

Kanali za klimatizaciju i ventilaciju čistih soba

Air ducts for clean rooms air-conditioning and ventilation

Milan MARKOVIĆ, dipl. inž. maš., Dejana SOLDI, dipl. inž. maš., Ivana MARKOVIĆ, dipl. inž. maš., „Soko inženjering“, Beograd

Ključne reči: klimatizacija; ventilacija; kanali za razvod vazduha; curenje vazduha; čiste sobe

Dobro projektovan i izveden sistem kanala za razvod vazduha zajedno sa distributivnim elementima mora da obezbedi: ravnomernu distribuciju vazduha, uklapanje u arhitektonsko-građevinsku celinu, zadovoljavajući nivo buke, dobru zaptivenost i mala propuštanja vazduha, minimalne dobitke i gubitke toplote (dobra izolacija kanala), što manji pad pritiska (direktno utiče na smanjenje utroška energije za transport vazduha), higijensku ispravnost i lako održavanje. Za klimatizaciju i ventilaciju čistih soba dodatni akcenat je na boljoj klasi nepropusnosti kanalske mreže (klasa C ili D po Eurovent-u) i na neprekornoj čistoći vazduha.

Sam proces izrade i pravilno postavljanje kanala za razvod vazduha značajno utiču na kvalitet vazduha i energetske efikasnost celog sistema.

Postoje procedure i standardi po kojima se proizvode, montiraju i testiraju kanali za razvod vazduha. To su standardi DIN 24145, EN 1507, EN 12237, EUROVENT i SMACNA.

U ovom radu biće objašnjene vrste kanala, vrste spojeva, način ojačanja, pravila postavljanja i rezultati merenja curenja vazduha kanala proizvod Soko inženjeringa.

Key words: air conditioning; ventilation; air ducts; air leaks; clean rooms

A well-designed and constructed air duct system together with distribution elements must ensure: uniform air distribution, fitting into the architectural and construction whole, satisfactory noise levels, good sealing and small air leaks, minimal gains and heat losses (good duct insulation). Minimal pressure drop (directly reducing energy consumption for air transport), hygienic safety and easy maintenance. For air-conditioning and ventilation of clean rooms, the emphasis is on better ductility of the duct network (C or D class according to Eurovent) and impeccable air cleanliness.

The design process and proper placement of the air ducts significantly affect the air quality and energy efficiency of the entire system.

There are procedures and standards by which air ducts are manufactured, installed and tested. These are DIN 24145, EN 1507, EN 12237, EUROVENT and SMACNA.

This paper will explain the types of ducts, the types of joints, the method of reinforcement, the rules of placement, and the results of the measurement of duct air leakage by Soko Engineering.

1. Uvod

Kanali za razvod vazduha važan su deo sistema za ventilaciju i klimatizaciju čistih soba i znatno utiču na cenu i na utrošenu energiju. Pored sistema za dovod vazduha u prostor koji se klimatizuje, uvek postoji i nezavisan sistem kanala kojim se vazduh odvodi iz prostora, čime se ostvaruje neprekidna cirkulacija vazduha.

U ovom radu ćemo se fokusirati na izradu i montažu metalnih kanala za čiste prostore, bolnice i sve objekte sa strožim kriterijumima za čistoću vazduha, što preneseno na kanalsku mrežu znači da je izvedena u strožim klasama nepropusnosti (C i D po Eurovent-u) što je u skladu sa standardom EN 12237.

Prvo ćemo navesti jednu opštu klasifikaciju vazdušnih kanala po pritisku i dozvoljenom propuštanju po standardu EN12237 i EN 1507 (tabela 1).

Osnovne odlike kanala za razvod vazduha su dobra mehanička svojstva (krutost) i zaptivenost. Postizanje odgovarajuće klase pritiska postiže se dobrom kombinacijom dimenzija kanala, debljine lima, vrste ojačanja i maksimalnog rastojanja između ojačanja (ili rastojanja poprečnih spojeva), sve po preporukama standarda DIN 24190, DIN 24191, DIN 24194, EN 10142 i standarda SMACNA.

Tabela 1. Klasifikacija vazdušnih kanala po pritisku i dozvoljenom propuštanju po standardima EN12237 i EN 1507

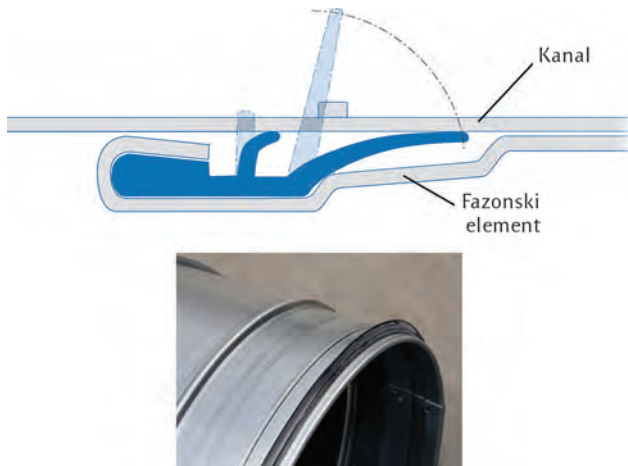
Klasa pritiska	Dozvoljen statički pritisak		Maksimalna brzina [m/s]	Dozvoljeno curenje vazduha [(L/s)/m ²]
	Natpritisak [Pa]	Potpritisak [Pa]		
Niski pritisak – klasa 1	500	500	10	0,027 × p _{0,65}
Srednji pritisak – klasa 2	1000	750	20	0,009 × p _{0,65}
Visoki pritisak – klasa 3	2000	750	40	0,003 × p _{0,65}

2. Vrste kanala za razvod vazduha

Soko inženjering proizvodi dve vrste kanala, kružnog poprečnog preseka – spiro i pravougaonog poprečnog preseka.

Osnovni zahtevi za dobro zaptivanje kanalske mreže ispunjavaju se proizvodnjom kanala u skladu sa preporukama navedenih standarda i dobro izvedenom montažom na objektu. Dobra mehanička svojstva kanala su osnovni preduslov za dobru zaptivenost kanalske mreže. Kanali se proizvode od visokokvalitetnog pocinkovanog lima sa nanosom cinka 275 gr/m² oznake DX51D + Z275 prema standardu EN 10142.

Za strože higijenske zahteve kao što su čiste sobe, Soko inženjering proizvodi spiro-kanale za zaptivnom gumom po sistemu „Spiro[®]“ (slika 1).



Slika 1. Sistem sa zaptivnom gumom Spiro[®]

Sistem zaptivanja spiro-kanala sa gumenim zaptivkama omogućava klasu D nepropusnosti kanalske mreže, po Eurovent-u.

Osnovne karakteristike tog sistema koji je u skladu sa standardom EN 12237 su:

- Dupla zaptivka od EPDM gume otporne na starenje i temperaturne promene od $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Gumena zaptivka, fabrički namenski urađena za svaki prečnik kanala, postavlja se na fazonske elemente u fazi proizvodnje na specijalnoj mašini.
- Zaptivka čvrsto i precizno priljege na zid kanala i obezbeđuje dugoročno zaptivanje bez dodataka (bez silikona i bez traka za zaptivanje na spojevima).
- Brza montaža kanalske mreže.
- Uz dobru montažu i dobru klasu krutosti kanalske mreže garantuje zaptivanje do 5000 Pa potpritiska i 3000 Pa natpritiska.

Način izrade kanala direktno utiče na količinu propuštanja vazduha kroz kanala. Propuštanje vazduha je u funkciji od veličine sistema i razlike pritiska. Veliki sistemi propuštaju više od manjih. Viši pritisak takođe povlači veće propuštanje. Propuštanje vazduha određuje se u jedinici [L/s] ili [m^3/s]. Faktor propuštanja je ukupno propuštanje vazduha kroz površinu kanala. Standard EN 12237 definiše klase propuštanja i po njemu najveća klasa je klasa D koja je tri puta bolja od klase C; klasa C tri puta bolja od klase B; klasa B tri puta bolja od klase A. To se najbolje vidi u dijagramu 1 koji prikazuje zavisnost faktora propuštanja [$(\text{L/s})/\text{m}^2$] i vrednosti pada pritiska za različite klase zaptivanja (propuštanja).

Po standardu SMACNA, faktor propuštanja se određuje prema sledećoj jednakosti:

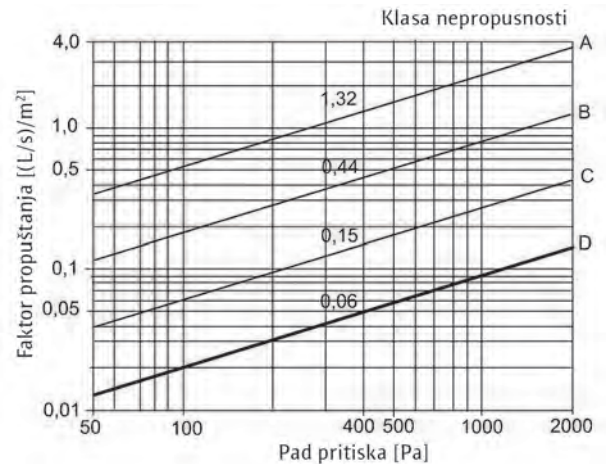
$$F = C_L P^N$$

gde su:

- F – faktor propuštanja – količina ispuštenog vazduha po jedinici površine kanala,
- C_L – konstanta – klasa propuštanja – količina ispuštenog vazduha po jedinici površine kanala pri pritisku od 1 W.G.,
- P – statički pritisak u kanalu vodenog stuba, u inčima (W.G.),
- N – eksponent vezan za turbulenciju (približno je 0,65).

Faktor propuštanja moguće je predvideti za različite vrednosti statičkog pritiska ako je poznata klasa propuštanja. Ukupnu količinu ispuštenog vazduha moguće je pretposta-

viti množenjem faktora propuštanja sa ukupnom površinom kanala. Testiranje sistema kanala na nepropusnost izvodi se pre postavljanja izolacije. Za utvrđivanje klase propuštanja (konstanta C_L) potrebno je utvrditi klasu zaptivanja koja je definisana preporukama standarda SMACNA u zavisnosti od projektovanog statičkog pritiska u sistemu, za obe vrste kanala (pravougaone i kružne). Utvrđene klase propuštanja koje odgovaraju datoj klasi zaptivanja prikazane su u tabeli 2.



Dijagram 1. Prikaz zavisnosti faktora propuštanja [$(\text{L/s})/\text{m}^2$] i vrednosti pada pritiska za različite klase zaptivanja (propuštanja) po Eurovent-u

Tabela 2. Klase propuštanja vazduha po standardu SMACNA

Primena klase zaptivanja – propuštanja			
Klasa pritiska	1/2", 1", 2" W.G.	3" W.G.	4", 6", 10" W.G.
Primenjeno zaptivanje	Samo poprečni spojevi	Poprečni i uzdužni spojevi	Poprečni, uzdužni spojevi i svi prodori
Klasa propuštanja C_L			
Pravougaoni	24	12	6
Spiro-kanali	12	6	3

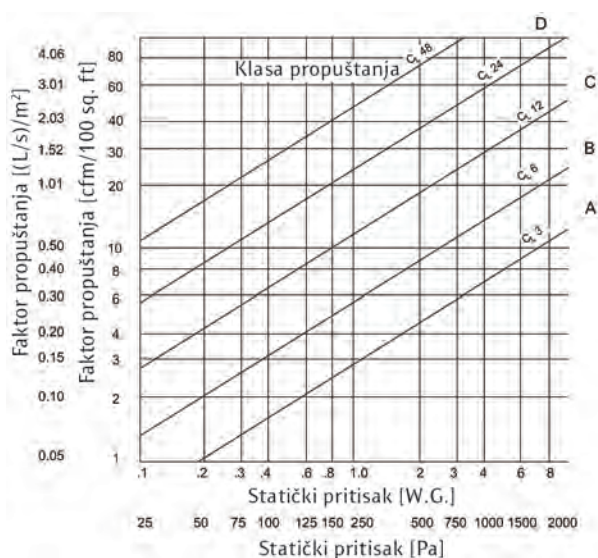
Iz table 2 se vidi da pravougaoni kanal koji je zaptiven prema klasi zaptivanja C ima klasu propuštanja 24. Uvođenje klase zaptivanja A i B u vazдушnim kanalima sa klasom pritiska „1“ (tj. povećanje klase zaptivanja preko zahtevanog nivoa) nije ekonomski isplativo. Normalno je da sistem ima određeno propuštanje na zazorima.

Dijagram 2 po standardu SMACNA prikazuje zavisnost faktora propuštanja F (kubnih stopa u minuti po 100 kvadratnih stopa $\text{cfm}/100\text{ sq. ft.}$) od statičkog pritiska (klase pritiska) u inčima vodenog stuba (W.G.), za različite klase zaptivanja (propuštanja).

Pravougaoni kanal za određenu klasu pritiska i određenih dimenzija (definisano projektom), izrađen od lima pravilno izabrane debljine, sa dobro odabranim poprečnim spojem i potrebnim ojačanjem (prema preporukama standarda SMACNA), mora da zadovolji potrebnu klasu krutosti. Na taj način sprečena je deformacija kanala tokom upotrebe i obezbeđen je jedan od osnovnih preduslova za dobro zaptivanje, sve u skladu sa standardom EN 1507.

- *Uzdužni spoj* na kanalima je tipa *kanal-falc*. Ta vrsta spoja ima najkraće vreme izrade, a ujedno obezbeđuje dobru zaptivenost i za visoke klase pritiska. Izrada tog spoja na visokokvalitetnim mašinama nudi mogućnost postavljanja zaptivne mase u fazi izrade spoja, čime se obezbeđuje mogućnost zaptivanja za klasu D po standardu EN 15780.
- *Poprečni spojevi* su prirubnički sa profilom Mezz-Syphon sa ubačenom zaptivkom u samom profilu. Zavisno od veličine

i debljine materijala od koga je napravljen, profil ima određenu klasu čvrstoće prema kojoj se bira za određenu veličinu kanala i klasu pritiska, prema standardu DIN 24194. Pripadajući ugaonici uz ove profile su sa elipsastim otvorima za pričvršćivanje.



Dijagram 2. Prikaz zavisnosti faktora propuštanja i vrednosti pada pritiska za različite klase zaptivanja (propuštanja) po standardu SMACNA

Pravougaoni kanali se standardno ukrućuju poprečnim žljebljenjem i mogu da izdrže natpritiske do 1000 Pa i potpritiske do 750 Pa (klasa pritiska 2 po standardu EN 1507). Dodatna ojačanja koja mogu biti spoljašnja i unutrašnja, izvođe se ukoliko to zahtevaju kombinacija klase pritiska, dimenzije kanala i debljine lima od koje se kanal radi (sve u saglasnosti sa standardima SMACNA). Poštovanje svih standarda pri izradi kanala i ako su isti montirani po preporukama za montažu, ima za rezultat klasu C zaptivanja po Eurovent-u.

3. Ojačanja kanala za razvod vazduha

Konstrukcija vazdušnih kanala izvodi se prema klasi pritiska za koju su kanali projektovani, tako da zadovolji potrebnu klasu krutosti i spreči njihovu deformaciju tokom eksploatacije. U čistim sobama pritisci u kanalima za razvod vazduha dosta su visoki zbog mnogobrojnih stepena filtracije, zato je kanale potrebno ojačati. Deformacija kanalskog dela i ugib direktno ugrožavaju zaptivanje sistema vazdušnih kanala. U zavisnosti od promenljivih veličina koje utiču na konstrukcione karakteristike vazdušnih kanala, tj. postizanje odgovarajuće klase krutosti kanala pri određenoj klasi pritiska, jesu:

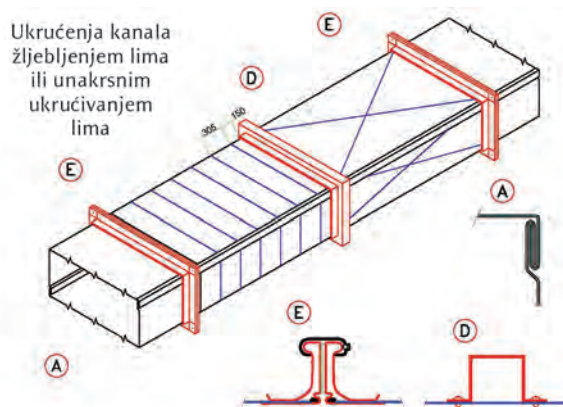
- dimenzije kanala,
- debljina materijala kanala,
- rastojanja poprečnih spojeva i dodatnog ojačanja i
- vrsta i veličina ojačanja.

Pre početka proizvodnje kanala postupak je sledeći:

- ustanoviti klasu pritiska;
- na osnovu veće dimenzije kanala odrediti debljinu materijala od koje se kanal izrađuje;
- tip poprečnog spoja izabrati tako da odgovara klasi pritiska, dimenziji kanala i debljini materijala;
- odrediti potrebnu klasu ojačanja i rastojanja na koja se postavljaju sve ranije određene veličine (klasa pritiska, širina, visina i dužina kanala, debljina lima, tip i veličina poprečnog spoja).

Deo kanala određene dužine i debljine lima dobiće potrebnu klasu čvrstoće upotrebom poprečne veze odgovarajuće klase

čvrstoće, ili kombinacijom poprečne veze niže klase čvrstoće sa dodatnim ojačanjem tako da zajedno zadovolje traženu klasu čvrstoće.



Slika 2. Ukrucenje kanala žljebljenjem i unakrsnim ukrucenjem lima; A – kanal-falc, E – poprečni spoj, D – dodatno ojačanje

Soko inženjering pravougaone kanale izrađuje standardno sa uzdužnim spojem „kanal-falc“ a za poprečne spojeve koristi profile 20, 30, 40 METZ®-SYPHON koji imaju određenu klasu čvrstoće (krutost pri savijanju) što predstavlja proizvod modula elastičnosti, E , i momenta inercije, I . Modul elastičnosti za čelik je $E = 2,1 \times 10^4 \text{ kN/cm}^2$.

Klase čvrstoće – EI – po standardu SMACNA definisane slovnim oznakom imaju vrednosti date u tabeli 3.

Tabela 3. Klase čvrstoće po standardu SMACNA

Klasa čvrstoće	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Vrednost $\times 10^4 \text{ kN/cm}^2$	0,12	0,29	0,55	0,78	1,9	3,7	4,5	7,6	20	23	30	60

Ukrucenje kanala pravljenjem preloma na limu (poprečno žljebljenje). Kanali širine 483 mm (19 inča) i više, koji imaju preko $0,93 \text{ m}^2$ slobodne površine, treba da imaju ukrucenje (prelom) na svakih 305 mm. Taj zahtev je primenljiv do 1 mm debljine lima i do 750 Pa. Nepotrebno je praviti prelome na svim stranama kanala ako to dimenzije kanala ne zahtevaju. Taj tip ojačanja ne utiče na potrebu za dodatnim ojačanjima i njihovim rasporedom. Kanali za 1000 Pa ili više ne zahtevaju ovakav tip ojačanja zbog potencijalnog spoljašnjeg ili unutrašnjeg ojačavanja.

4. Ispitivanje propuštanja vazduha kroz kanalsku mrežu

Ispitivanje propuštanja vazduha kroz spiro-kanalsku mrežu vrši se radi određivanja klase propuštanja prema standardu EN 12237. Ispitna instalacija se sastoji od ravnih deonica i fazonskih elemenata različitih prečnika (slika 3). Svi elementi su izrađeni sa gumenom zaptivkom. Krajevi deonica su zatvoreni poklopcem. Instalacija je postavljena na nosače koji stoje na podu. Na kanalsku mrežu prikačen je ventilator sa promenljivim protokom vazduha da održava natpritisak od 2000 Pa. Na mernom mestu je postavljen merač protoka vazduha tipa TA460-P proizvođača TSI AIRFLOW. On meri propuštanje vazduha na mernom mestu. Merenje je obavljeno na spoljnoj temperature od $24,3 \text{ }^\circ\text{C}$ bez strujanja vazduha i na atmosferskom pritisku 1004 hPa. Ukupna površina kanalske mreže je $26,8 \text{ m}^2$ i ukupne dužine 31,2 m. Rezultati merenja pokazuju da je propuštanje vazduha na mernom mestu $0,140 \text{ (L/s)/m}^2$ što odgovara klasi propuštanja D po Eurovent-u (slika 4). Kanali za razvod vazduha sa tako visokom

kon proizvodnje mehanički se čisti vazduhom pod pritiskom, a zatim se obeležava. Posle obeležavanja kanali se pakuju u PVC foliju i dalje u kamion ili prvo u transportni sanduk pa u kamion (slika 5).

6. Zaključak

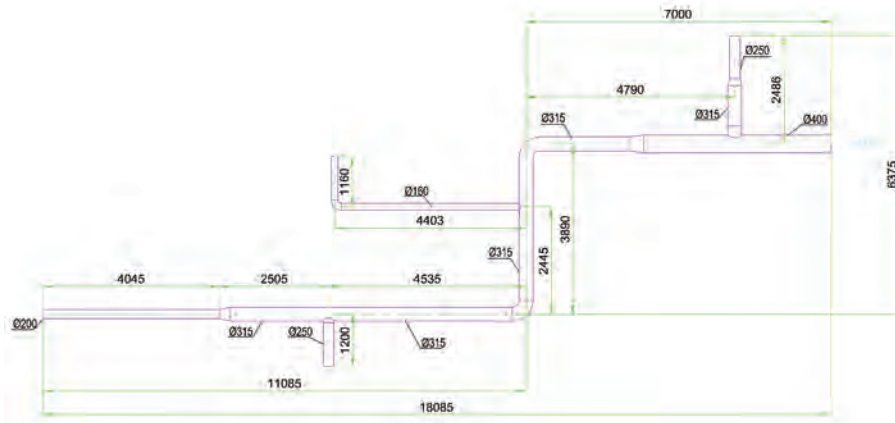
Prilikom projektovanja ventilacije i klimatizacije prostora sa visokim zahtevima za čistoćom vazduha pored izbora klima-komore i ventilatora, podjednako je važan i izbor kanalske mreže za razvod vazduha. U slučaju čistih soba još je važnije da se pripremljen vazduh dovede do određišta sa što manje rasipanja i gubljenja kvaliteta. Na energetska efikasnost, o kojoj

danas svi pričaju, dosta utiču i kanali za razvod vazduha, ako je malo propuštanje vazduha, manje će se gubiti vazduha kroz njih a samim tim i oprema za pripremu vazduha će trošiti manje energije. Čiste sobe zbog svoje specifične namene zahtevaju vazduh sa što manje čestica u njemu, što je još jedan razlog da kanali za razvod vazduha imaju što manje propuštanje vazduha. Zbog svega navedenog, važno je poštovati standarde na samom početku prilikom izbora materijala, procesa izrade, transporta, načina ugradnje kao i na kraju kada se sistem testira i pušta u rad.

7. Literatura

- [1] *** Eurovent – Rating Standard for the Certification of Rigid Metallic Ductwork Systems with Circular Cross-Section
- [2] *** EN 1507:2010 – Ventilation for Buildings – Sheet Metal Air Ducts with Rectangular Section – Requirements for Strength and Leakage.
- [3] *** EN 12237:2010 – Ventilation for Buildings – Ductwork Strength and Leakage of Circular Sheet Metal Ducts.
- [4] *** SMACNA HVAC Dust Contruction Standards Metal and Flexible.
- [5] *** Spiro® Raise the Standards within Ventilation.
- [6] *** ASIEPI Duct System Air Leakage P187 1.9.2009.
- [7] *** Katalog – Kanali za razvod vazduha v12, www.sokoing.rs.

kg



Slika 3. Ispitna kanalska mreža – spiro-kanali

LogDat2 Data File				
Model Number:	TA460-P			
Serial Number:	TA4601117006			
Test ID:	16			
Test Abbreviation:	Test 016			
Start Date:	23.5.2015			
Start Time:	11:11:18			
Duration (dd:hh:mm:ss):	0:00:05:00			
Number of points:	1			
Notes:	Test 016			
Duct Surface Area	26,80m ²			
Duct Static Pressure	2000,0Pa			
Duct Leakage Limit	0,140l/s/m ²			
Duct Leakage Test Type	European Standard			
Duct Tightness Class	D			
Duct Leakage Status	PASS			
Leakage Flow Rate	2,65l/s			
Statistics				
Channel:	T	BP	Leakage Factor	
Units:	deg C	kPa	l/s/m ²	
Average:	25,6	100,3	0,0987	
Minimum:	25,6	100,3	0,0983	
Maximum:	25,6	100,3	0,0992	
Date	Time	T	BP	Leakage Factor
dd.MM.yyyy	hh:mm:ss	deg C	kPa	l/s/m ²
23.5.2015	11:16:18	25,6	100,3	0,0987

! Rezultati merenja se odnose samo na navedeno merno mesto i opisan režim rada

Slika 4. Rezultati merenja propuštanja kanalske mreže – spiro-kanali

klasom propuštanja vazduha pogodni su za dovođenje i odvođenje vazduha iz čistih soba.

5. Pakovanje i transport kanala za čiste sobe

Pored kvalitetnih limova, zaptivnih guma i precizne izrade kanala za čiste, sobe važna je priprema kanala za transport i skladištenje do ugradnje. Svaki kanal i fazonski element na-



Slika 5. Pakovanje kanala i fazonskih elemenata za čiste sobe

Čiste sobe

Dragana Šamšalović

ČISTE SOBE
Uvod u problematiku projektovanja čistih soba

Cena: 1.200 d
www.knjizara.smeits.rs

UVOD U PROBLEMATIKU PROJEKTOVANJA ČISTIH SOBA

DRAGANA ŠAMŠALOVIĆ