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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:099250

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-06**

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: Student:

Prof. dr. sc. Miroslav Ruševljan, dipl. ing. 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, brodostrojarski 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
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 λč 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
ʎ	-	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

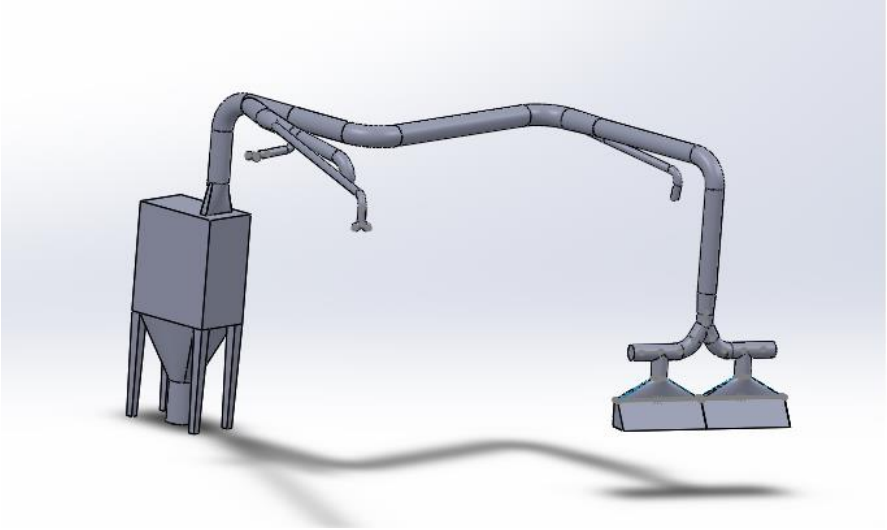
Slika 3. Klapna

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

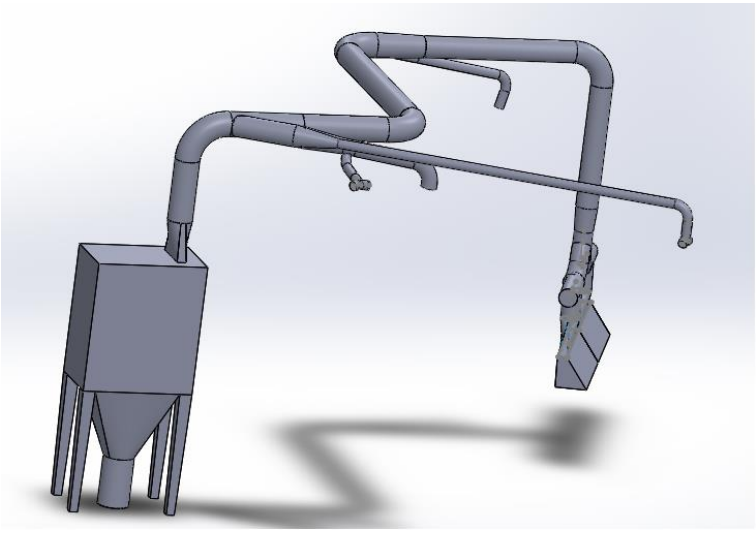
Slika 5. Transportna traka

Slika 6. Vrećasti filteri

2.2. 3D-shema sustava otprašivanja



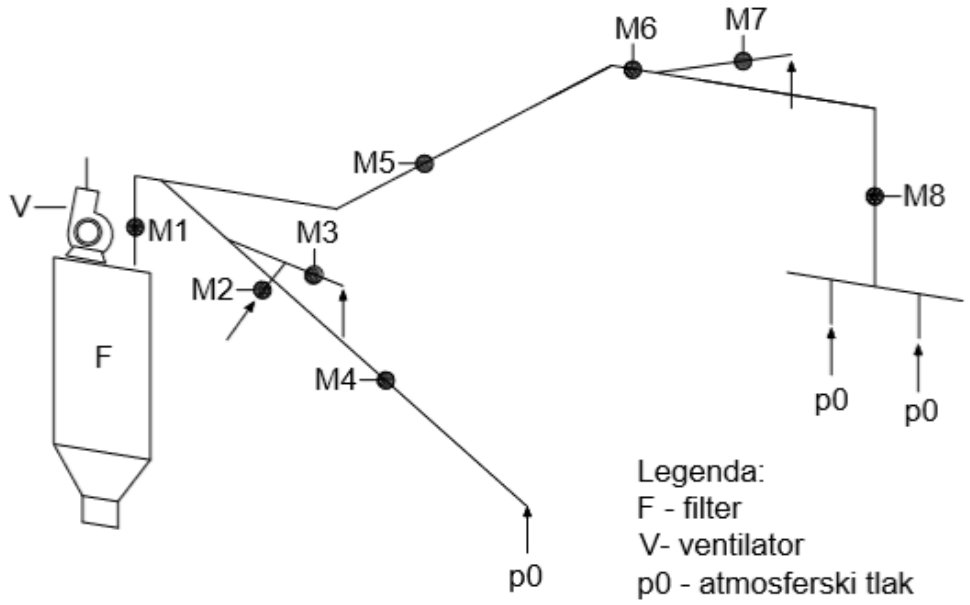
Slika 7. 3D-shema sustava



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 mjerenja	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 20ºC.

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 $v_t = \frac{\mu_t}{\rho_t} = \frac{1{,}206*10^{-6}}{1{,}1884} = 1{,}5319 * 10^{-5} \ \left[\frac{m^2}{s}\right]$

gustoća sirove kave $\rho_č = 561 \ [\frac{kg}{m^3}]$

3.2. Proračun

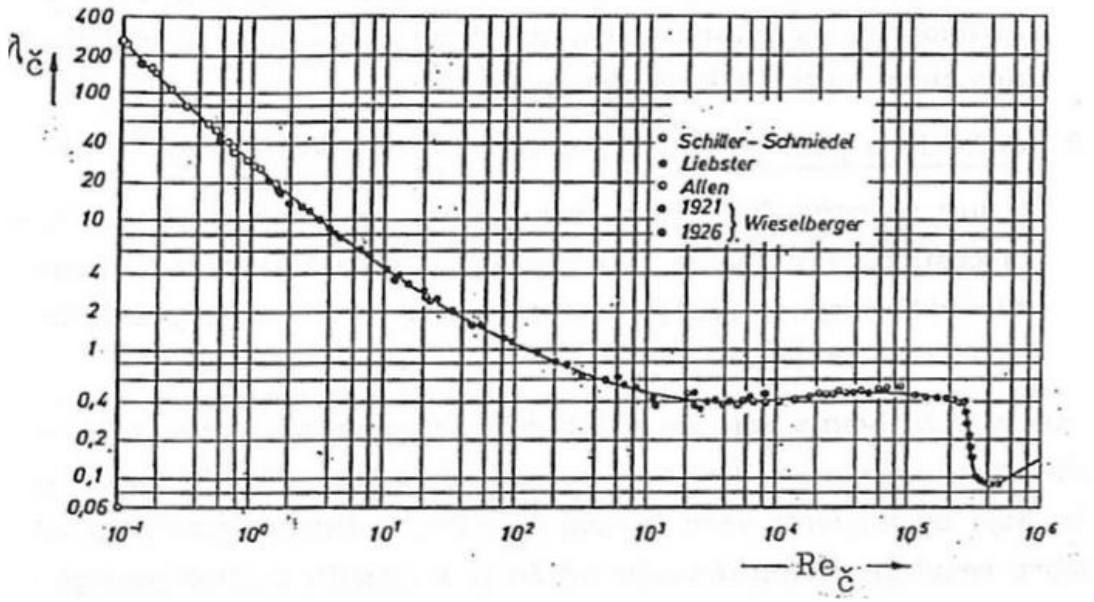
3.2.1. Izračun brzine taloženja čestica

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 $\lambda_č$ određuje se iskustveno u ovisnosti o Reynoldsovom broju $\boldsymbol{Re}_č$. Rezultate provedenih eksperimenata taloženja kuglastih čestica u mirnoj tekućini, prikazuje sljedeći graf. [1]



Slika 10. Mjerene vrijednosti faktora trenja $\lambda_č$

Ovisnost faktora trenja $\lambda_č$ o Reynoldsovoj značajki $\boldsymbol{Re}_č$, 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

$$\boldsymbol{Ar} = \left(\frac{\boldsymbol{\rho}_{č}}{\boldsymbol{\rho_t}} - \mathbf{1}\right) * \frac{\boldsymbol{g} * \boldsymbol{d}^{\mathbf{3}}{}_{č}}{\boldsymbol{v_t}^{\mathbf{2}}} \tag{1}$$

Reynoldsov broj

$$\boldsymbol{Re}_{č} = \frac{\boldsymbol{d}_{č} * \boldsymbol{w}_{\boldsymbol{t}č}}{\boldsymbol{v_t}} \tag{2}$$

Poveznica između Arhimedovog i Reynoldsovog broja

$$\lambda_{č} * \boldsymbol{Re}^{\mathbf{2}}{}_{č} = \frac{\mathbf{4}}{\mathbf{3}} * \boldsymbol{Ar} \tag{3}$$

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

1) **Stokesovo područje**

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

Ovisnost faktora faktora trenja čestice o Reynoldsovom broju

$$\lambda_{č} = \frac{\mathbf{24}}{\boldsymbol{Re}_{č}} \tag{4}$$

Kriteriji za Stokesovo područje su:

$$\boldsymbol{Re_{č} \leq 1}$$

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

Brzina taloženja čestice

$$(w_{tč}) = \frac{1}{18} * \left(\frac{\rho_č}{\rho_t} - 1\right) * \frac{g * d_č^{\,2}}{v_t} \quad \left[\frac{m}{s}\right] \tag{5}$$

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

$$\lambda_č = \frac{\boldsymbol{k}}{\boldsymbol{Re^n_č}} \tag{6}$$

Kriteriji za prijelazno područje su:

$$\boldsymbol{1 < Re_{č} < 10^3}$$

Brzina taloženja čestice

$$\boldsymbol{w_{tč} = [0,072 * \left(\frac{\rho_č}{\rho_t} - 1\right) * \frac{g * d^{1,6}_č}{v^{0,6}_t}]} \tag{7}$$

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 $\lambda_č = 0{,}44$.

Brzina taloženja čestice

$$w_{tč} = \left[3{,}03 * \left(\frac{\rho_č}{\rho_t} - 1\right) * g * d_č\right]^{0{,}5} \quad \textbf{(8)}$$

3.2.2. Primjer proračuna

Uvrštene su vrijednosti za proračun brzine taloženja čestice promjera $\boldsymbol{d_č = 5\mu m}$.

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.

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

Za proračun brzine taloženja koristi se Stokesova formula:

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

Izračunata je brzina taloženja čestice promjera $d_č = 5\mu m$:

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

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

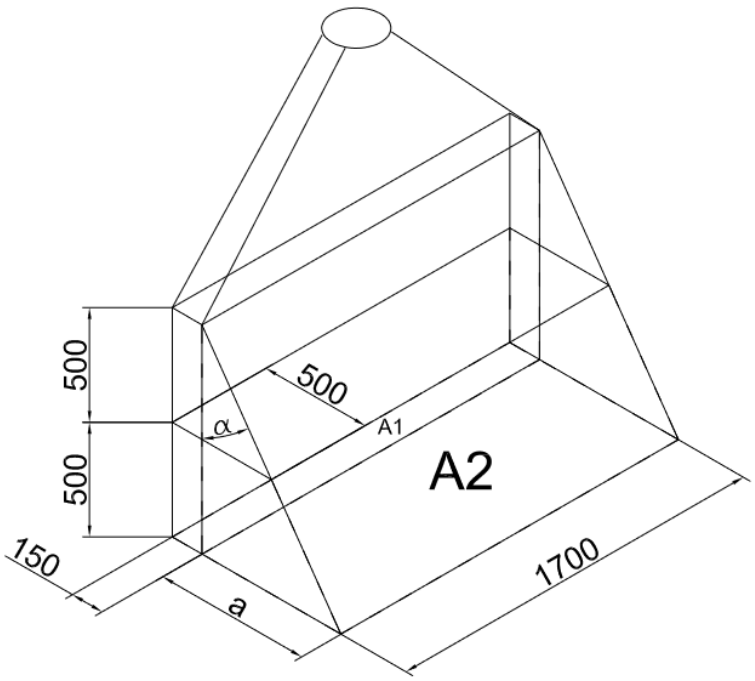
Brzina taloženja čestica prašine [Tablica 2].

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

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

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

$$\boldsymbol{tan\alpha = \frac{350}{500} \ \rightarrow \ \alpha = 35°}$$

$$\boldsymbol{a = 1000 * tan35° = 700 \ [mm]}$$

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

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

$$v = \frac{\dot{V}_{č}}{\dot{V}_t} \text{ [-]} \tag{9}$$

Volumni protok čestica

$$\dot{V}_{č} = w_{tč} * A \left[\frac{m^3}{s}\right] \tag{10}$$

Volumni protok uzduha

$$\dot{V}_t = \frac{\dot{V}_{č}}{v} \left[\frac{m^3}{s}\right] \tag{11}$$

Volumni protok [Tablica 3].

Promjer čestice, $d_č$	µm	5	7,5	10	12
Brzina taloženja čestica, $(w_{tč})$	$\frac{m}{s}$	$4{,}188 * 10^{-4}$	$9{,}424 * 10^{-4}$	$1{,}675 * 10^{-3}$	$2{,}412 * 10^{-3}$
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, $\dot{V}_č$	$\frac{m^3}{s}$	$6{,}052 * 10^{-4}$	$1{,}362 * 10^{-3}$	$2{,}42 * 10^{-3}$	$3{,}485 * 10^{-3}$
Volumni protok čestica, $\dot{V}_č$	$\frac{m^3}{h}$	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 $\boldsymbol{\frac{m^3}{s}}$**,** iz jednadžbe (9) je dobiven volumni protok čestica koji iznosi $\mathbf{1,98 * 10^{-4}\,\frac{m^3}{s}}$, pri koncentraciji čestica v=0,0004. Koristeći jednadžbu (10) je izračunana brzina taloženja čestica $(\boldsymbol{w_{tč}}) = \mathbf{1,37 * 10^{-4}}\ \left[\boldsymbol{\frac{m}{s}}\right]$. Pri stvarnom volumnom protoku uzduha $\boldsymbol{\dot{V}_t}$ i ranije određenoj površini zahvata A, iz jednadžbe (5) je određen promjer čestice $\boldsymbol{d_č = 2,86 * 10^{-6}}\ [\boldsymbol{m}]$.

3.4. 3D- model odsisne haube

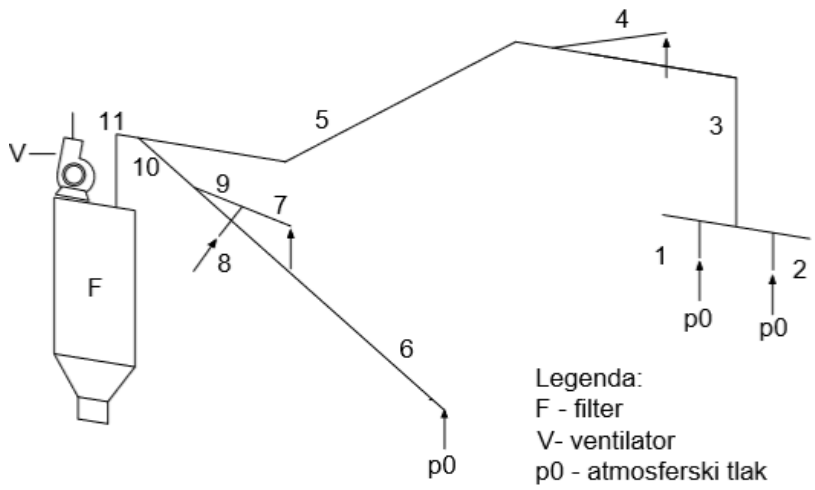
Slika 12. 3D model odsisne haube

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.

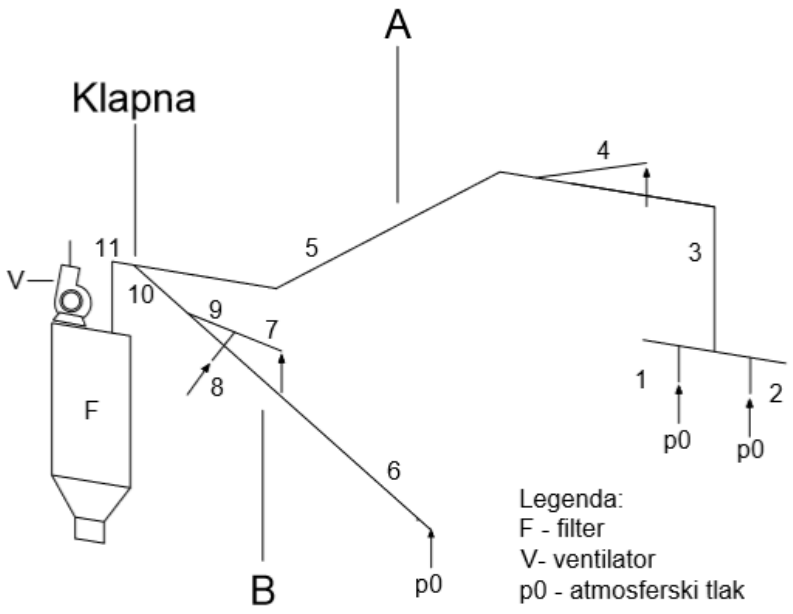
Odsisni kanali su podijeljeni na dionice, a njihove pozicije su označene na sljedećoj shemi:



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 $\rho_č = 561\ [\frac{kg}{m^3}]$

promjer čestice sirove kave $d_č = 10$ [μm] (pretpostavka)

temperatura uzduha $t_t = 20°C$

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 $v_t = \frac{\mu_t}{\rho_t} = \frac{1{,}206*10^{-6}}{1{,}1884} = 1{,}5319 * 10^{-5}\ \left[\frac{m^2}{s}\right]$

koncentracija čestica $v_č = 0{,}0004\ [-]$ (odabrana vrijednost)

poroznost $\varepsilon = \frac{1}{1+v_č} = \frac{1}{1+0{,}0004} = 0{,}9996$

volumen uzduha po volumenu čestica $m = \frac{1}{v_č} = \frac{1}{0{,}0004} = 2500$

gustoća smjese $\rho_s = \frac{m*\rho_t+\rho_č}{m+1} = \frac{2500*1{,}1884+561}{2500+1} = 1{,}412\ \left[\frac{kg}{m^3}\right]$

Arhimedov broj

$$\mathrm{Ar} = \left(\frac{\rho_č}{\rho_t} - 1\right) * \frac{g * d^3{}_č}{v_t{}^2} = \left(\frac{561}{1{,}1884} - 1\right) * \frac{9{,}81 * (10 * 10^{-6})^2}{(1{,}5319 * 10^{-5})^2} = 0{,}0197$$

4.3. Proračun

Vrijednost Arhimedova broja se nalazi u Stokesovom području taloženja čestica.

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

Prema tome se koristi Stokesova jednadžba za brzinu taloženja čestica, koja nam je potrebna za izračun faktora trenja čestice $\lambda_č$.

$$(w_{tč}) = \frac{1}{18} * \left(\frac{\rho_č}{\rho_t} - 1\right) * \frac{g * {d_č}^2}{v_t} \quad \left[\frac{m}{s}\right]$$

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

Vrijednost $\lambda_č$ se računa za pojedinu dionicu prema izrazu:

Faktor trenja čestica

$$\lambda_č = 0{,}288 * v_č * \left(\frac{\rho_č}{\rho_t} - 1\right) * \left(\frac{{w_{tč}}^3}{g * v_t}\right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{d * g}{{w_t}^2}\right)^{\frac{4}{3}} \qquad \textbf{(12)}$$

Nakon što je izračunat faktor trenja čestica, potrebno je izračunati faktor trenja kanala $\boldsymbol{\lambda_t}$, prema izrazu:

Faktor trenja cijevi

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_t}} = -2 * \ln\left(\frac{2{,}51}{Re * \sqrt{\lambda_t}} + \frac{k}{3{,}71 * d}\right) \qquad \textbf{(13)}$$

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

Reynoldsov broj

$$Re = \frac{w_t * \rho_t * d}{\mu_t} \; [-] \qquad \textbf{(14)}$$

Ukupni pad tlaka se računa prema izrazu:

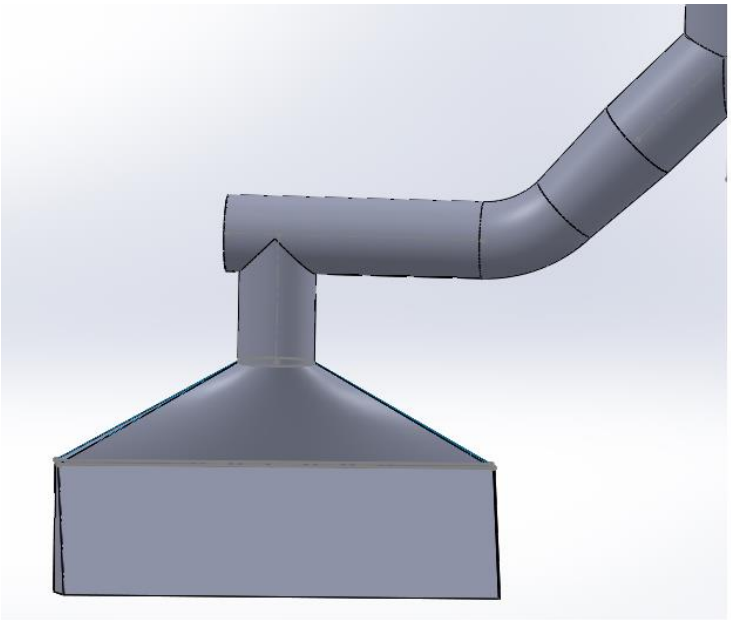
Pad tlaka $$\Delta p = [(\lambda_t + \lambda_č) * \frac{L}{d} + \sum \xi\ ] * \frac{\rho_t * w_t}{2} \pm (\rho_s - \rho_t\ ) * g * h \qquad \textbf{(15)}$$

linijski gubici strujanja $[\lambda_t + \lambda_č)\ * \frac{L}{d}$

lokalni gubici strujanja $\sum \xi$

korekcija zbog efekta uzgona $(\rho_s - \rho_t\ ) * g * h$

4.3.1. Određivanje lokalnih otpora strujanju na primjeru dionice 1



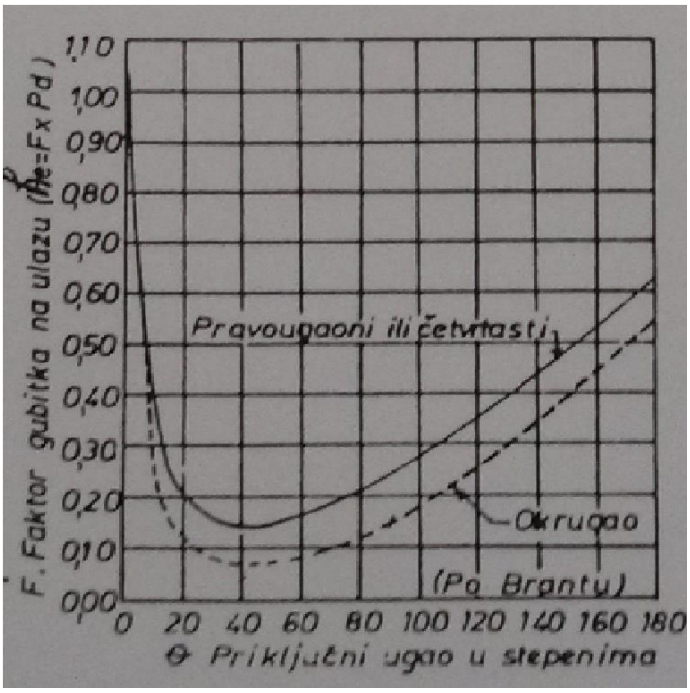
Slika 15. Odsisna hauba

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 60º.

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

$$\xi = 3$$

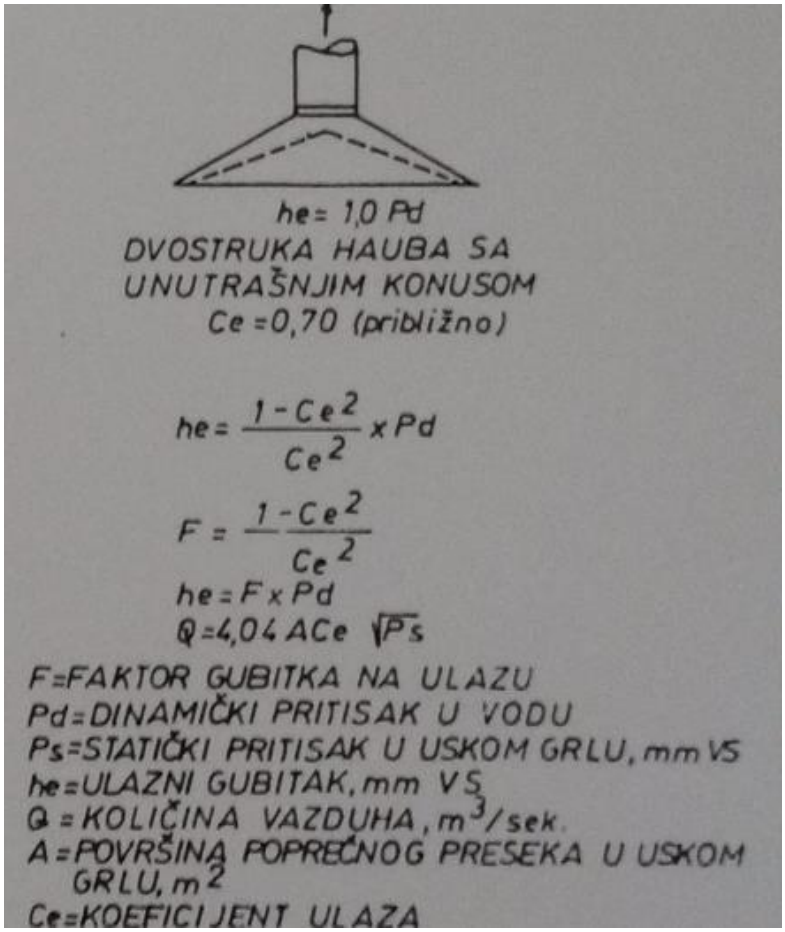
2) Lokalni pad tlaka na mjestu ulaska u odsisnu haubu određen je iz sljedećeg grafa.[2]



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

Za kut $\boldsymbol{\theta} = \mathbf{35}°$ očitana je vrijednost faktora $\boldsymbol{\xi}$**=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 Ce=0,70 faktor $\xi = \mathbf{1{,}04}$.

4) Lokalni pad tlaka u T-spoju iznosi $\xi = 1{,}5$, a pad tlaka u koljenu 60º iznosi ξ =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

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

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

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

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

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

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

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

$$\lambda_t = 0{,}0178$$

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

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

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.

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

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

<u>Odsisna mreža A</u>

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: $\lambda_č = 3{,}018 * 10^{-5}$

Reynoldsov broj za dionicu 11: Re= 334080

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

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

<u>Odsisna mreža B</u>

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: $\lambda_č = 2{,}474 * 10^{-7}$

Reynoldsov broj za dionicu 11: Re= 445441

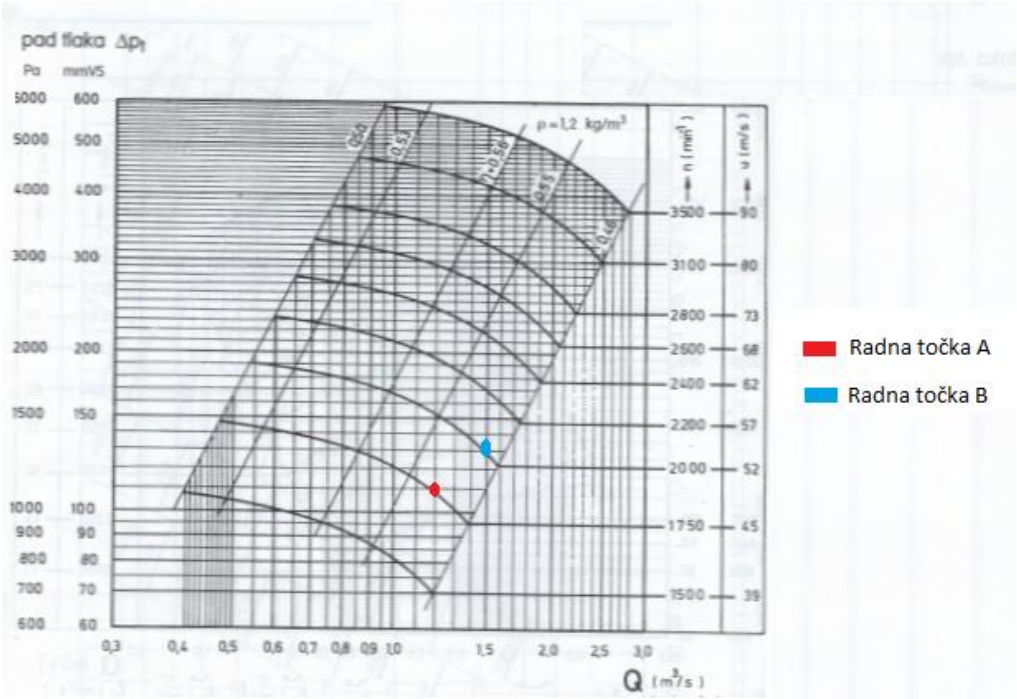
Faktor trenja kanala za dionicu 11: $\lambda_t = 0{,}0144$

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

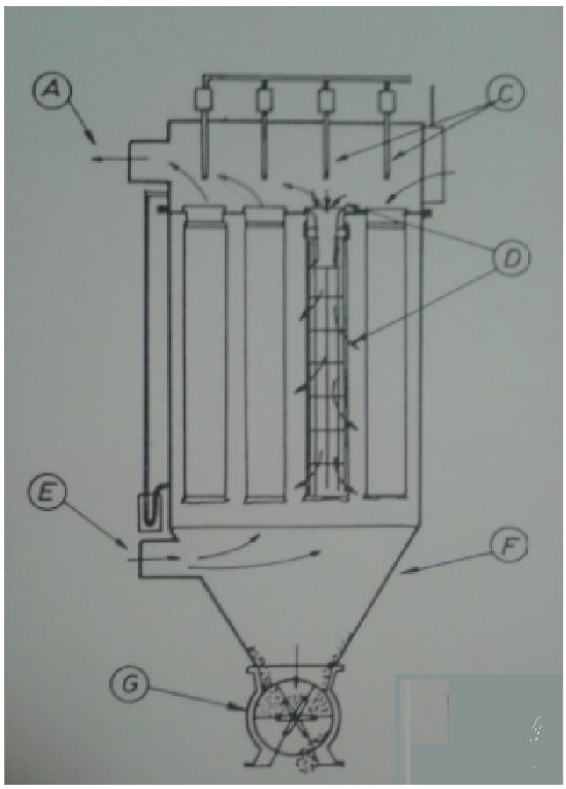
Na tržištu se mogu pronaći različiti uređaji za izdvajanje prašine, zasnovani na raznim principima, koji pokazuju različite karakteristike, kao što su: stupanj odvajanja, nabavna cijena, pogonski troškovi i troškovi održavanja, prostor koji zauzimaju. Prilikom projektiranja sustava ventilacije potrebno 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 ekstreman. 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 80ºC), 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. Dopuštene 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 difenencijalni 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	Ćelijski 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 odvode 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/m2	475 - 525	SIST EN ISO 29073-1:1999
2	thickness	mm	1,6 - 2,0	SIST EN ISO 9073-2:1999
3	density	g/cm3	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/dm2/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/cm2	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/m2	475 - 525	SIST EN ISO 29073-1:1999
2	thickness	mm	1,6 - 1,9	SIST EN ISO 9073-2:1999
3	density	g/cm3	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/dm2/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/cm2	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.

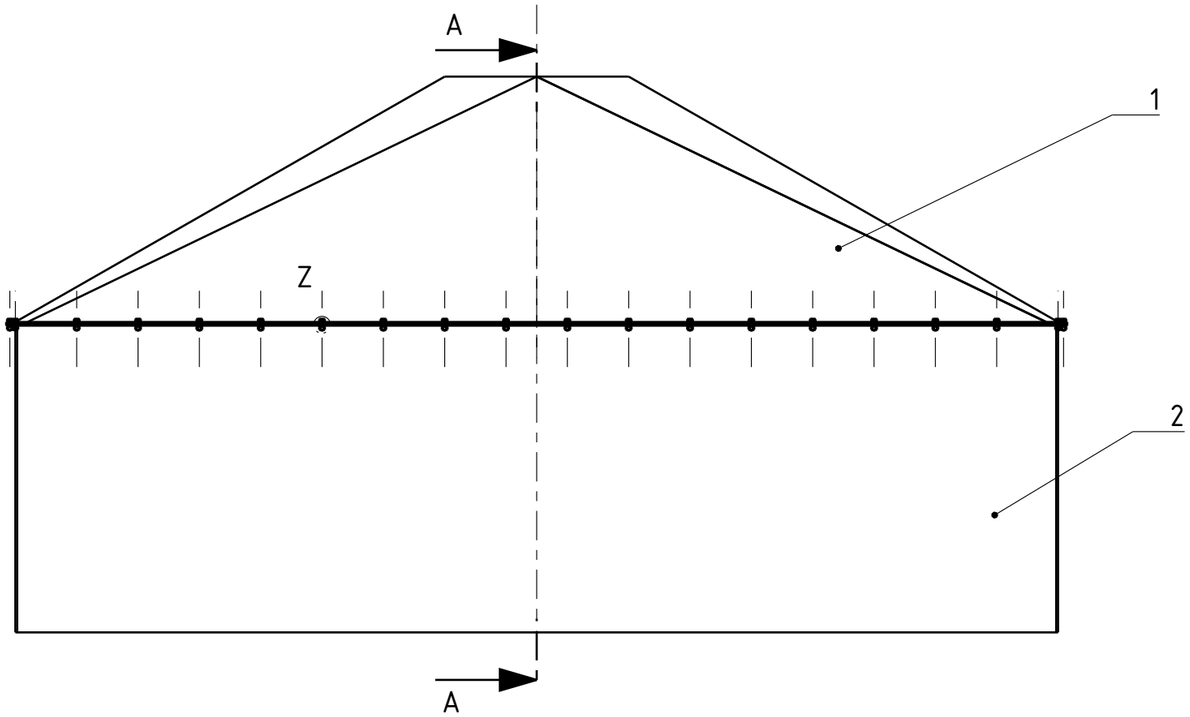
INTERNETSKI IZVORI

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

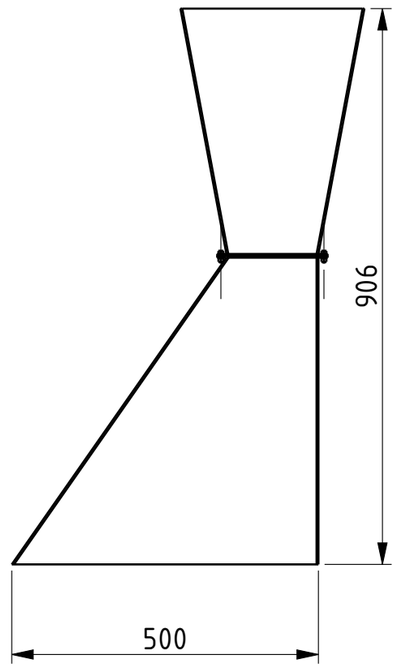
PRILOZI

I. CD-R disc

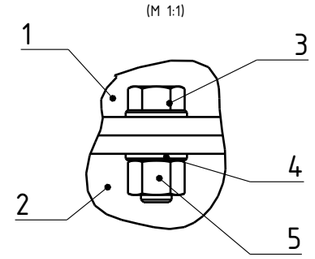
II. Tehnička dokumentacija



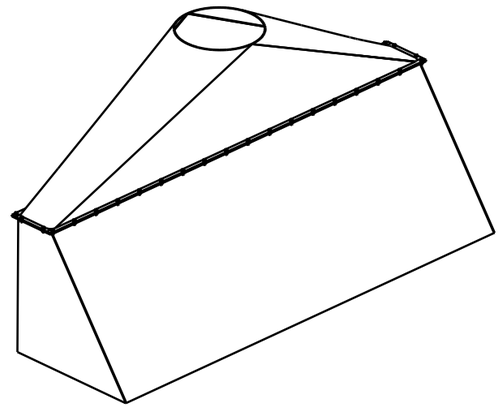
A–A
(M 1:10)

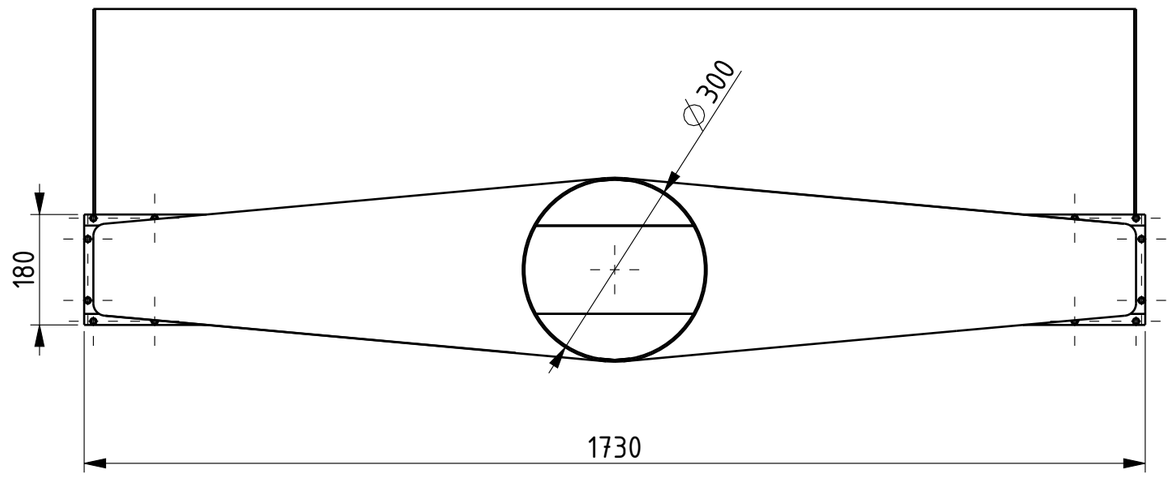


Z
(M 1:1)



Pogled u izometriji
(M 1:20)





Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
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

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
0035183713	Projektirao		Zvonimir Šutalo	
	Razradio		Zvonimir Šutalo	
	Crtao		Zvonimir Šutalo	
	Pregledao		Miroslav Ruševljan	
	Mentor		Miroslav Ruševljan	

FSB Zagreb
Studij strojarstva

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:

Masa: 81 kg

ZAVRSNI RAD

Mjerilo originala 1:10

Naziv: SKLOP HAUBE I PRIJELAZA

Pozicija:

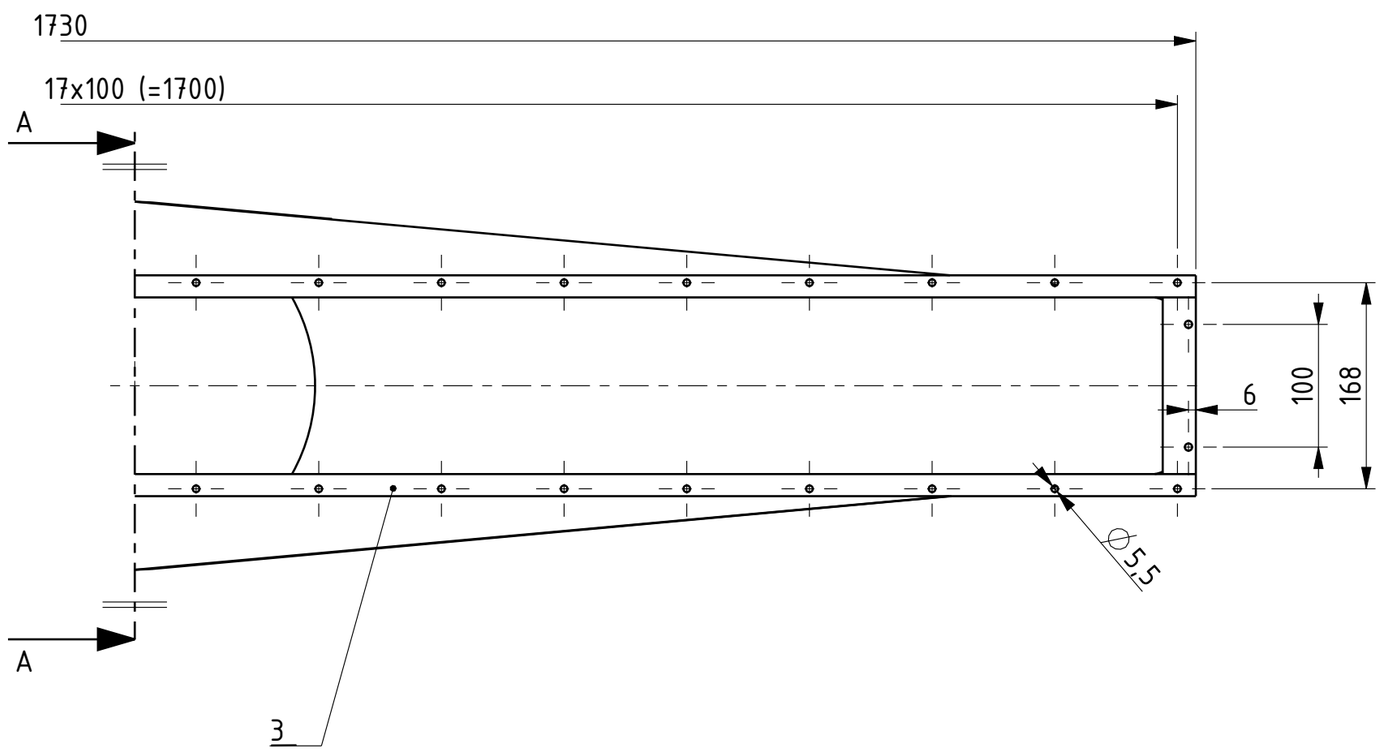
Format: A3

Listova: 1

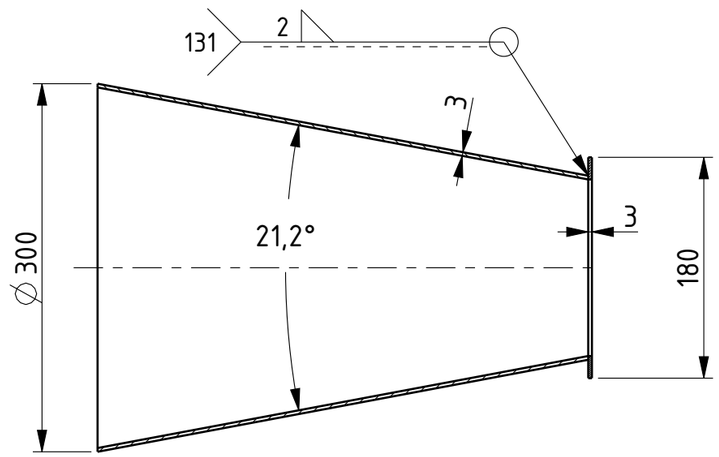
Crtež broj: 2015-1000.001

List: 1

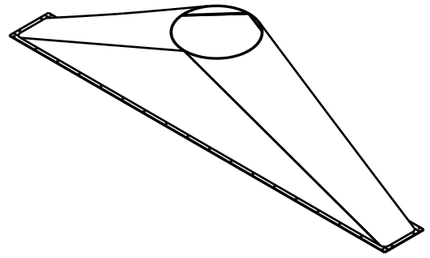
Design by G89

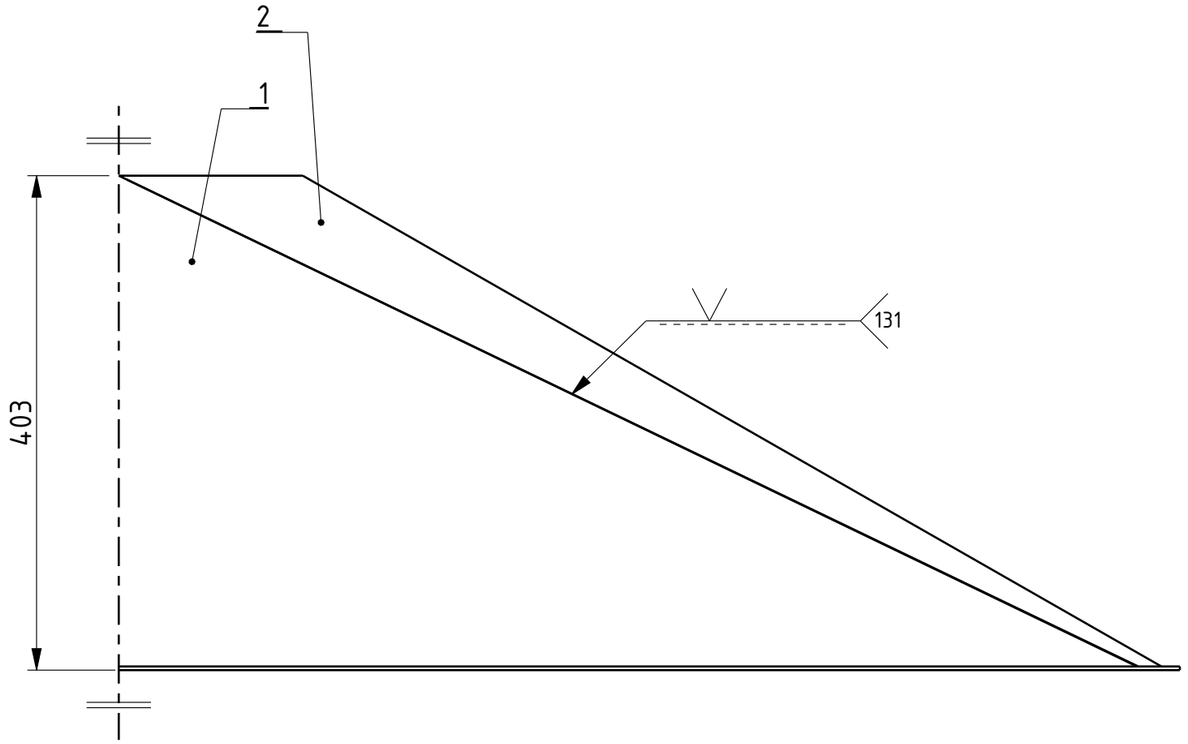


A-A
(M 1:5)



Pogled u izometriji
(M 1:20)





Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtez broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
3	Prirubnica	1	2015-3000.003	S235JR		
2	Plašt 2	2	2015-2000.001	S235JR		
1	Plašt 1	2	2015-2000.001	S235JR		

		Datum	Ime i prezime	Potpis
Broj naziva - code 0035183713	Projektirao		Zvonimir Šutalo	
	Razradio		Zvonimir Šutalo	
	Crtao		Zvonimir Šutalo	
	Pregledao		Miroslav Ruševljan	
	Mentor		Miroslav Rušavljan	

FSB Zagreb
Studij strojarstva

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 1:5

Naziv: PRIJELAZNI KOMAD

Pozicija: 1

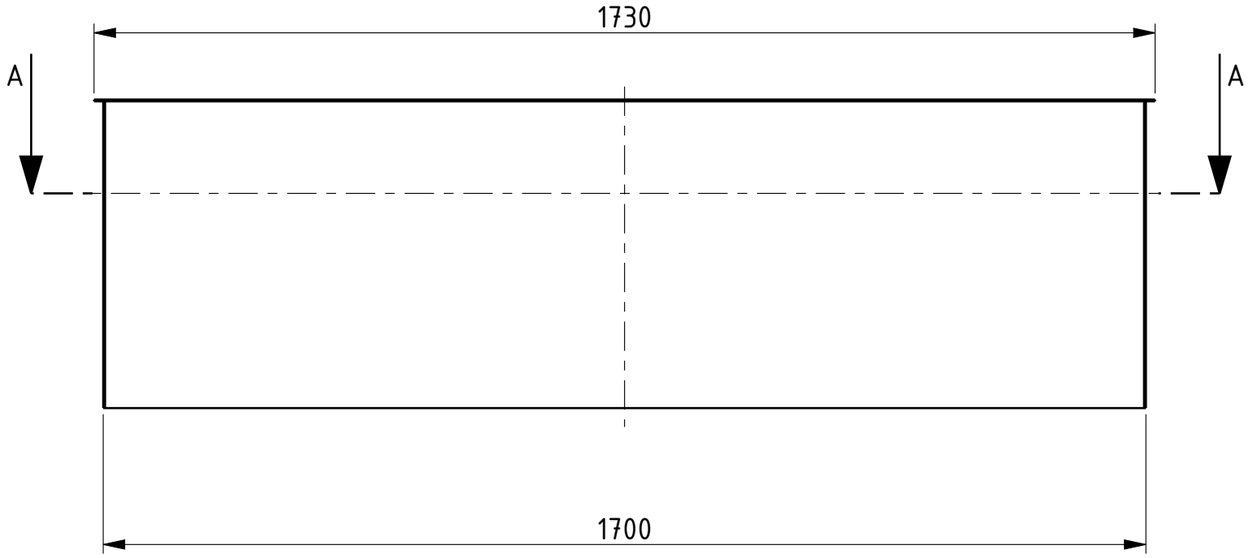
Format: A3

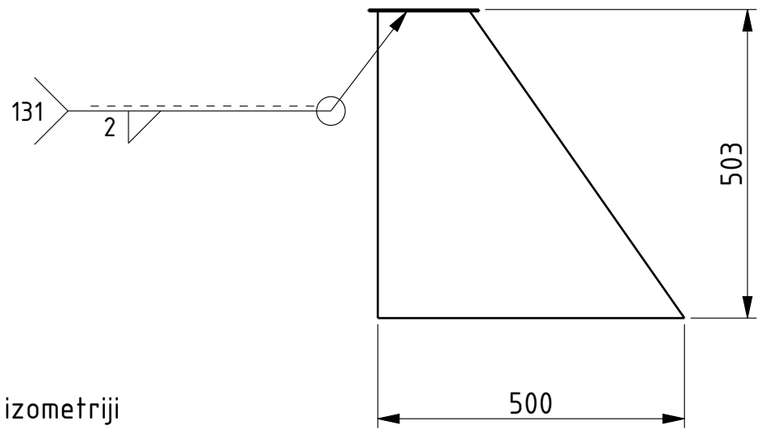
Listova: 2

Crtez broj: 2015-2000.001

List: 1

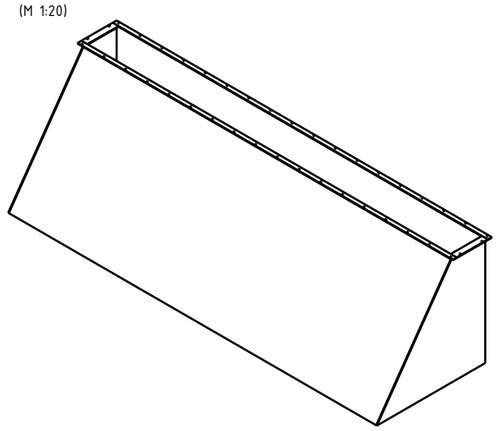
Design by G89

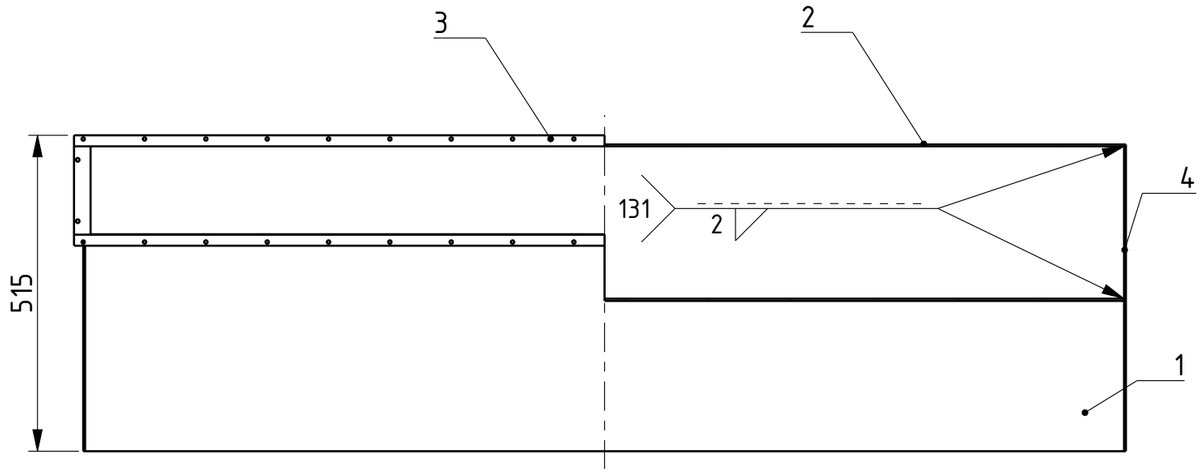




Pogled u izometriji

(M 1:20)





Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
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		

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
0035183713	Projektirao		Zvonimir Šutalo	
	Razradio		Zvonimir Šutalo	
	Crtao		Zvonimir Šutalo	
	Pregledao		Miroslav Ruševljan	
	Mentor		Miroslav Ruševljan	

FSB Zagreb

Studij strojarstva

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

Format: A3

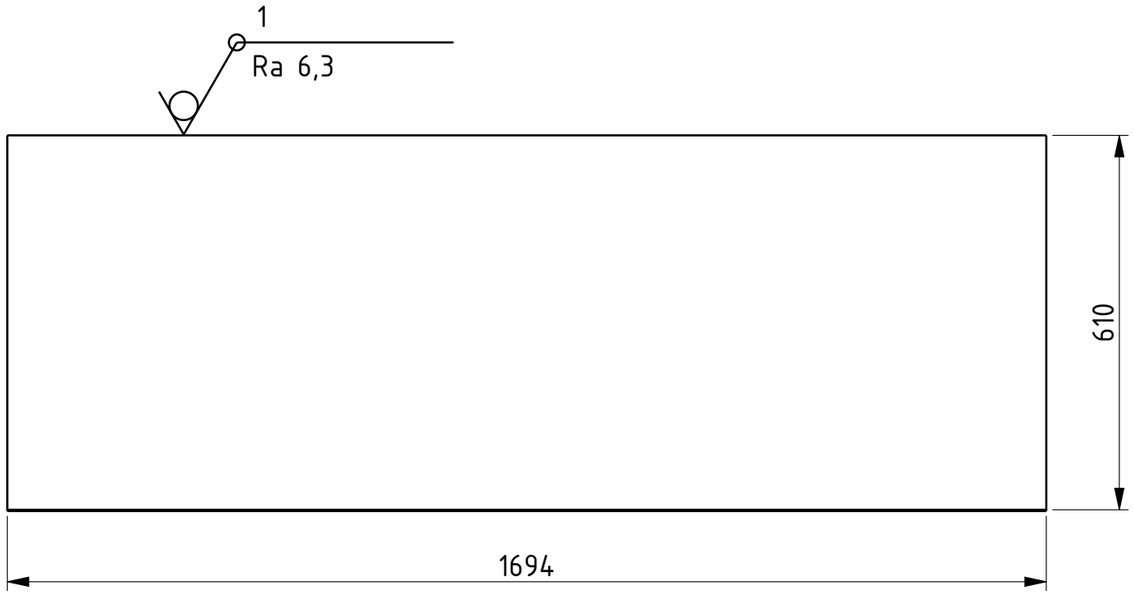
Listova: 2

Crtež broj: 2015-2000.002

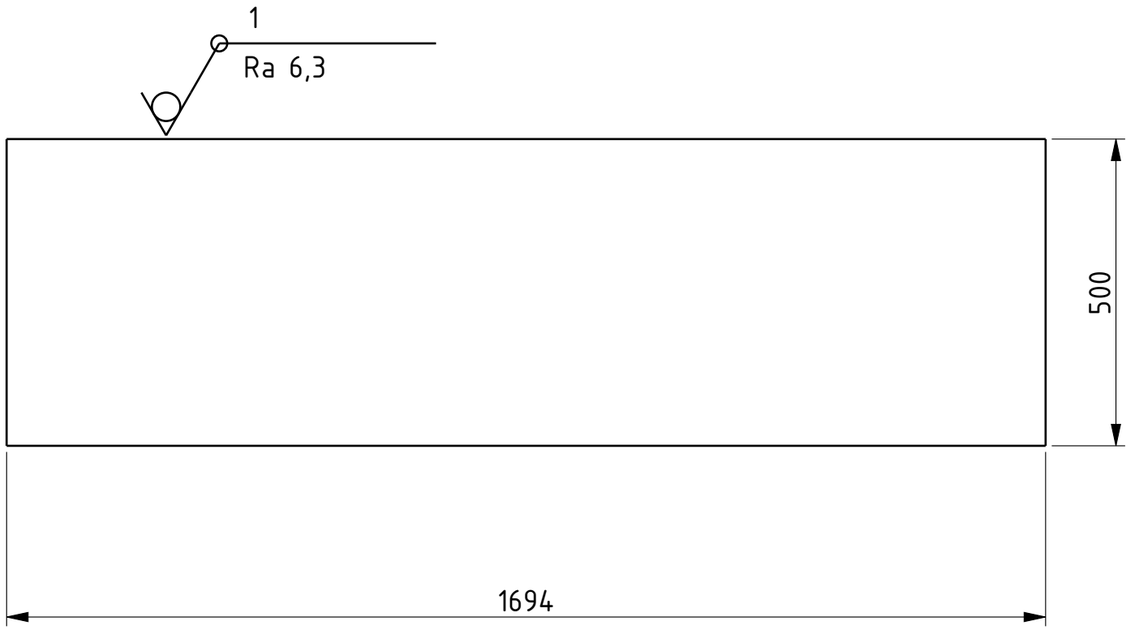
List: 1

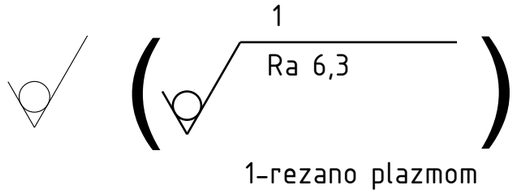
Design by G89

POZICIJA 1
(M 1:10)



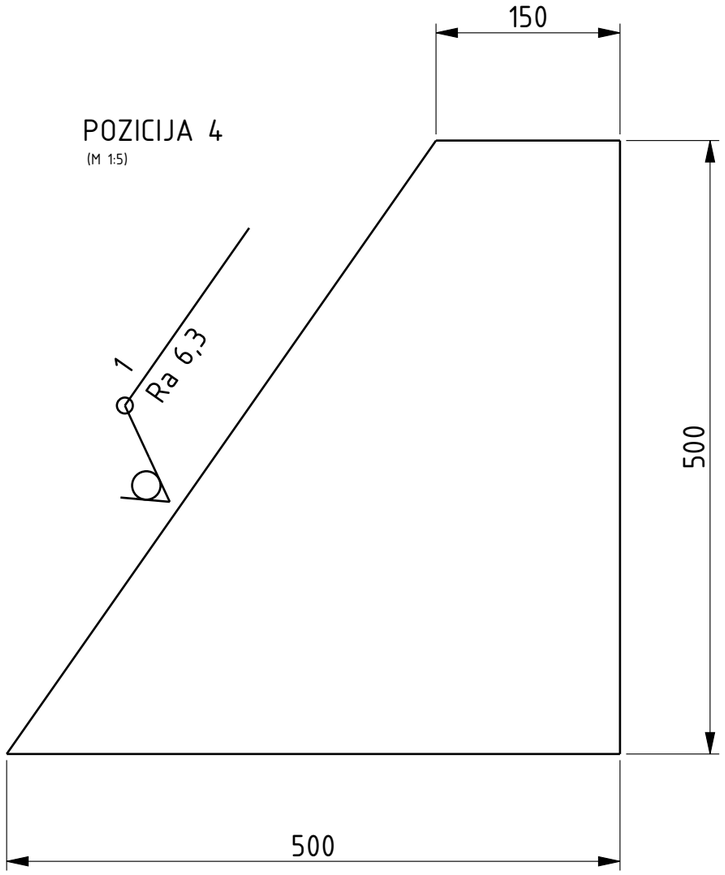
POZICIJA 2
(M 1:10)





1-rezano plazmom

POZICIJA 4
(M 1:5)



Broj naziva - code 0035183713		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao		Zvonimir Šutalo	
	Razradio		Zvonimir Šutalo	
	Crtao		Zvonimir Šutalo	
	Pregledao		Miroslav Ruševljan	
	Mentor		Miroslav Ruševljan	

FSB Zagreb
Studij strojarstva

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

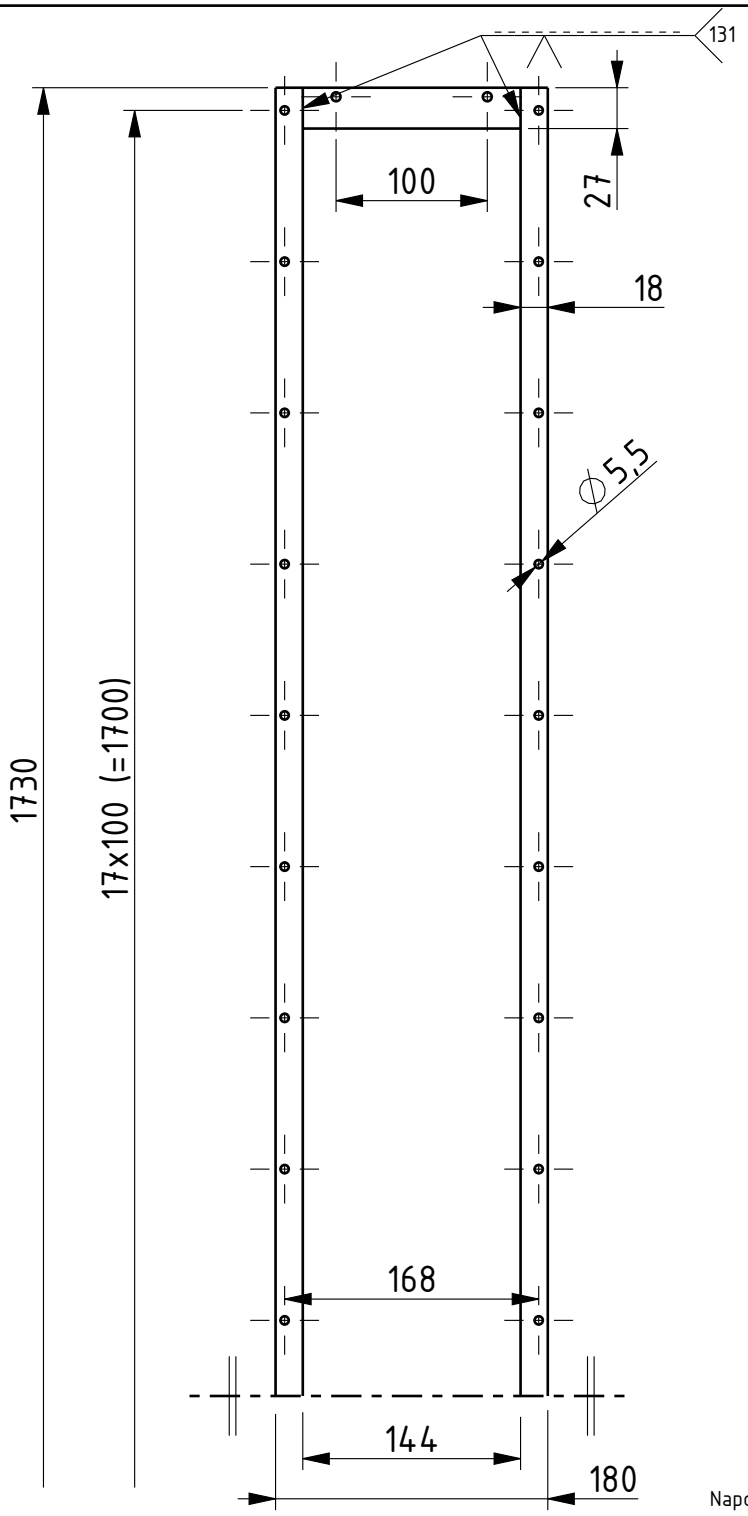
Format: A3

Listova: 2

Crtez broj: 2015-2000.002

List: 2

Design by G89



Napomena: debljina limova t=3 mm

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	
0035183713	Projektirao		Zvonimir Šutalo		FSB Zagreb
	Razradio		Zvonimir Šutalo		Studij strojarstva
	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
	Materijal: S235JR	Masa:	ZAVRSNI RAD
	Mjerilo originala 1:5	Naziv: PRIRUBNICA	Pozicija: 3
		Crtez broj: 2015-3000.003	

Kopija

Format: A4

Listova: 1

List: 1