka u prijelaznom komadu određen je korištenjem iskustvenih podataka sa sljedeće slike: [2]



Slika 17. Pad tlaka u prijelaznom komadu [4]

$$\xi = \frac{1 - C_e^2}{C_e} = \frac{1 - 0,7^2}{0,7^8} = 1,04$$

Pri $C_e=0,70$ faktor $\xi = 1,04$.

4) Lokalni pad tlaka u T-spoju iznosi $\xi = 1,5$, a pad tlaka u koljenu 60° iznosi $\xi = 0,14$.

Suma lokalnih koeficijenata otpora strujanju za dionicu 1:

$$\sum \xi = 3 + 0,16 + 1,04 + 1,5 + 0,14 = 5,84$$

Iz dobivenog rezultata može se vidjeti da su dominantni otpori strujanju u rešetci koja sprječava ulazak krupnijih čestica u sustav filtracije i u T-spoju.

4.3.2. Izračun ukupnog pada tlaka za dionicu 1

$$(w_{t\check{c}}) = 1,675 * 10^{-3} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$\lambda_{\check{c}} = 0,288 * v_{\check{c}} * \left(\frac{\rho_{\check{c}}}{\rho_t} - 1 \right) * \left(\frac{w_{t\check{c}}^3}{g * v_t} \right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{d * g}{w_t^2} \right)^{\frac{4}{3}}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{\check{c}} &= 0,288 * 0,0004 * \left(\frac{561}{1,1884} - 1 \right) * \left(\frac{(1,675 * 10^{-3})^3}{9,81 * 1,5319 * 10^{-5}} \right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{0,3 * 9,81}{7^2} \right)^{\frac{4}{3}} \\ &= 4,019 * 10^{-5} \end{aligned}$$

$$Re = \frac{w_t * \rho_t * d}{\mu_t}$$

$$Re = \frac{7 * 1,1884 * 0,3}{18,206 * 10^{-6}} = 137077$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_t}} = -2 * \ln \left(\frac{2,51}{Re * \sqrt{\lambda_t}} + \frac{k}{3,71 * d} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_t}} = -2 * \ln \left(\frac{2,51}{137077 * \sqrt{\lambda_t}} + \frac{0,025}{3,71 * 0,3} \right)$$

$$\lambda_t = 0,0178$$

$$\Delta p = [(\lambda_t + \lambda_{\xi}) * \frac{L}{d} + \sum \xi] * \frac{\rho_t * w_t^2}{2} \pm (\rho_s - \rho_t) * g * h$$

$$\Delta p = [(0,0178 + 4,019 * 10^{-5}) * \frac{1}{0,3} + 5,84] * \frac{1,1884 * 7^2}{2} + (1,412 - 1,1884) * 9,81 * 0,5 = 172 [Pa]$$

Ukupni pad tlaka na dionici 1 odsisnih kanala iznosi 172 Pa.

4.4. Izračun pada tlaka ostalih dionica odsisnih kanala

Analogno prethodnom proračunu, određeni su ukupni padovi tlaka ostalih dionica odsisnih kanala, osim dionica 4, 7, 8 i 9 jer su te dionice povezane sa uređajima u kojima je nepoznat pad tlaka. Rezultati su prikazani u sljedećoj tablici:

Ukupni pad tlaka [Tablica 4]

| Dionica [-] | Duljina L [m] | Promjer d[m] | Brzina strujanja uzduha $w_t \left[\frac{m}{s} \right]$ | Volumni protok uzduha $\left[\frac{m^3}{h} \right]$ | Reynoldsov broj [-] | Faktor trenja čestice [* 10 ⁻⁶] | Faktor trenja kanala [-] | Suma lokalnih otpora strujanju $\sum \xi$ [-] | Ukupni pad tlaka [Pa] |
|----------------|------------------|-----------------|---|---|---------------------------|---|-----------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 1 | 0,3 | 7 | 1780 | 137077 | 40,19 | 0,0178 | 5,84 | 172 |
| 2 | 1 | 0,3 | 7 | 1780 | 137077 | 40,19 | 0,0178 | 5,84 | 172 |
| 3 | 4,5 | 0,35 | 10 | 3460 | 228463 | 19,07 | 0,0161 | 0,464 | 45 |
| 4 | 1,8 | 0,15 | 11 | 700 | 107704 | 47,79 | 0,0267 | - | - |
| 5 | 4,9 | 0,4 | 10 | 4160 | 261100 | 2,28 | 0,0150 | 0,438 | 37 |
| 6 | 5,5 | 0,15 | 25 | 1590 | 244781 | 0,54 | 0,0260 | 0,26 | 452 |
| 7 | 0,7 | 0,25 | 18 | 3180 | 293738 | 2,54 | 0,0187 | - | - |
| 8 | 1 | 0,15 | 10 | 640 | 97912 | 6,16 | 0,0267 | - | - |
| 9 | 0,7 | 0,25 | 22 | 3820 | 359014 | 1,45 | 0,0187 | - | - |
| 10 | 1 | 0,35 | 16 | 5410 | 365541 | 19,07 | 0,0157 | 0,018 | 10 |

4.4.1. Suma padova tlaka za mreže odsisnih kanala A i B

Na ukupne padove tlaka u mrežama A i B dodaje se pad tlaka u dionici 11 koja se nalazi iza klapne kao i pad tlaka u klapni.

$$\sum \xi = 0,175 + 0,24 = 0,415$$

$$\Delta p = [(\lambda_t + \lambda_{\xi}) * \frac{L}{d} + \sum \xi] * \frac{\rho_t * w_t}{2} \pm (\rho_s - \rho_t) * g * h$$

Odsisna mreža A

Ukupni pad tlaka do klapne sastoji se od sume padova tlaka na dionicama: 1, 3, 5.

Ukupni volumni protok zraka se sastoji od sume volumnih protoka na dionicama: 1, 2, 4

Brzina strujanja u dionici 11: $w_t = 9 \left[\frac{m}{s} \right]$

Faktor trenja čestica za dionicu 11: $\lambda_{\xi} = 3,018 * 10^{-5}$

Reynoldsov broj za dionicu 11: $Re = 334080$

Faktor trenja kanala za dionicu 11: $\lambda_t = 0,0147$

Pad tlaka za dionicu 11: $\Delta p = 20 [Pa]$

Odsisna mreža B

Ukupni pad tlaka do klapne sastoji se od sume padova tlaka na dionicama: 6, 10

Ukupni volumni protok zraka se sastoji od sume volumnih protoka na dionicama: 6, 7, 8

Brzina strujanja u dionici 11: $w_t = 12 \left[\frac{m}{s} \right]$

Faktor trenja čestica za dionicu 11: $\lambda_{\xi} = 2,474 * 10^{-7}$

Reynoldsov broj za dionicu 11: $Re = 445441$

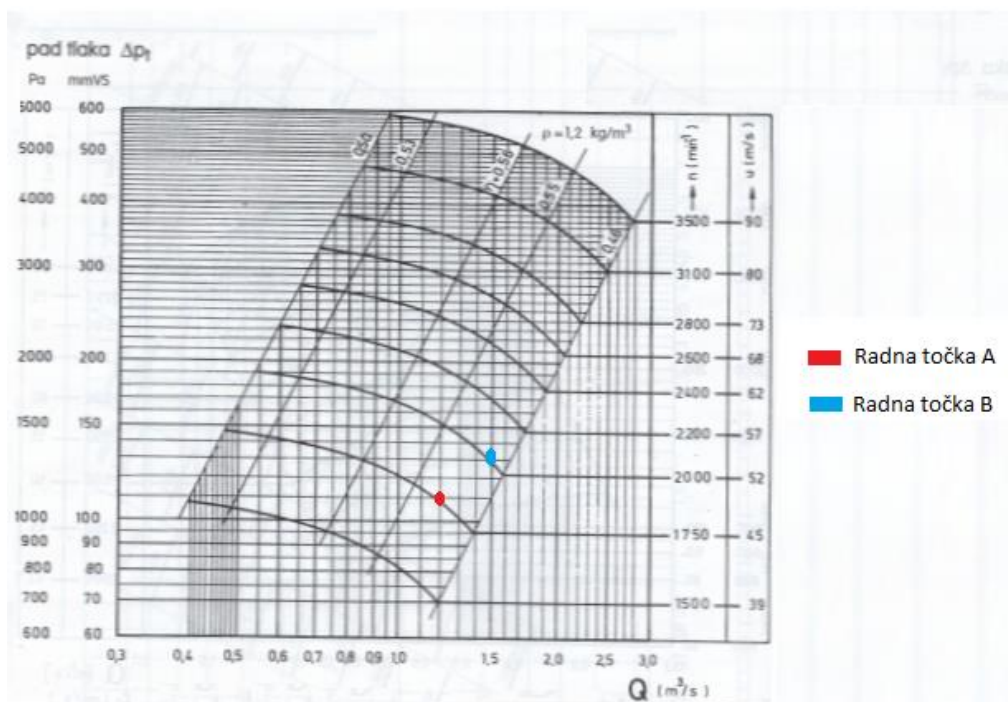
Faktor trenja kanala za dionicu 11: $\lambda_t = 0,0144$

Pad tlaka za dionicu 11: $\Delta p = 37 [Pa]$

Pad tlaka i volumni protok u odsisnim mrežama A i B [Tablica 5].

| Oznaka mreže odsisnih kanala | Ukupni pad tlaka u kanalima [Pa] | Ukupni pad tlaka [Pa] | Ukupni volumni protok zraka $\left[\frac{m^3}{h}\right]$ | Ukupni volumni protok zraka $\left[\frac{m^3}{s}\right]$ |
|---------------------------------|--|-----------------------------|--|--|
| A | 274 | 1174 | 4260 | 1,18 |
| B | 499 | 1399 | 5410 | 1,5 |

Uz poznate volumne protoke i padove tlaka u odsisnim kanalima, te pad tlaka u filteru čija vrijednost je iskustveno pretpostavljena na 900 [Pa], može se dimenzionirati ventilator. U ovom slučaju su volumni protoci kao i padovi tlaka u mrežama kanala A i B različiti, te će ventilator raditi u dvije radne točke. Kod izbora ventilatora, uz traženi volumni protok zraka i pad tlaka, između ostalog bitno je uzeti u obzir ograničenja prostora, buku i radnu temperaturu. Industrijska ventilacija je veliki potrošač energije, te zbog toga posebnu pozornost treba obratiti stupnju korisnosti ventilatora, jer se mogu ostvariti velike uštede.



Slika 18. Karakteristika odabranog ventilatora

Radna točka je definirana sjecištem krivulja karakteristika ventilatora i mreže. To je točka za koju se ventilator projektira. Odabrani ventilator će se prilagoditi uvjetima u odsisnim kanalima za slučajeve A i B promjenom broja okretaja.

5. Uređaji za filtraciju

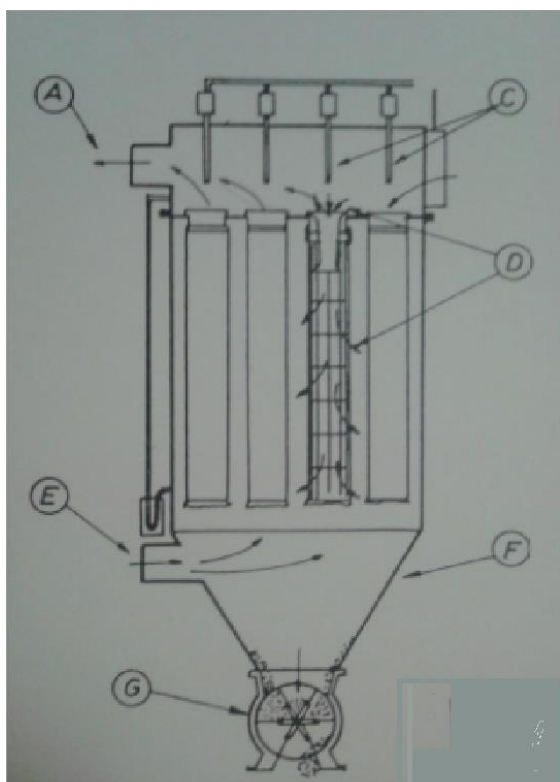
Na tržištu se mogu pronaći različiti uređaji za izdvajanje prašine, zasnovani na raznim principima, koji pokazuju različite karakteristike, kao što su: stupanj odvajanja, nabavna cijena, pogonski troškovi i troškovi održavanja, prostor koji zauzimaju. Prilikom projektiranja sustava ventilacije potrebno je obratiti pozornost na koncentraciju i veličinu čestica zagađivača, potreban stupanj odvajanja, karakteristike struje uzduha ili nekog drugog plina, karakteristike zagađivača i metodu odstranjivanja. Opseg koncentracije zagađivača i veličina čestica može biti ekstremno. Koncentracije mogu biti od 0,2 do $5 \frac{g}{m^3}$ ili više. U sustavima ventilacije niskog tlaka opseg veličina čestice prašine je od 0,5 do 100 ili više mikrometara. Prilikom izbora uređaja za odvajanje čestica, treba imati na umu visoku cijenu uređaja sa visokim stupnjem odvajanja kao što su elektrostatski filteri. Karakteristike noseće struje uzduha ili plina mogu imati značajan utjecaj na izbor uređaja. Visoke temperature plina (više od 80°C), izbacit će iz primjene pamučne materijale u kolektorima od tkanina (moguća pojava vodene pare ili kondenzata koji potencijalno mogu nanijeti štetu tkanini ili metalu). [4]

5.1. Maksimalno dopuštene koncentracije zagađivača

Maksimalno dopuštene koncentracije zagađivača u uzduhu su one za koje se pretpostavlja da se skoro svi radnici mogu izložiti njima više puta u toku radnog dana čitavog radnog staža bez štetnih posljedica. Vrijednosti koncentracija su bazirane na iskustvenim podacima iz industrija, eksperimentalnim mjerenjima ili ako je moguće njihovom kombinacijom. Većina vrijednosti su vremenski procijenjene prosječne koncentracije koje se koriste za potrebe regulacije dnevnog izlaganja štetnim tvarima. Ispitivanje koncentracija štetnih tvari u radnoj atmosferi vrši se uzimanjem reprezentativnih uzoraka u neposrednoj blizini organa za disanje radnika u pogonu, odnosno na mjestima i u vremenskim razmacima koji su karakteristični za pravilnu ocjenu trenutne ili dnevne izloženosti radnika djelovanju određenih tvari. Dopusštene koncentracije štetnih tvari mogu se pronaći u pravilnicima. [4]

5.2. Vrećasti filtri

Zbog svog velikog učinka otprašivanja, filteri sa vlaknastim vrećama od tkanine spadaju među prvoklasne uređaje za uklanjanje prašine. Mogućnost prolaza plina malom brzinom kroz tkaninu odavno je poznata i već se dugo koristi kod uređaja za pročišćavanje uzduha. Tkanina je izrađena u obliku vreća. Danas se najčešće koriste otprašivači sa mehaničkim i pneumatskim otresanjem vreća. Prednosti vrećastih filtera su: najveći stupanj korisnosti, niski troškovi održavanja, uklonjene čestice su suhe te se mogu ponovno vratiti u proizvodni proces, niski investicijski troškovi, potrošni materijal (filterske vreće). Prašina koja prodire kroz tkaninu djelomično se zadržava u njoj i time smanjuje protočnu količinu, a povećava otpor. Povećanje otpora je ovisno o svojstvima čestica prašine, količine prašine koja se zadržava na površini tkanine, a ponajviše o osobinama same tkanine. [3] U trenutku kada diferencijalni manometar mjeri veći pad tlaka od dozvoljenog na filteru, aktivira se mehanizam otresanja, koji može biti mehanički ili pneumatski, ovisno o izvedbi. Kod pneumatskog otresanja, protustrujno se dovodi komprimirani zrak koji preko Venturijeve cijevi (da bi otresanje bilo efikasnije) dođe u samu vreću te se ona strese, a čestice spadnu u sabirni koš.



| Legenda: | |
|----------|------------------------|
| A | Izlaz čistog zraka |
| C | Ventili za otresanje |
| D | Protustrujno otresanje |
| E | Ulaz onečišćenog zraka |
| F | Sabirni koš |
| G | Čelijski dozator |

Slika 19. Vrećasti filter

5.3. Sastavnica vreća koje se koriste u otprašivanju kavene prašine

Prilikom projektiranja sustava centralnog otprašivanja, treba posvetiti pozornost vrsti čestica koje se odvođe sustavom. Na sljedećim slikama su prikazane sastavnice materijala vreća koje se koriste u praksi za otprašivanje čestica prašine sirove kave. Materijal vreća je poliester $500 \frac{gr}{m^2}$ sa obradom protiv ulja i vode kao i antistatičkom obradom.

CHEMICAL COMPOSITION: POLYESTER + GRAPHITIZED SYNTHETIC FIBERS + HYDROPHOBIC AND OLEOPHOBIC TREATMENT

PRODUCT CHARACTERISTICS:

| Nr. | CHARACTERISTIC | MEASURE UNIT | VALUE | CONTROL METHOD |
|-----|----------------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1 | weight | g/m ² | 475 - 525 | SIST EN ISO 29073-1:1999 |
| 2 | thickness | mm | 1,6 - 2,0 | SIST EN ISO 9073-2:1999 |
| 3 | density | g/cm ³ | 0,28 | |
| 4 | tensile strength MD | N/5 cm | 1600 ± 15% | SIST EN ISO 29073-3:1999 |
| 5 | tensile strength XD | N/5 cm | 1100 ± 15% | SIST EN ISO 29073-3:1999 |
| 6 | elongation MD | % | 25 ± 2 | SIST EN ISO 29073-3:1999 |
| 7 | elongation XD | % | 25 ± 2 | SIST EN ISO 29073-3:1999 |
| 8 | air permeability at 200 Pa | l/dm ² /min | 140 - 180 | SIST EN ISO 9073-15:2008 |
| 9 | max. continuous temper. | oC | 150 | A 30090 |
| 10 | specific resistance | Ω | <1x10 ⁶ | DIN 54345/ part I |
| 11 | water repellency | level | 6 | ISO 23232 |
| 12 | oil repellency | level | 5 | ISO 14419:2010 |
| 13 | Mullen burst strenght | kg/cm ² | 40 | SIST EN ISO 13938-2:1999 |
| 14 | pore volume | % | 80 | DIN 53855 |

FINISH: SINGED, CALENDERED (HEAVY GLAZED) AND HEAT SET

Slika 20. Sastavnica materijala vreće

CHEMICAL COMPOSITION: 100% POLYESTER + HYDROPHOBIC AND OLEOPHOBIC TREATMENT

PRODUCT CHARACTERISTICS:

| Nr. | CHARACTERISTIC | MEASURE UNIT | VALUE | CONTROL METHOD |
|-----|----------------------------|------------------------|------------|--------------------------|
| 1 | weight | g/m ² | 475 - 525 | SIST EN ISO 29073-1:1999 |
| 2 | thickness | mm | 1,6 - 1,9 | SIST EN ISO 9073-2:1999 |
| 3 | density | g/cm ³ | 0,28 | |
| 4 | tensile strength MD | N/5 cm | 1600 ± 15% | SIST EN ISO 29073-3:1999 |
| 5 | tensile strength XD | N/5 cm | 1100 ± 15% | SIST EN ISO 29073-3:1999 |
| 6 | elongation MD | % | 25 ± 2 | SIST EN ISO 29073-3:1999 |
| 7 | elongation XD | % | 25 ± 2 | SIST EN ISO 29073-3:1999 |
| 8 | air permeability at 200 Pa | l/dm ² /min | 140 - 180 | SIST EN ISO 9073-15:2008 |
| 9 | max. continuous temper. | oC | 150 | A 30090 |
| 10 | water repellency | level | 6 | ISO 23232 |
| 11 | oil repellency | level | 5 | ISO 14419:2010 |
| 12 | Mullen burst strenght | kg/cm ² | 40 | SIST EN ISO 13938-2:1999 |
| 13 | pore volume | % | 80 | DIN 53855 |

FINISH: SINGED, CALENDERED (HEAVY GLAZED) AND HEAT SET

Slika 21. Sastavnica materijala vreće

6. ZAKLJUČAK

Tokom izrade ovog završnog rada upoznao sam se sa osnovama projektiranja sustava centralnog otprašivanja. Uvidio sam koliko je industrijska ventilacija kompleksno područje strojarstva koje će se u budućnosti zasigurno razvijati jer su ti sustavi veliki potrošači električne energije. Ovaj završni rad sam iskoristio kako bi došao u doticaj sa industrijom i time stekao korisna iskustva i naučio nove stvari koje će mi zasigurno koristiti u mojoj karijeri nakon završetka fakulteta. Uvidio sam kompleksnost izrade skice u samom pogonu, provođenja mjerenja, izrade 3D prikaza sustava, proračuna i radioničke razrade odsisne haube te izračuna pada tlaka u ventilacijskim kanalima. Rezultate dobivene proračunom ću iskoristiti za optimizaciju sustava te predložiti njegovu rekonstrukciju radi ostvarenja uštede u električnoj energiji.

LITERATURA

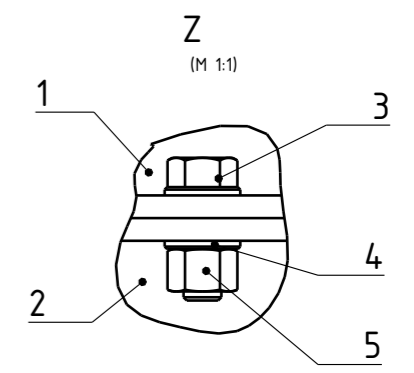
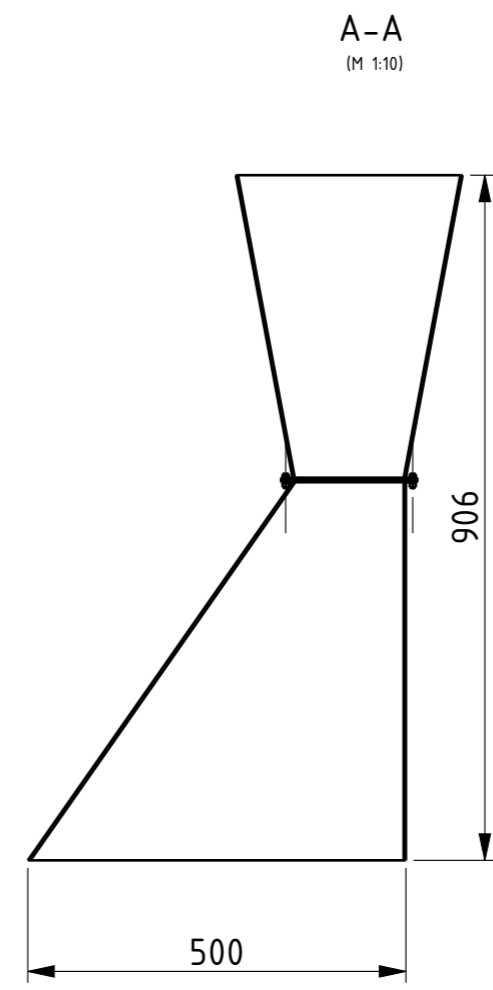
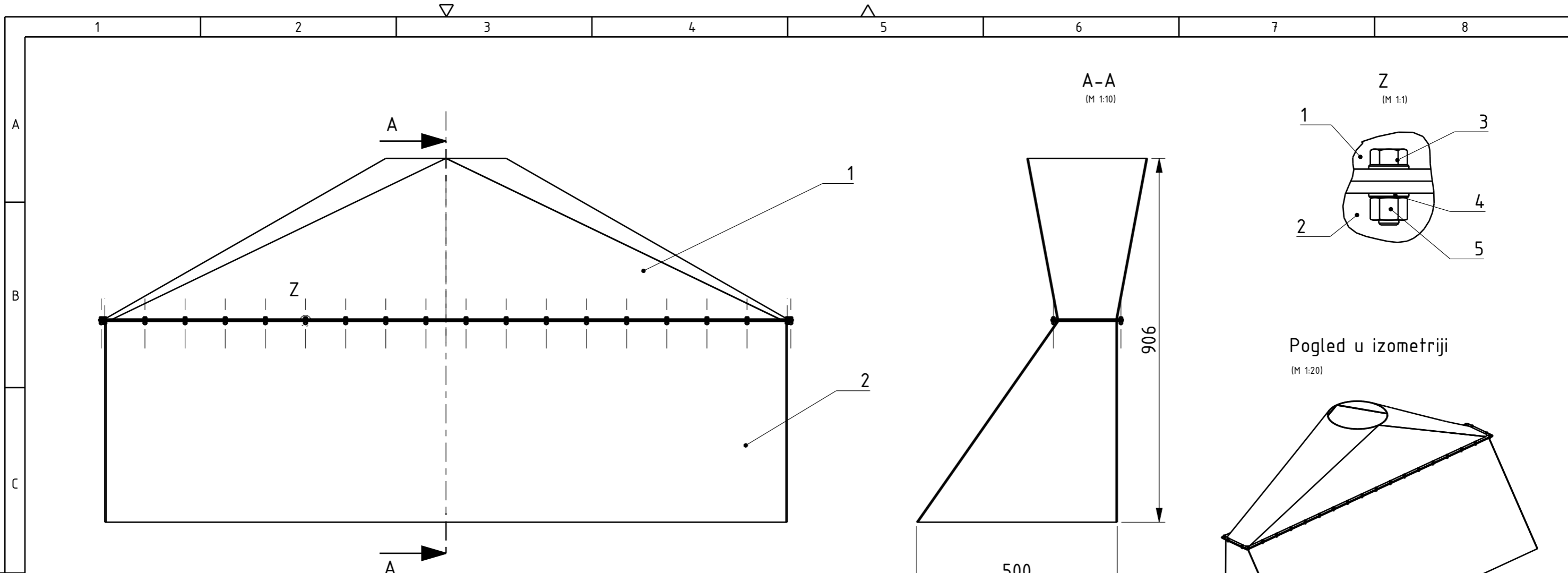
- [1] Dr. sc. Vladimir Koharić, red. prof. : Mehaničke operacije
- [2] Dr. sc. Miroslav Ruševljan, dipl. ing. : Cjevovodi, FSB Zagreb, 2011.
- [3] Nedeljko Perić : Teoretske osnove za projektovanje uređaja za otprašivanje i izbor tkanine za filtriranje, Tiskarna Kresija, Ljubljana, 1979.
- [4] Industrijska ventilacija – materijali sa simpozija
- [5] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [6] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.

INTERNETSKI IZVORI

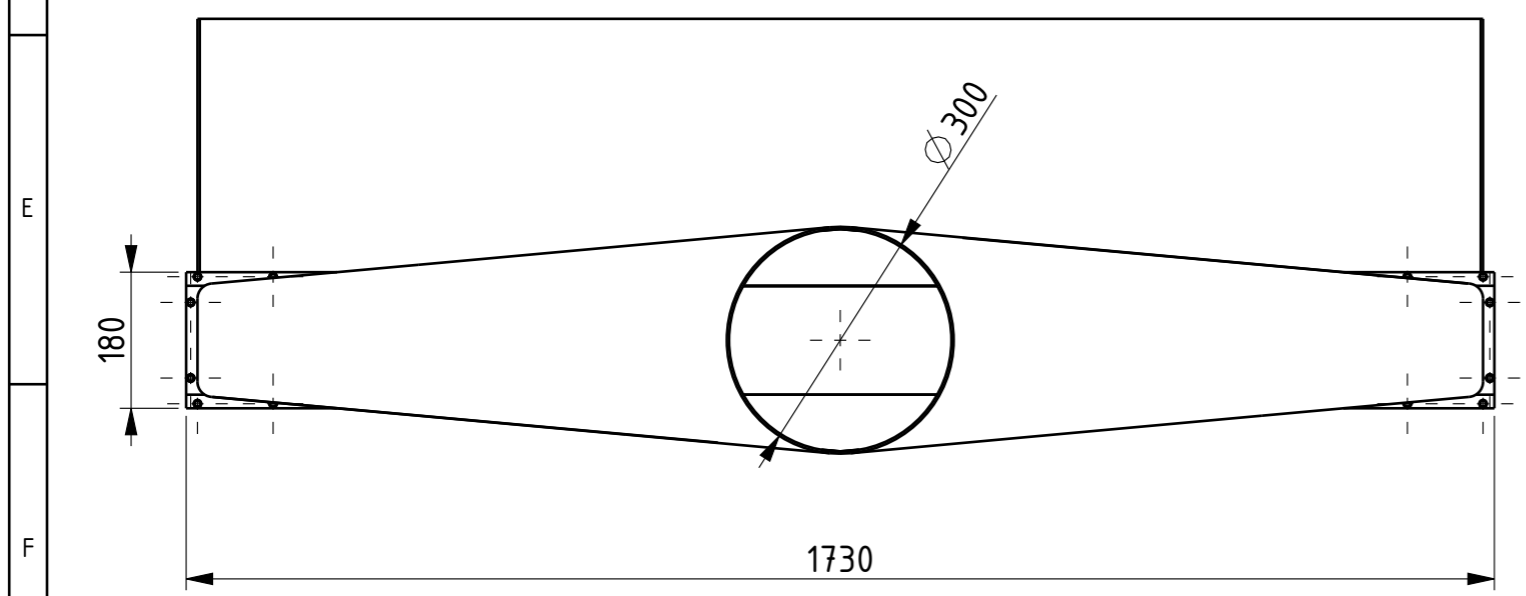
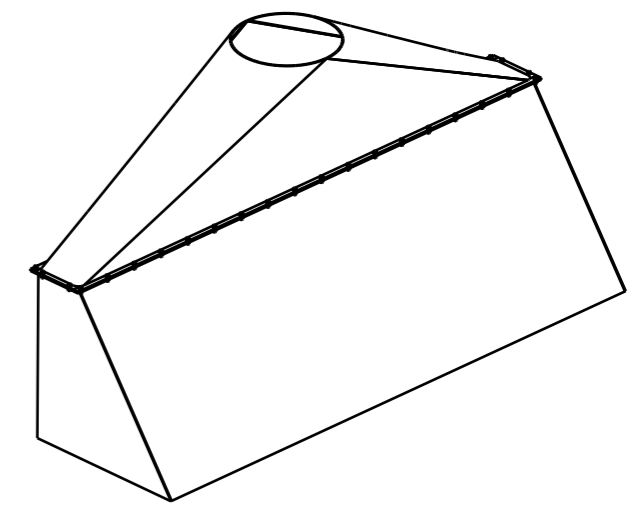
- [7] Aqua-calc: <http://www.aqua-calc.com/page/density-table/substance/coffee-coma-and-blank-fresh-blank-beans>

PRILOZI

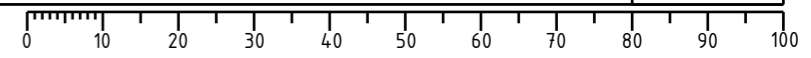
- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

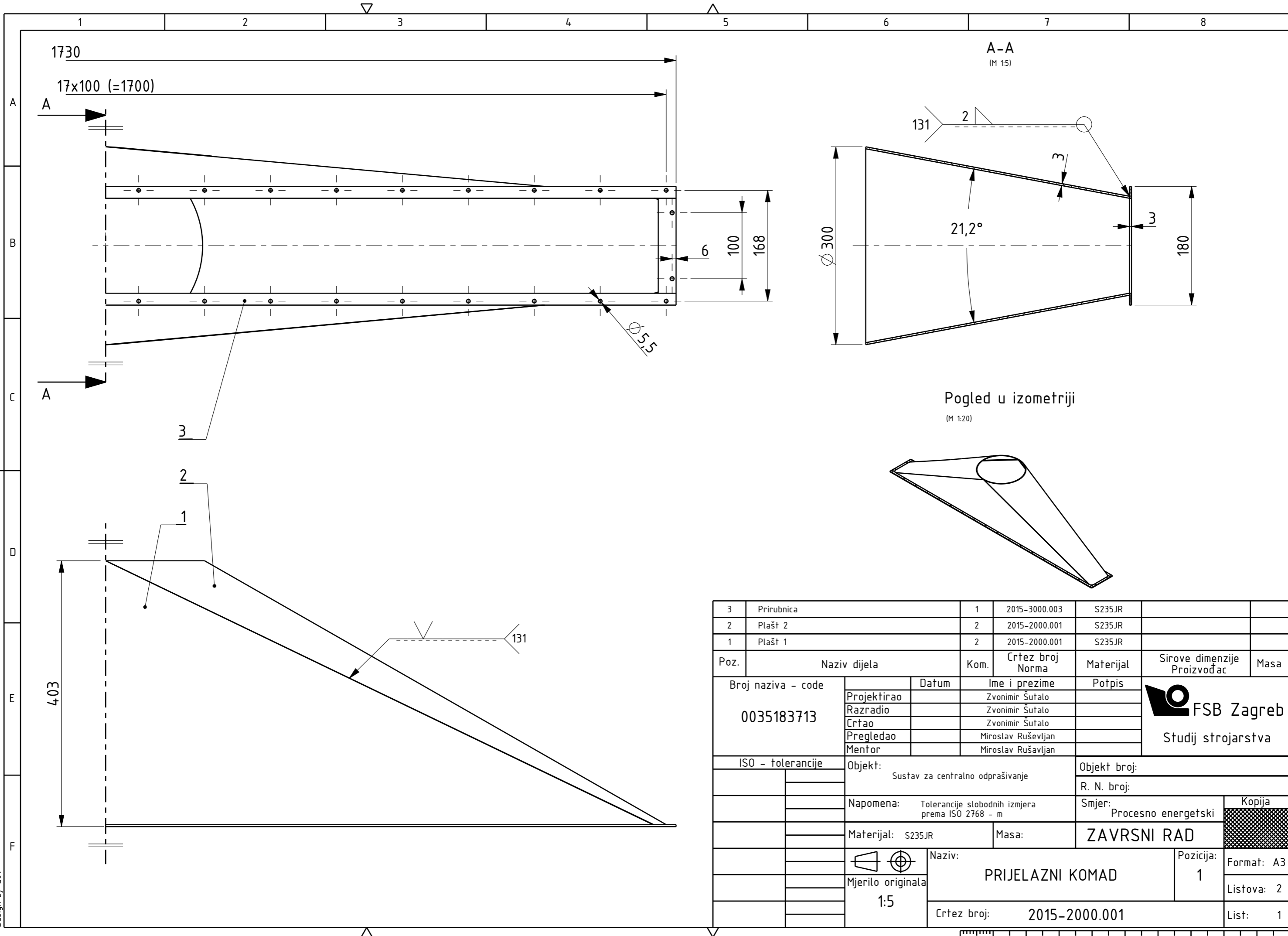


Pogled u izometriji
(M 1:20)



| 5 | Matica | 22 | ISO 4034 | 6.8 | M5 | |
|--------------------|-------------------------------|--|--------------------|--------------------------------|---|----------------------|
| 4 | Podloska | 44 | ISO 7090 | HV 300 | Za M5 | |
| 3 | Vijak sa šesterokutnom glavom | 22 | ISO 4016 | 8.8 | M5x15 | |
| 2 | Hauba | 1 | 2015-2000.002 | S235JR | | 55 |
| 1 | Prijelazni komad | 1 | 2015-2000.001 | S235JR | | 26 |
| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtez broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođac | Masa |
| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | | Potpis | |
| 0035183713 | | Projektirao | Zvonimir Šutalo | |  Studij strojarstva | |
| | | Razradio | Zvonimir Šutalo | | | |
| | | Crtao | Zvonimir Šutalo | | | |
| | | Pregledao | Miroslav Ruševljan | | | |
| | | Mentor | Miroslav Ruševljan | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: Sustav za centralno odprašivanje | | Objekt broj: | | |
| | | Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m | | R. N. broj: | | |
| | | Materijal: | | Masa: 81 kg | ZAVRSNI RAD | |
| | | Mjerilo originala 1:10 | | Naziv: SKLOP HAUBE I PRIJELAZA | | Pozicija: Format: A3 |
| | | | | Crtez broj: 2015-1000.001 | | Listova: 1 |
| | | | | | | List: 1 |





1730

17x100 (=1700)

A

A

403

F

A-A
(M 1:5)


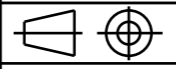
Pogled u izometriji
(M 1:20)

21,2°

Ø 300

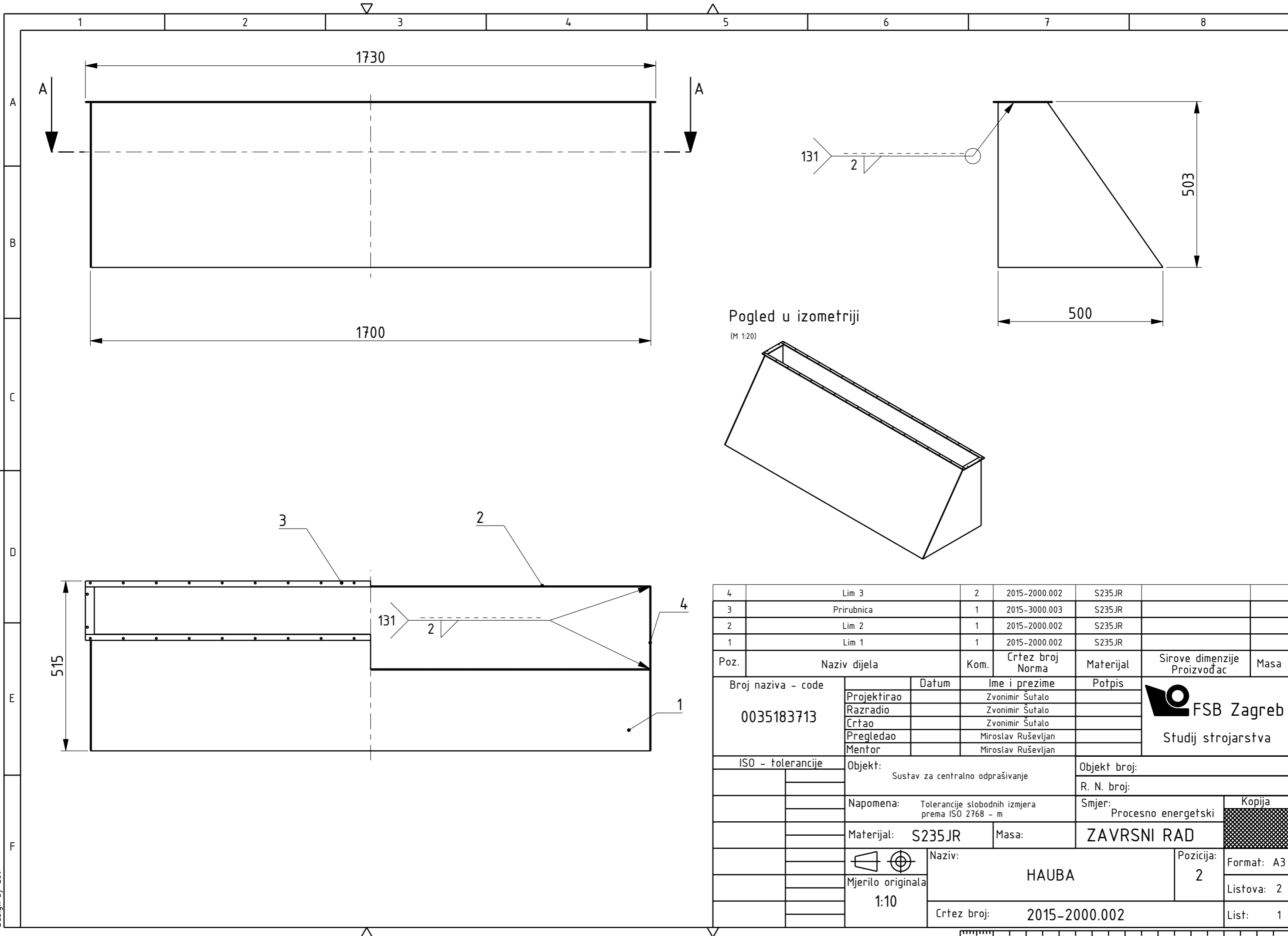
180

Ø 5,5

| 3 | Prirubnica | 1 | 2015-3000.003 | S235JR | | |
|---|--------------|--|------------------|---------------------------|---|------|
| 2 | Plášť 2 | 2 | 2015-2000.001 | S235JR | | |
| 1 | Plášť 1 | 2 | 2015-2000.001 | S235JR | | |
| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtez broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođac | Masa |
| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | | Potpis | |
| 0035183713 | | | Zvonimir Šutalo | |  Studij strojarstva | |
| Projektirao | | Zvonimir Šutalo | | | | |
| Razradio | | Zvonimir Šutalo | | | | |
| Crtao | | Zvonimir Šutalo | | | | |
| Pregledao | | Miroslav Ruševljan | | | | |
| Mentor | | Miroslav Ruševljan | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: Sustav za centralno odprašivanje | | Objekt broj: | | |
| | | | | R. N. broj: | | |
| Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m | | Smjer: Procesno energetski | | Kopija | | |
| Materijal: S235JR | | Masa: | | ZAVRSNI RAD | | |
|  | | Naziv: PRIJELAZNI KOMAD | | Pozicija: 1 Format: A3 | | |
| Mjerilo originala 1:5 | | Crtez broj: 2015-2000.001 | | Listova: 2 | | |
| | | | | List: 1 | | |

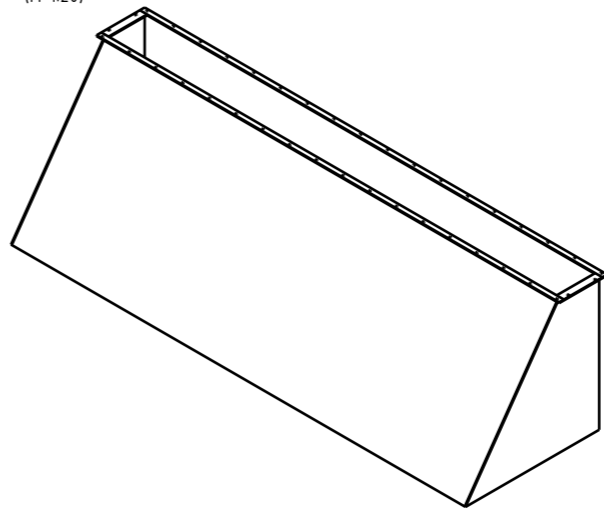
Design by G89

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

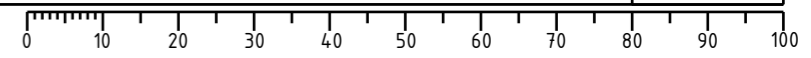


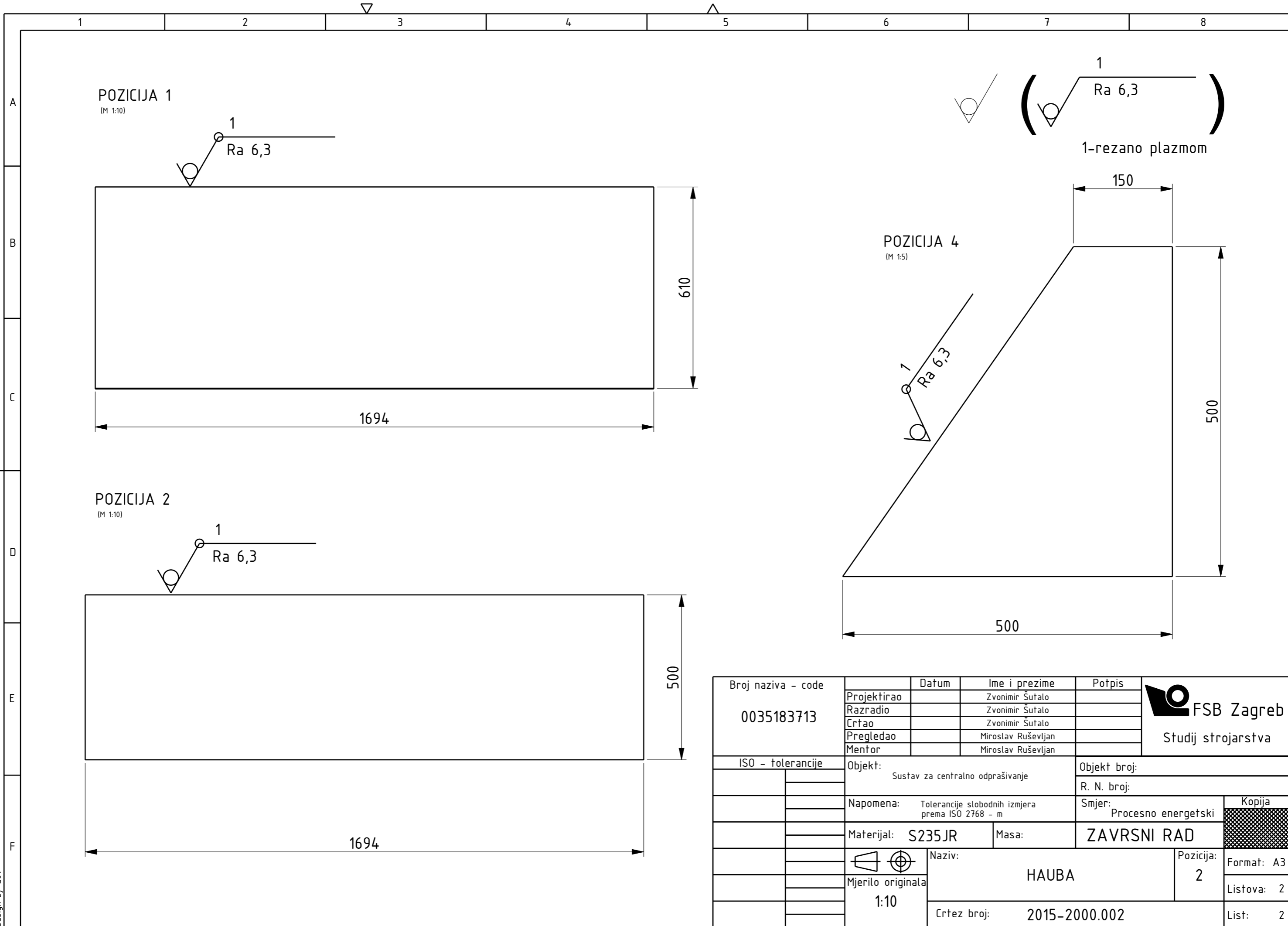
Pogled u izometriji

(M 1:20)



| 4 | Lim 3 | 2 | 2015-2000.002 | S235JR | | |
|--------------------|--------------|--|---------------------|-----------|---|--------|
| 3 | Prirubnica | 1 | 2015-3000.003 | S235JR | | |
| 2 | Lim 2 | 1 | 2015-2000.002 | S235JR | | |
| 1 | Lim 1 | 1 | 2015-2000.002 | S235JR | | |
| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtez broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođac | Masa |
| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | | Potpis | |
| 0035183713 | | | Zvonimir Šutalo | | FSB Zagreb Studij strojarstva | |
| | | | Zvonimir Šutalo | | | |
| | | | Zvonimir Šutalo | | | |
| | | | Miroslav Ruševljan | | | |
| | | | Miroslav Ruševljan | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: Sustav za centralno odprašivanje | | | Objekt broj: | |
| | | | | | R. N. broj: | |
| | | Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m | | | Smjer: Procesno energetski | |
| | | Materijal: S235JR | | Masa: | ZAVRSNI RAD | |
| | | Naziv: HAUBA | | | Pozicija: 2 | Kopija |
| | | Mjerilo originala 1:10 | | | Format: A3 | |
| | | Crtez broj: 2015-2000.002 | | | Listova: 2 | |
| | | | | | List: 1 | |

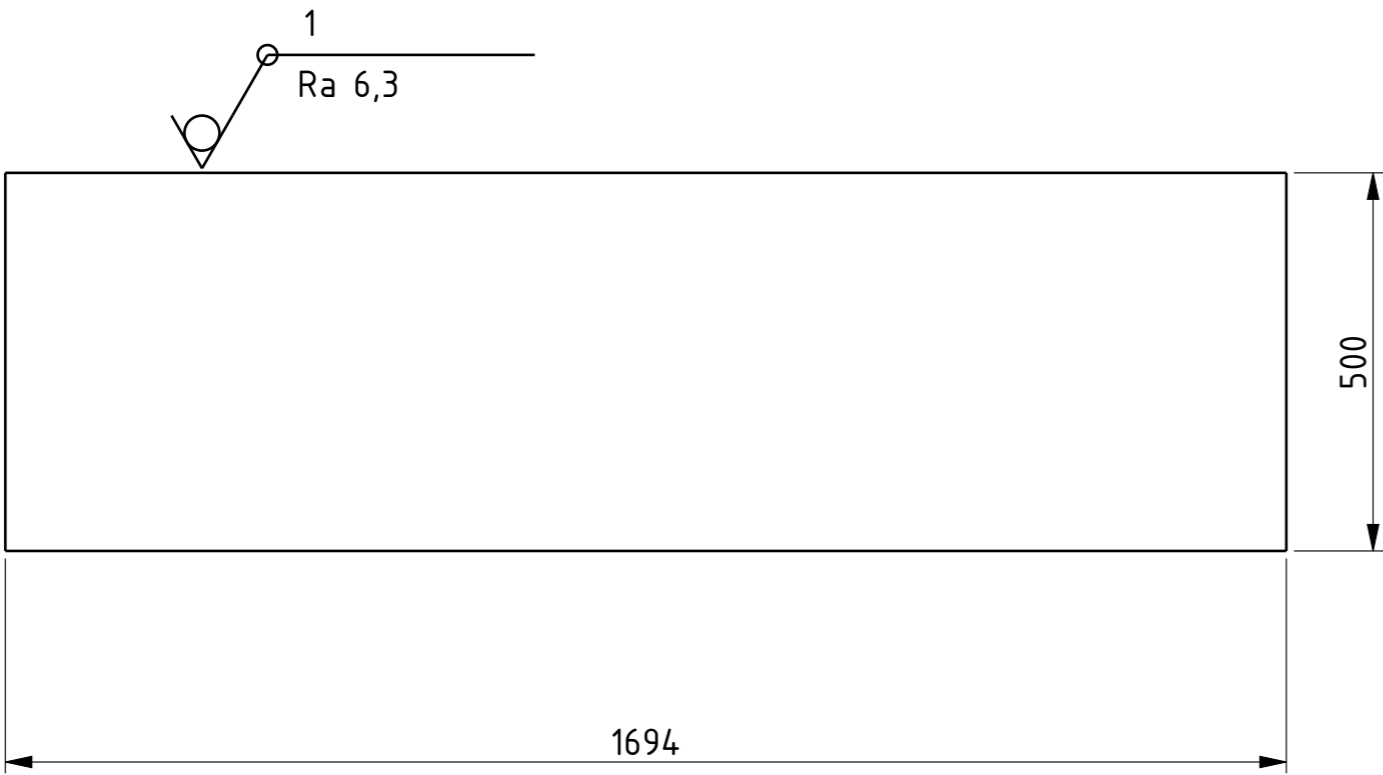




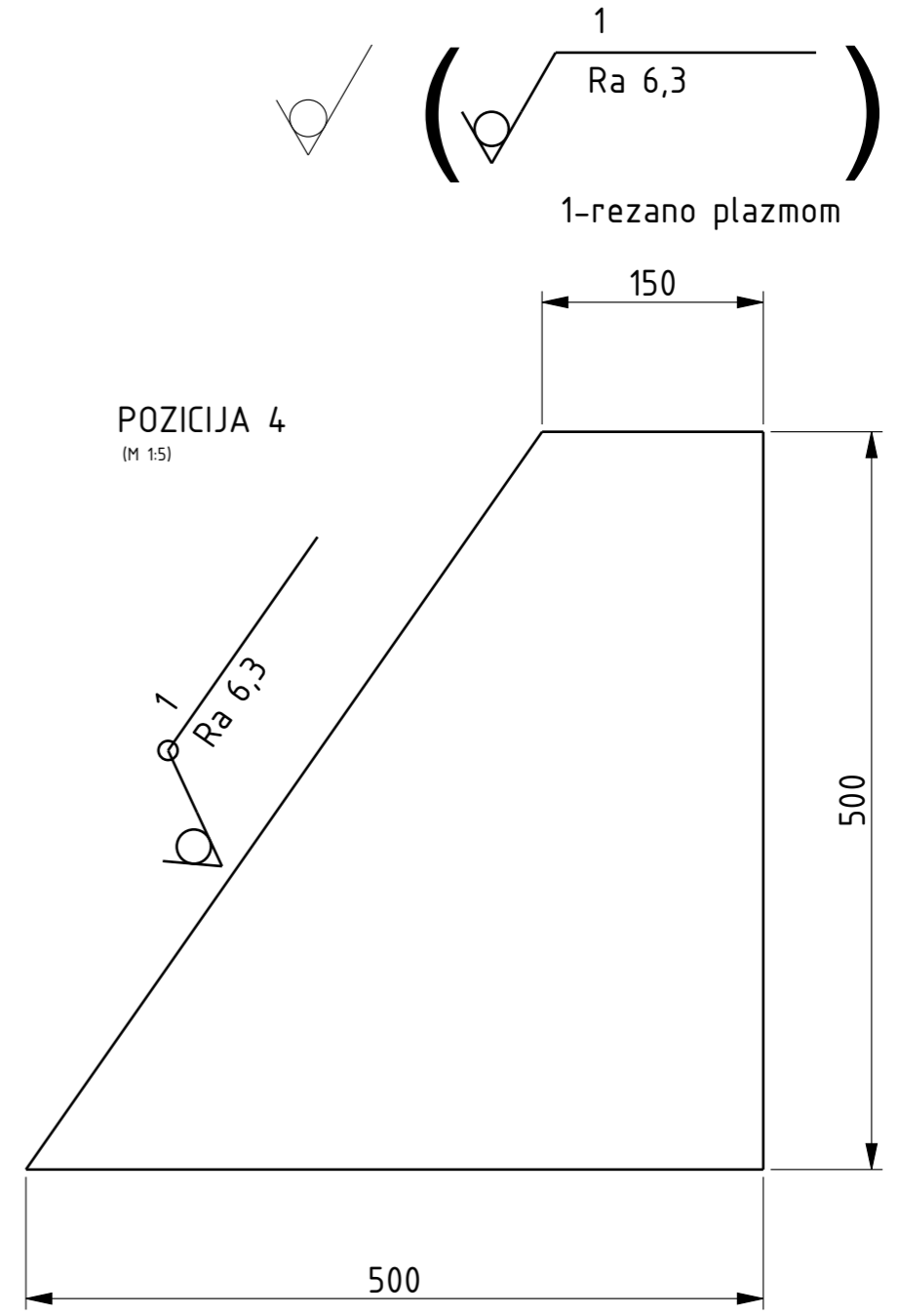
POZICIJA 1
(M 1:10)



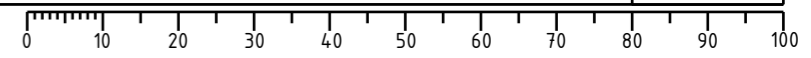
POZICIJA 2
(M 1:10)



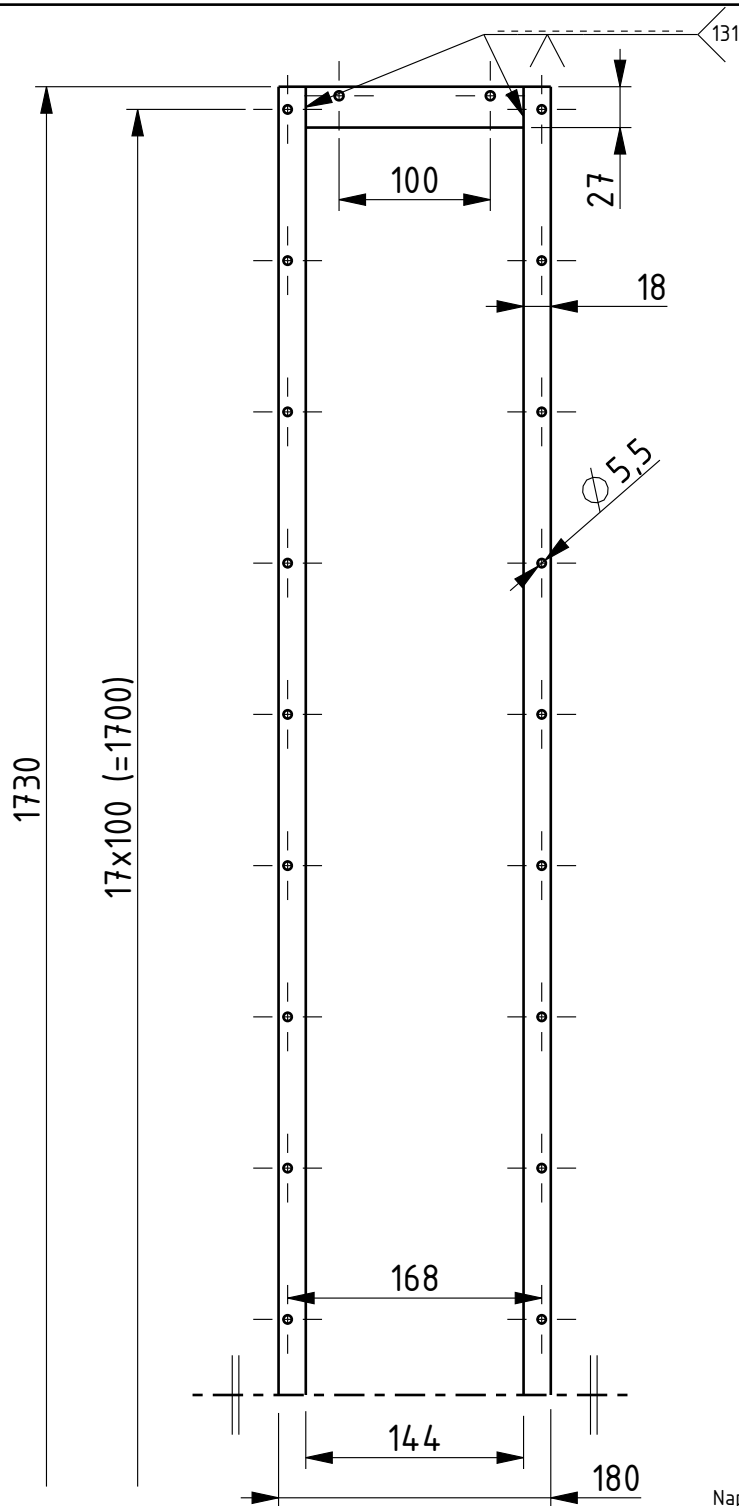
POZICIJA 4
(M 1:5)




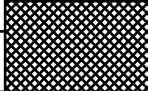
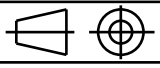
| | | | | |
|---|--|----------------------------|-------------------------------------|---|
| Broj naziva - code 0035183713 | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb Studij strojarstva |
| | Projektirao | Zvonimir Šutalo | | |
| | Razradio | Zvonimir Šutalo | | |
| | Crtao | Zvonimir Šutalo | | |
| | Pregledao | Miroslav Ruševljan | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Sustav za centralno odprašivanje | Objekt broj: | | |
| | | R. N. broj: | | |
| | Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m | Smjer: Procesno energetski | Kopija | |
| | Materijal: S235JR | Masa: | ZAVRSNI RAD | |
| | Mjerilo originala 1:10 | Naziv: HAUBA | Pozicija: 2 | |
| | | Crtaz broj: 2015-2000.002 | Format: A3 Listova: 2 List: 2 | |



Design by G89



Napomena: debljina limova t=3 mm

| | | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------|----------------------------|---|
| Broj naziva - code 0035183713 | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb Studij strojarstva |
| | Projektirao | Zvonimir Šutalo | | |
| | Razradio | Zvonimir Šutalo | | |
| | Crtao | Zvonimir Šutalo | | |
| | Pregledao | Miroslav Ruševljan | | |
| Mentor | Miroslav Ruševljan | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Sustav za centralno odprašivanje | | Objekt broj: | |
| | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m | | Smjer: Procesno energetske | Kopija |
| | Materijal: S235JR | Masa: | ZAVRSNI RAD |  |
| |  Naziv: PRIRUBNICA | | Pozicija: 3 | |
| | Mjerilo originala 1:5 | Crtez broj: 2015-3000.003 | | Format: A4 |
| | | | | Listova: 1 |
| | | | | List: 1 |