

# **UZIMANJE UZORAKA VAZDUHA OKOLINE**

# ČINIOCI KOJI UTIČU NA KONCENTRACIJU ZAGAĐIVAČA U VAZDUHU

Analiza zagađivača u vazduhu okoline vrši se sa uzorcima uzetim:

- na otvorenom prostoru,
- u zatvorenim prostorijama (u sobama i kancelarijama),
- pogonima i radionicama.

Na koncentraciju zagađivača na otvorenom prostoru utiču:

- blizina izvora zagađivanja,
- meteorološki uslovi,
- topografski činioci, i
- dejstvo energije zračenja.

- U pogledu blizine izvora zagađenja normalno je očekivati da je koncentracija neposredno uz izvor zagađenja mnogo veća nego u zaleđu. Jedino pitanje je, u kojoj meri dolazi do razblaženja zagađivača sa udaljenjem od izvora zagađenja

- Do mešanja vazdušnih masa dolazi usled vetra i usled visinskog strujanja.
- Pod normalnim uslovima temperatura vazduha opada sa visinom, pa usled toga dolazi do mešanja donjeg, toplijeg vazduha, čija je gustina manja sa gornjim hladnijim i gušćim vazduhom.

- U slučaju kada dođe do hlađenja prizemnog sloja vazduha, što se često događa noću, a naročito u dolinama okruženim planinskim masivima, javlja se obrnuta pojava, tzv. *inverzija*.
- U tom slučaju je donji sloj vazduha hladniji i gušći, a gornji topliji i ređi, pa ne postoje uslovi za visinsko mešanje vazdušnih slojeva.
- Usled toga dolazi do pojave guste magle i gomilanja emitovanih zagađivača u prizemnom sloju.

- U ravnim predelima inverzija traje u toku jedne noći ili kraće vreme, a u dolinama okruženim planinama inverzija može potrajati 1—2 dana, a ponekad i duže vreme.
- Na nagomilavanje zagađivača u vazduhu utiču i topografski činioci kao što planinske prepreke i duboke doline.

- Meteorološki uslovi mogu uticati i na smanjenje koncentracije zagađivača u vazduhu. Tako npr. padavine (kiša i sneg) prečišćavaju vazduh i uklanjaju mnoge zagađivače.
- Pojedini činioci, npr. sunčevo zračenje i vlažnost stvaraju uslove pri kojima dolazi do različitih reakcija u vazduhu. Pritom se stvaraju sekundarni zagađivači.



- Zagađivanje u zatvorenim prostorijama potiče od zagađenja koje dospeva spolja (npr. sumpor-dioksid, čađ, prašina) i od zagađenja čiji se izvori nalaze u samoj prostoriji, (npr. od peći i grejača na gas, od pušenja i dr.).

.

- U pogonima i radionicama zagađenje može poticati od dimnih i otpadnih gasova koji spolja dospevaju u radnu prostoriju, od spojeva i pukotina na cevovodima i aparatima, koji ispuštaju zagađivač, iz peći ili iz uređaja u kojima se izvode procesi i operacije u toku proizvodnje.

# ČINIOCI OD KOJIH ZAVISI PRAVILNO UZIMANJE UZORKA

Pre uzimanja uzorka vazduha treba odrediti:

- merno mesto
- vreme potrebno za uzimanje uzorka,
- brzinu protoka vazduha, ako se vrši obogaćivanje zagađivača,
- trajanje merenja, i
- učestalost merenja.

- Merno mesto tj. mesto na kojem se uzima uzorak ili postavlja stanica za merenje i bira se zavisno od položaja izvora zagađenja, od vrste zagađivača koji se određuje i od meteoroloških i topografskih uslova.
- Na mernim mestima treba u toku uzimanja uzorka vršiti meteorološka merenja: brzinu i smer vetra, vlagu, temperaturu, pritisak i količine padavina.

- Dužina vremena potrebna za uzimanje uzoraka vazduha zavisi i od toga da li se meri srednjednevna ili kratkotrajna koncentracija gasovitog zagađivača.
- Za merenje srednjednevne koncentracije prikuplja se uzorak kontinualno u toku 24<sup>h</sup>, a za određivanje kratkotrajne koncentracije uzorak se uzima od 30 min do 3<sup>h</sup>.

- U pogonima i radionicama najvažniji zadatak je da se odredi prosečna koncentracija zagađivača u vazduhu koji udiše radnik na radnom mestu. Radi toga se uzorak vazduha za analizu uzima na radnom mestu, po mogućstvu blizu lica radnika. Ako u pogonu postoji više izvora zagađenja, onda se uzorak uzima sa više mesta u vazduhu.

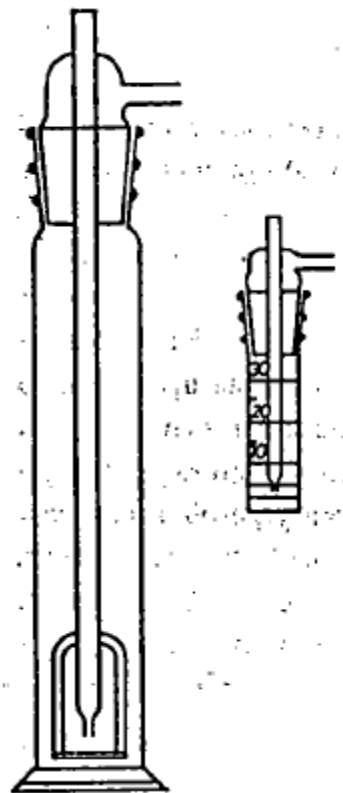
- U slučaju kada treba odrediti koncentraciju zagađivača na mestu odakle dospeva u vazduh radne prostorije, uzorci se uzimaju sa spojeva i pukotina koje propuštaju zagađivač, pored peći, iznad otvora rezervoara i kotlova, pokraj aparata za mešanje, drobilica i slično.

# UZIMANJE UZORAKA RADI ODREĐIVANJA CESTICA

- Uzimanje uzorka se vrši inercionim, gravitacionim, gradientnim, difuzionim, filtracionim postupkom i prosejavanjem.



- Kod ***inercionog*** postupka se koristi činjenica da je inercija čestica veća nego molekula gasa. Ako se struja gasa prinudi da menja pravac, čestice će se usled sudaranja sa preprekama taložiti.
- To se može izvesti na razne načine: postavljenjem prepreka brznoj struji vazduha, udaranjem mlaza vazduha o blisko postavljenu prepreku, sprovođenjem brze struje vazduha kroz ispiralicu sa tečnošću kod koje je kraj cevi za dovodenje vazduha sužen (2,3 mm) i udaljen od dna ispiralice 5 mm.

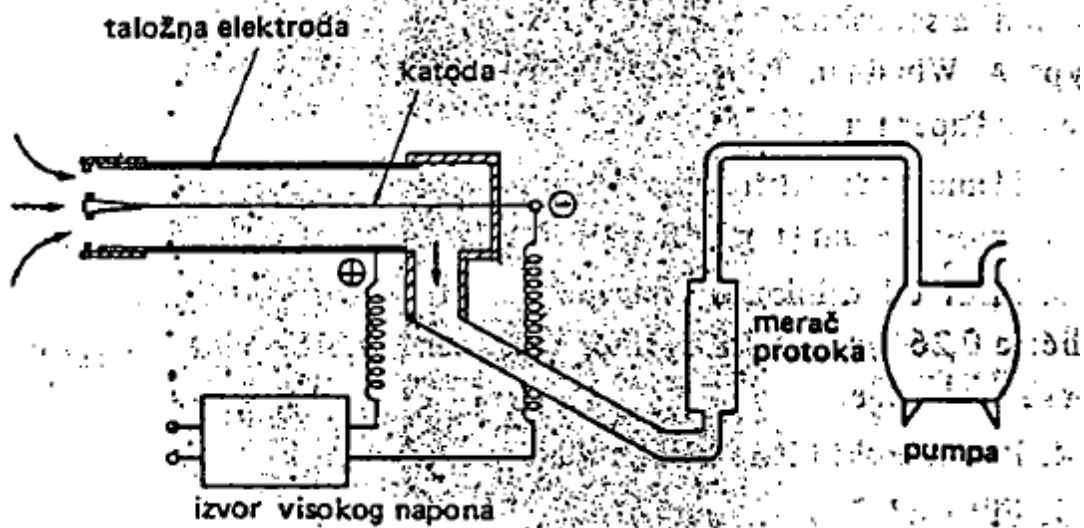


Standardne ispiralice

- Taloženje čestica se može izvršiti pod dejstvom ***gravitacije*** .
- Otuda ovaj postupak ne zahteva prinudno sprovođenje gasa (npr. pumpom).
- Za taloženje čestica služe sedimentacione komore, sudovi, zdele, staklene ploče.
- Na ovaj način se talože čestice čija je veličina iznad ***20 $\mu$ m***. Prednost ovog postupka se sastoji u razdvajanju čestica prema veličini, jer se veće čestice istog materijala brže talože nego manje.

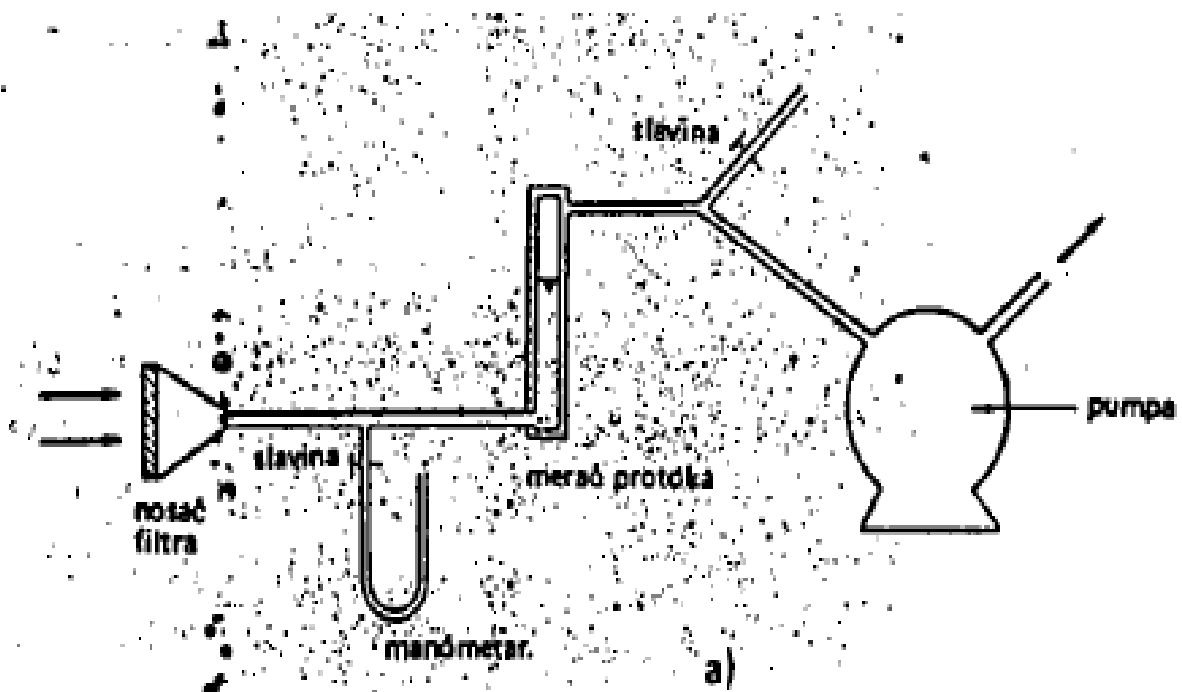
- Pored gravitacionog gradienta, za uzimanje uzorka čestica mogu se koristiti drugi ***gradienti***, npr. elektrostatički (elektroforeza).

- Za ***elektrostaticko taloženje*** koriste se različiti instrumenti kod kojih se između dve elektrode održava potencijalna razlika od 12000- 45000 V. Sa negativne elektrode u vidu mreže ili žice prazne se elektroni koji naelektrisavaju čestice prašine.
- Njih zatim privlači pozitivna taložna elektroda u obliku cevi, sa koje se mogu isprati ili očistiti radi analize. Ovaj postupak se već dugo godina primenjuje pri prečišćavanju gasova od prašine pomoću elektrofiltara.



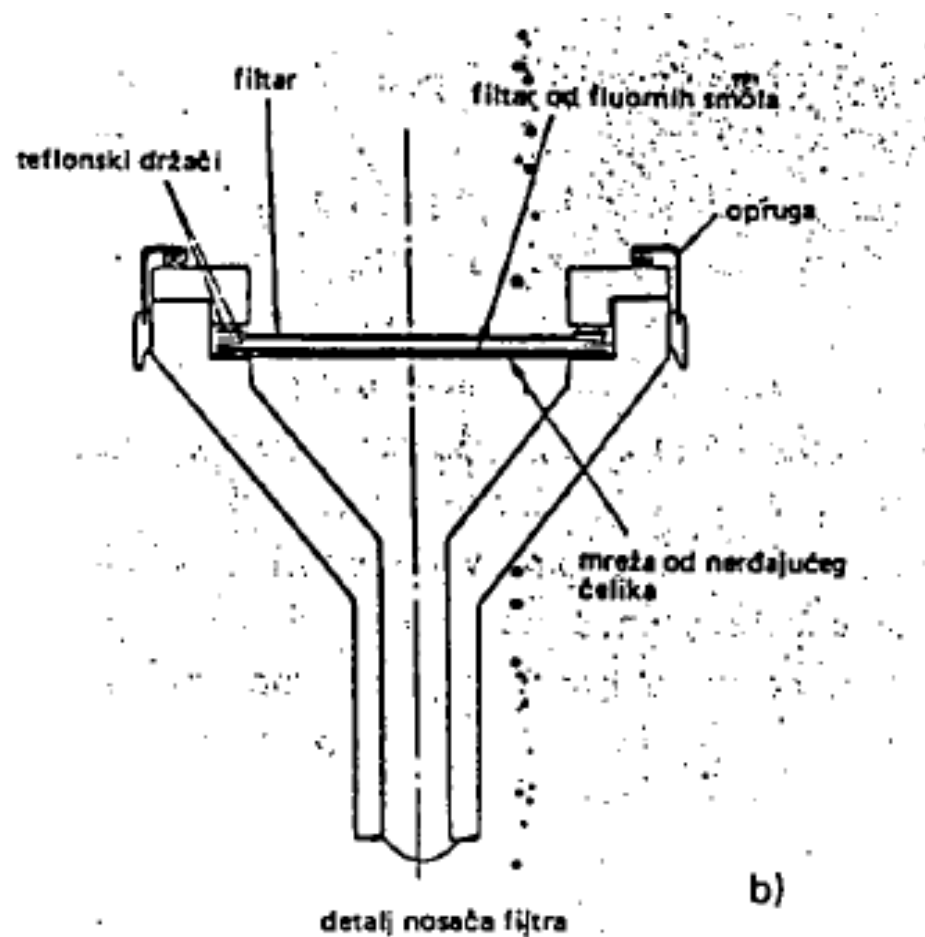
Uređaj za elektrostatičko uzimanje uzorka

- ***Prosejavanje*** služi za sakupljanje velikih čestica i njihovo razdvajanje se vrši na osnovu širine čestica, dok debljina može biti različita.
- Za uzimanje uzorka čestica iz vazduha najčešće se koristi ***filtracija***.
- **Od filtra se zahteva** da zadrži najmanje **99%** atmosferskih čestica veličine 0,3  $\mu\text{m}$  i veće,
- **da nije higroskopan,** :
- da ne sadrži nečistoće koje mogu smetati pri analizi

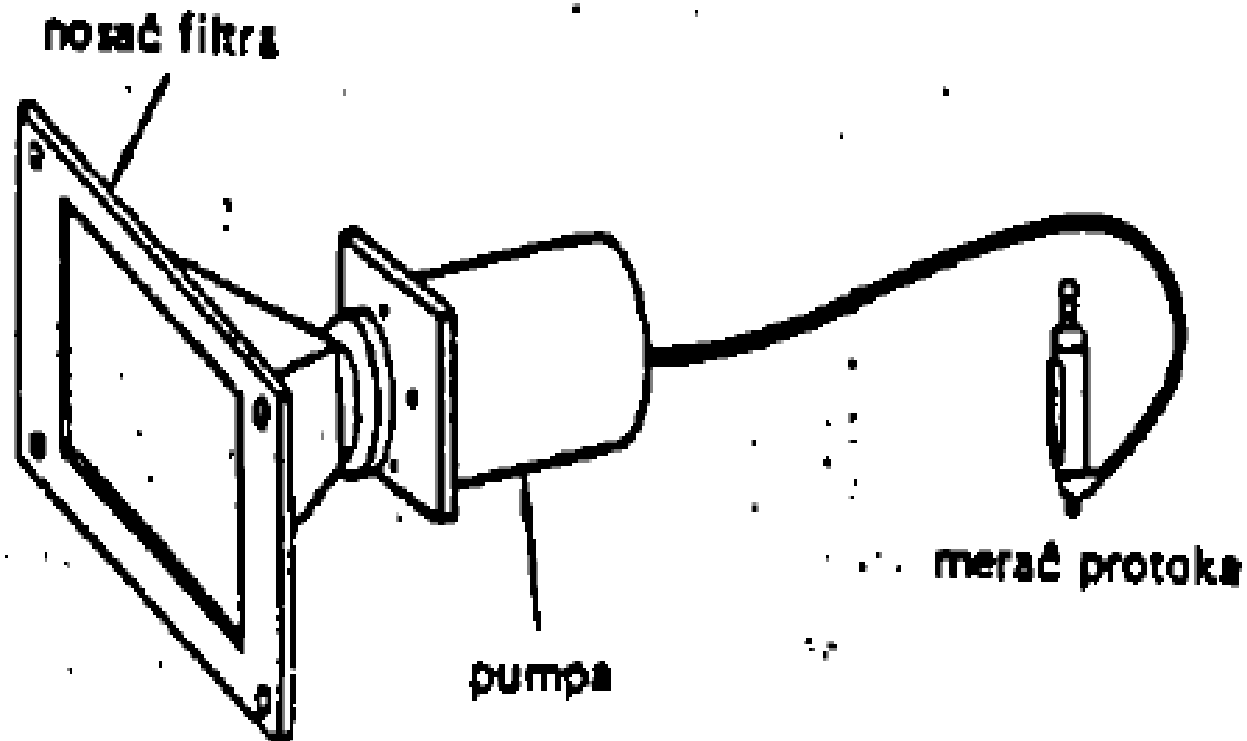


Uređaj za uzimanje uzorka čestica filtracijom





Nosač filtra za uzimanje malih zapremina vazduha



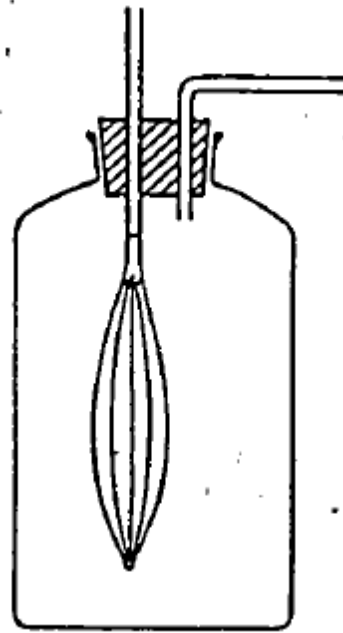
Nosač filtra za uzimanje velikih zapremina vazduha

# UZIMANJE UZORAKA RADI ODREĐIVANJA ZAGAĐIVAČA U GASOVITOM I PARNOM STANJU

Uzimanje zahvaćenog uzorka bez obogaćivanja može se izvesti

- a) **boce i gasne pipete** – staklene boce 2-10l i staklene gasne pipete od 100- 500ml. Sudovi se napune vodom koja se izliva iz suda, a za istu zapreminu ulazi vazduh. Može se koristiti i ručna pumpa

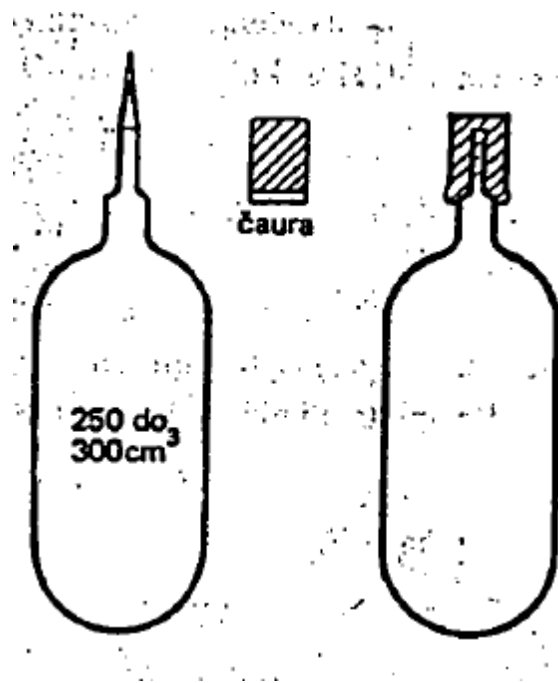
- **plastične kese** – 1-100l od poliestera ili obična fudbalska guma. Punjenje kesa radi se mehpumpom.



Uzimanje uzorka u plastičnu vreću

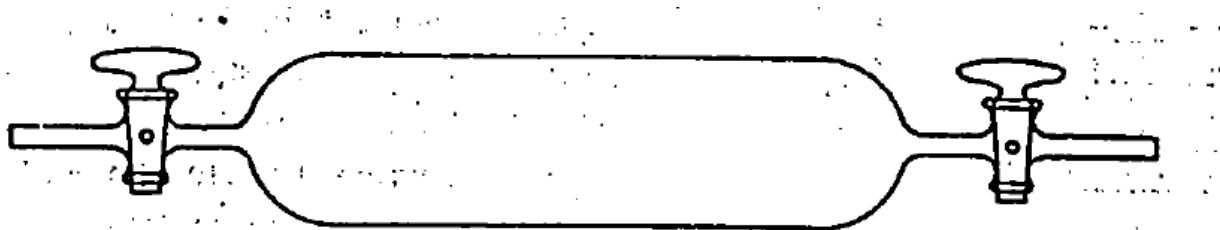
- **špricevi od stakla ili teflona 0,05-2,5ml** – dobri za gasnu hromatografiju.
- Posle uzimanja uzorka, špricevi se mogu zatopiti i poslati u laboratoriju za analizu.

- **ampule od stakla 250-300ml** – za uzimanje slabo reaktivnih gasova ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ). Sa ampule vakumirane skine se vrh i vazduh uđe u ampulu – zatvori se voskom.

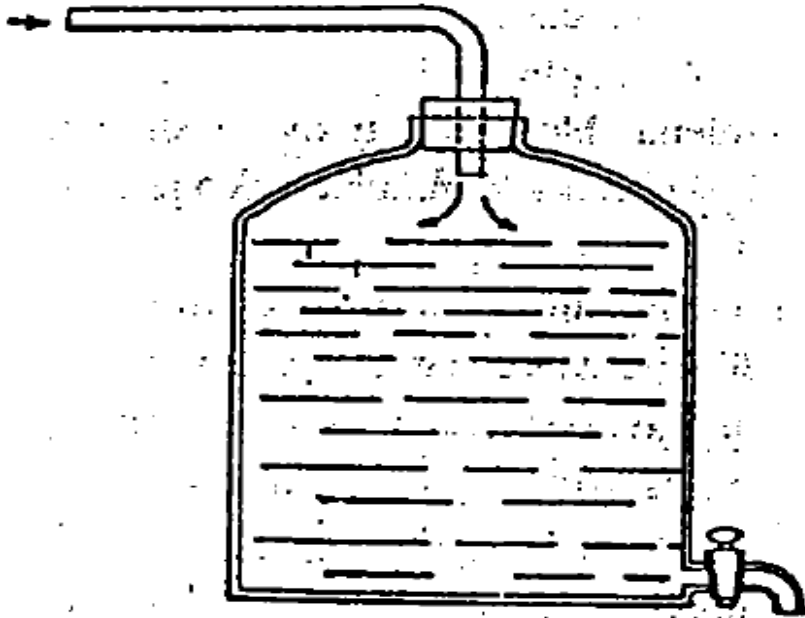


Ampule

- **boce i gasne pipete** – staklene boce 2-10l i staklene gasne pipete od 100-500ml. Sudovi se napune vodom koja se izliva iz suda, a za istu zapreminu ulazi vazduh. Može se koristiti i ručna pumpa.



Pipete za uzimanje gasovitih uzoraka



Boce za uzimanje gasovitih  
uzoraka



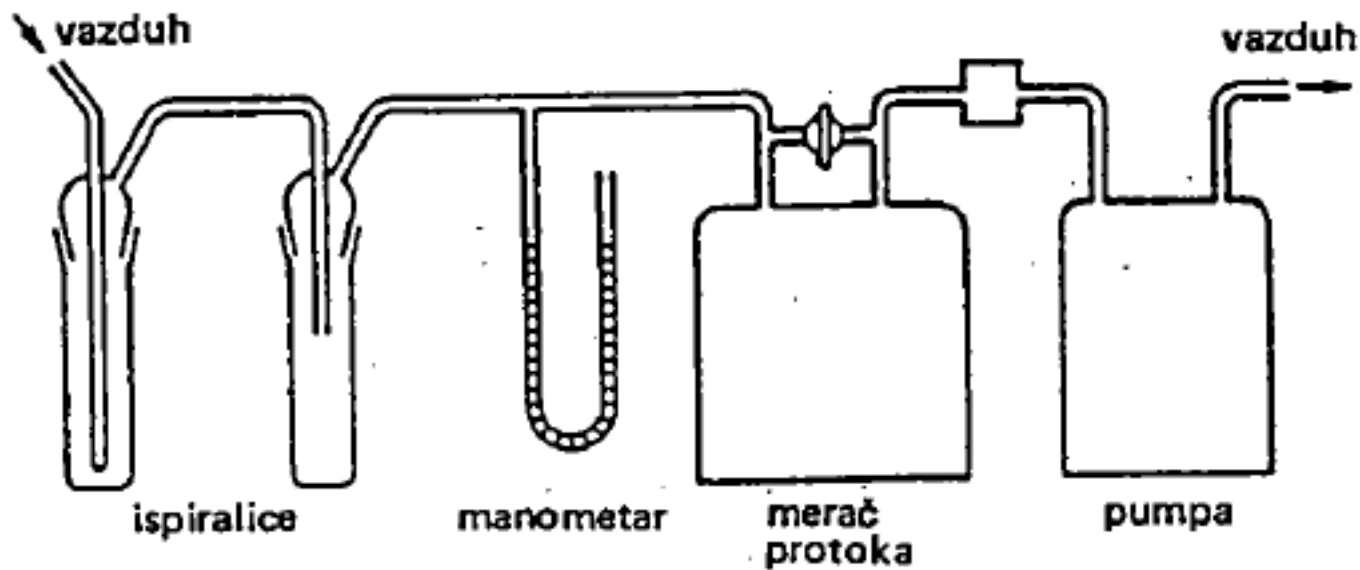
Posude od lima



Metode uzimanja uzorka sa obogaćivanjem zagađivača (koncentrisanja) može se izvršiti na tri načina:

- a) apsorpcija – upijanje gasova i para u tečnim ili čvrstim supstancama. Uzima se apsorberima. Apсорpciono sredstvo može biti baza, kiselina ili voda.
- b) adsorpcija – upijaju supstance tečne ili rastvorene u tankom sloju (aktivni ugalj, silikat gel). Koristi se za određivanje azotnih oksida i organskih gasova.
- c) kondenzacija – gasovi i pare se prevode u tečno stanje provođenjem vazduha kroz sudove za kondenzaciju

Uređaj za uzimanje uzoraka na jedan od načina sastoji se od filtra, suda u kojem se uzima uzorak i vrši koncentrisanje zagađivača (apsorbera, adsorbera ili kondenzacionog suda), aparata za merenje zapremine ili protoka gasa, manometra, slavine za regulaciju i pumpe

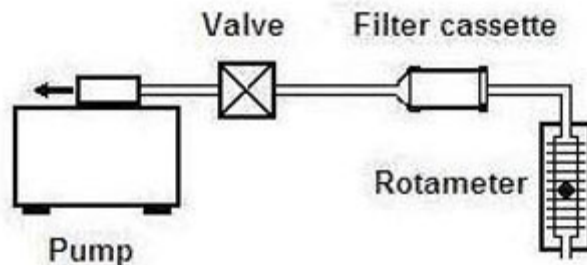


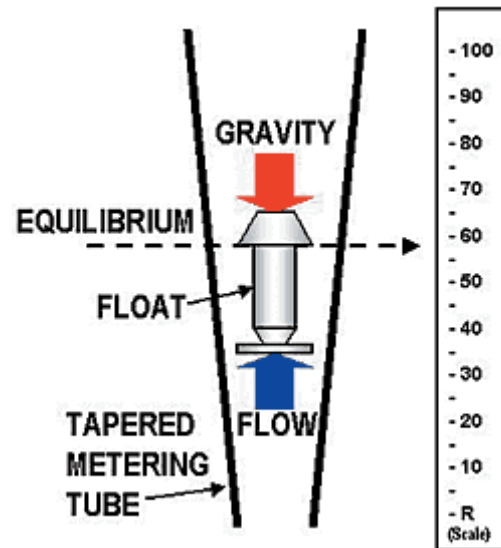
Uređaj za uzimanje uzorka i istovremeno obogaćivanje

- Delovi ovog uređaja su uvek povezani prema navedenom redu, da bi se izbegli gubici ispitivanog zagađivača, do čega bi moglo doći, kada bi, na primer, pumpa bila postavljena ispred apsorbera.
- Pri izboru **pumpe** treba voditi računa da ima potreban kapacitet, da radi ravnomerno .
- Pumpe se pokreću električnom energijom iz mreže (naizmjenična struja).ili.iz akumulatora. Preporučuje se upotreba indukcionih motora, jer rade ravnomernije.

- Za merenje protoka najviše se koristi ***rotametar***. On se sastoji od vertikalne staklene cevi koja se prema vrhu konično proširuje, a celom dužinom ima podelu u litrima u minutu ili na čas. U cevi se nalazi čigra sa navojima po spoljnoj površini.
- Čigra je uža za nekoliko desetih delova milimetara od cevi. Struja gasa koji dolazi odozdo, podiže čigru naviše i obrće je oko ose.
-

- Ukoliko je veća količina gasa, koja u jedinici vremena struji kroz rotametar, utoliko se čigra više podiže u cevi.
- Rotametri se izrađuju i kalibrišu za različite gasove i za razne pritiske.

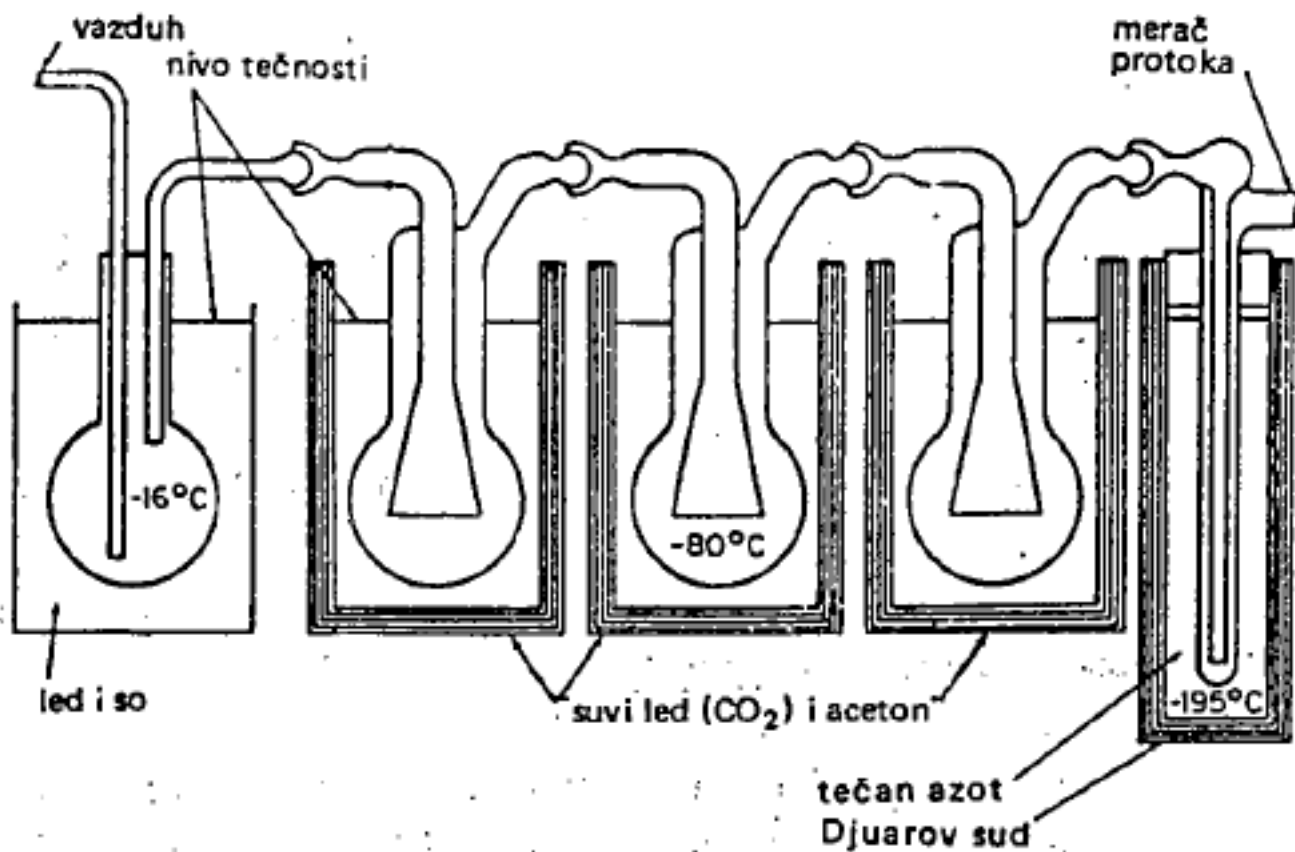




# ROTAMETAR

Kad fluid ne teče, plovak miruje na dnu cevi. Kad fluid teče, plovak se diže. Sa visinim raste i prstenasti prostor između plovka i zidova cevi. Plovak se zaustavlja na onoj visini gde se potisna sila uravnoteži težinim plovka. Na skali koja je kalibrisana, može se direktno očitati protok.

# Uzimanje uzorka kondenzacijom



- Kondenzacija se sastoji u obogaćivanju gasovitih i parnih zagađivača iz vazduha njihovim prevođenjem u tečno stanje. Ona se sastoji u sprovođenju vazduha kroz jedan ili više sudova za kondenzaciju, vezanih na red koji su postavljeni u Djuarovim sudovima u kojima se hlade odgovarajućim sredstvima



### *Sredstva za hlađenje*

<b>Sredstvo za hlađenje</b>	<b>Temperatura, °C</b>
Led + voda	0
Led + NaCl	-21
Tečan NH <sub>3</sub>	-33,4
Hloroformski mulj	-63,5
Suvi led + aceton (izopropanol)	-78,5
Toluenski mulj	-95
Tečan vazduh	-147
Tečan kiseonik	-183
Tečan azot	-196

- Pošto različiti zagađivači imaju različitu temperaturu ključanja, oni se mogu razdvojiti frakcionom kondenzacijom, pri čemu se svaki sledeći sud za kondenzaciju hladi na nižoj temperaturi. Pre kondenzacije uzorak se mora osloboditi vlage odgovarajućim sredstvom za sušenje, npr. propuštanjem kroz kolonu napunjenu kalcijum-hloridom.

# UZIMANJE UZORAKA OTPADNIH GASOVA

- ČINIOCI OD KOJIH ZAVISI PRAVILNO, UZIMANJE UZORAKA
- Otpadni gasovi se ispituju u dimanjacima, kanalima, izduvnim cevima motora, cevima ventilatora i drugim vodovima kojima se ispuštaju u vazduh okoline.
- Pritom se određuju aerosolovi i gasoviti zagađivači, a često i gasovi koji čine osnovne sastojke otpadnog gasa.

- Pre uzimanja uzorka otpadnih gasova treba biti upoznat sa procesom proizvodnje: da li pogon radi kontinualno ili sa prekidima, da li se količina otpadnih gasova menja u toku proizvodnje itd. Ovi podaci su neophodni da bi se odredilo vreme uzimanja uzorka.
- Uzorak može predstavljati sastav gasa u jednom trenutku (zahvaćeni uzorak) ili može biti srednji uzorak za određeni vremenski interval.

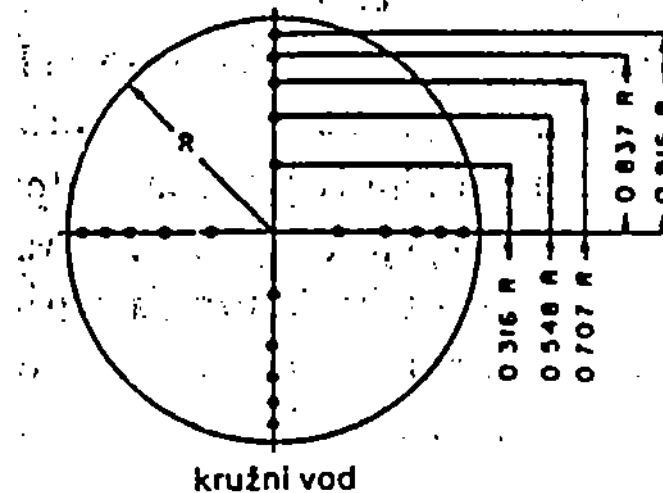
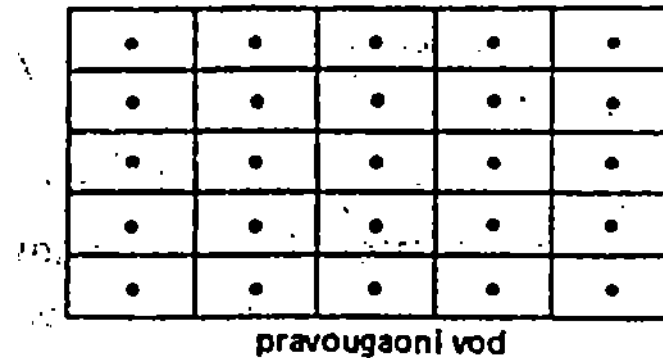
Pri izboru mesta sa kojih se uzima uzorak i gde se vrše potrebna merenja treba voditi računa o sledećim zahtevima:

- Mesto treba da bude pristupačno i bezbedno. Često postoje ugrađeni otvori u zidu kanala, dimnjaka itd. u koje se postavljaju cevi za uzimanje uzorka i uređaji za merenje fizičkih veličina
- Mesto se bira tako da bude u onom delu kanala, dimnjaka itd. u kojem je koncentracija zagađivača od značaja za određivanje.

- Mesto treba da je opremljeno priključcima za električnu struju, vodu, vazduh.
- Da pri određivanju čestica ne bi došlo do sedimentacije treba uzorak uzimati u vertikalnom delu gasovoda.
- Mesta sa kojih se uzimaju uzorci treba da budu za dužinu od 5—10 prečnika dimnjaka udaljeni od ulaza gasova u dimnjak, od zavoja, suženja, proširenja i ventila, kao i za 3—5 prečnika ispred ovakvih prepreka

- S obzirom da se koncentracija gasova (i čestica) i veličine stanja menjaju znatno u raznim tačkama preseka kanala, dimnjaka itd. uzorci se moraju uzeti sa više mesta.
- Ako je presek gasovoda pravougaoni, uzimanje uzoraka i merenje fizičkih veličina vrši se na najmanje 9 tačaka preseka.
- U tom slučaju se presek podeli na najmanje devet jednakih pravougaonika u čijem se centru nalaze mesta ispitivanja.

Kod.kružnog preseka uzimanje uzoraka se vrši na 10 tačaka, tako odabranih da se nalaze na dva prečnika pod pravim uglom, a u centru .



Mesto za merenje protoka Pitoovom cevi i uzimanje uzoraka



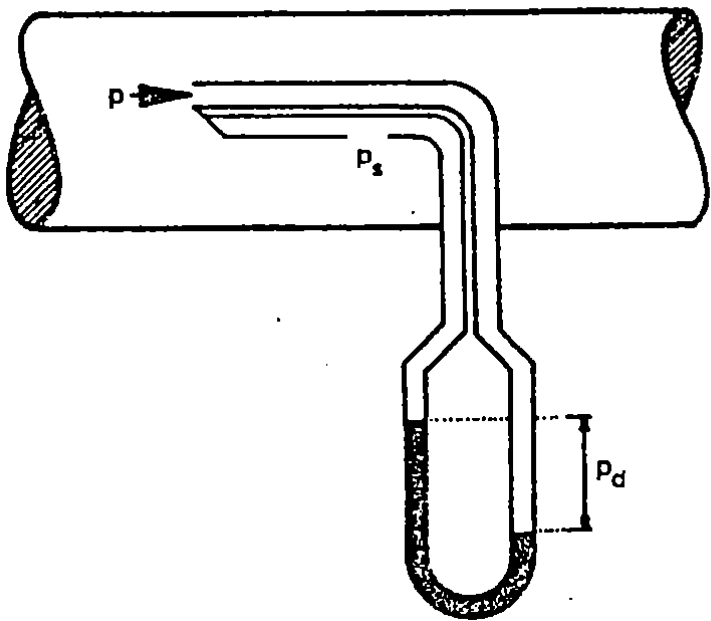
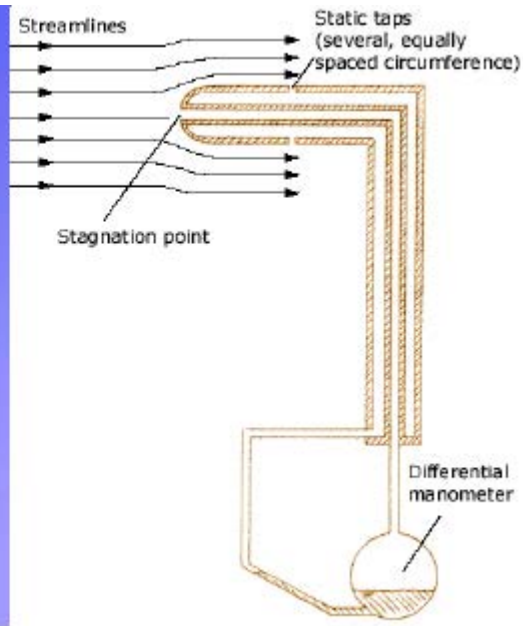
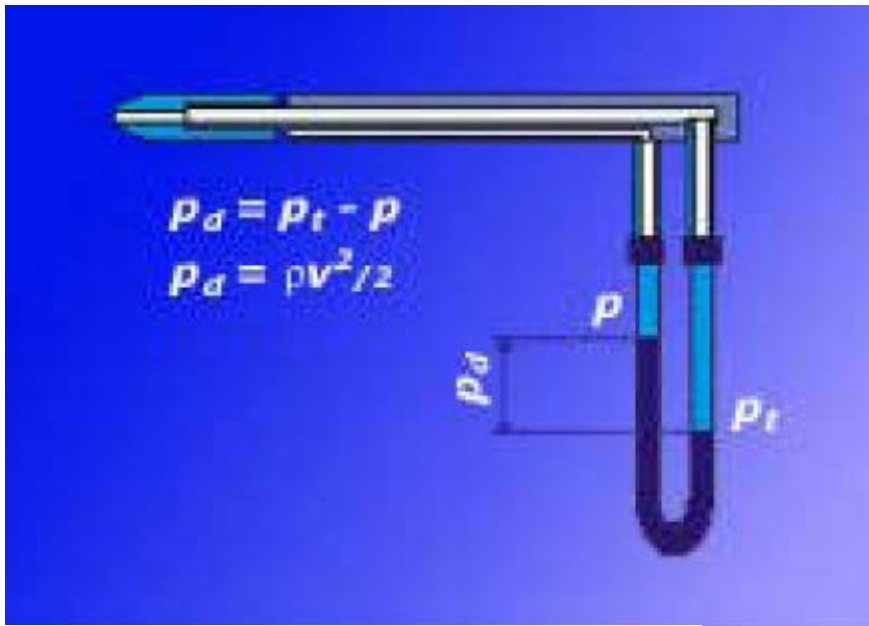
- Uzorak nikad ne treba uzimati na mestima uz zidove gasovoda, jer na njima može doći do selektivne adsorpcije sastojaka otpadnog gasa.
- Pre uzimanja uzoraka za analizu treba izmeriti protok gasa, temperaturu, pritisak, sadržaj vlage, i sadržaj kiseonika i ugljen-dioksida kod dimnih gasova.

- Merenje protoka gasa vrši se Pitoovom (Pitot) cevi.
- Ovo merenje je neophodno da bi se mogla izračunati ukupna emisija (masena struja) iz protoka i površine preseka gasovoda.
- Pored toga protok gasa se mora znati pre uzimanja uzorka aerosola, da bi se podesili izokinetički uslovi.
- Isto tako su podaci o protoku gasa na raznim mestima preseka gasovoda potrebni da bi se izračunala masa zagađivača iz podataka dobijenih analizom uzoraka na ovim mestima.

- Pitoova cev se sastoji od dve koaksijalne cevi od kojih unutrašnja ima otvor koji se postavi prema struji gasa i njom se meri ukupni pritisak ( $P$ ), a spoljna ima jedan ili više bočnih otvora i njom se meri statički pritisak ( $p_s$ ).
- Razlika pritisaka meri se nekim od postupaka merenja diferencijalnog pritiska (npr. diferencijalni manometar).

- Za svođenje izmerenih vrednosti na normalne uslove, kao i pri uzimanju uzoraka potrebno je poznavati ***temperaturu*** otpadnih gasova.
- Ona se može izmeriti: živinim termometrom (do 260°C), bimetalnim termometrom (do 260°C), termoparovima (do 1300°C), termistorima (do 500°C) i optičkim pirometrima (iznad 1600°C).

- Atmosferski ***pritisak*** se meri živinim barometrom, a statički pritisak otpadnog gasa u gasovodu, dimnjaku itd. meri se manometrom.
- Sadržaj ***vlage*** u otpadnim gasovima određuje se psihometrijski, merenjem razlike temperature između termometra sa suvim i vlažnim rezervoarom .



$$w = \sqrt{\frac{2(p - p_s)}{\rho}}$$

Merenje Pitoovom cevi

- Kod dimnih gasova analiza obuhvata određivanje koncentracije ugljen-dioksida, kiseonika i ugljen-monoksida u zapreminskim procentima i izračunavanje koncentracije azota.

Svi podaci dobijem pomenutim ispitivanjima upisuju se u zapisnik. Oni obuhvataju:

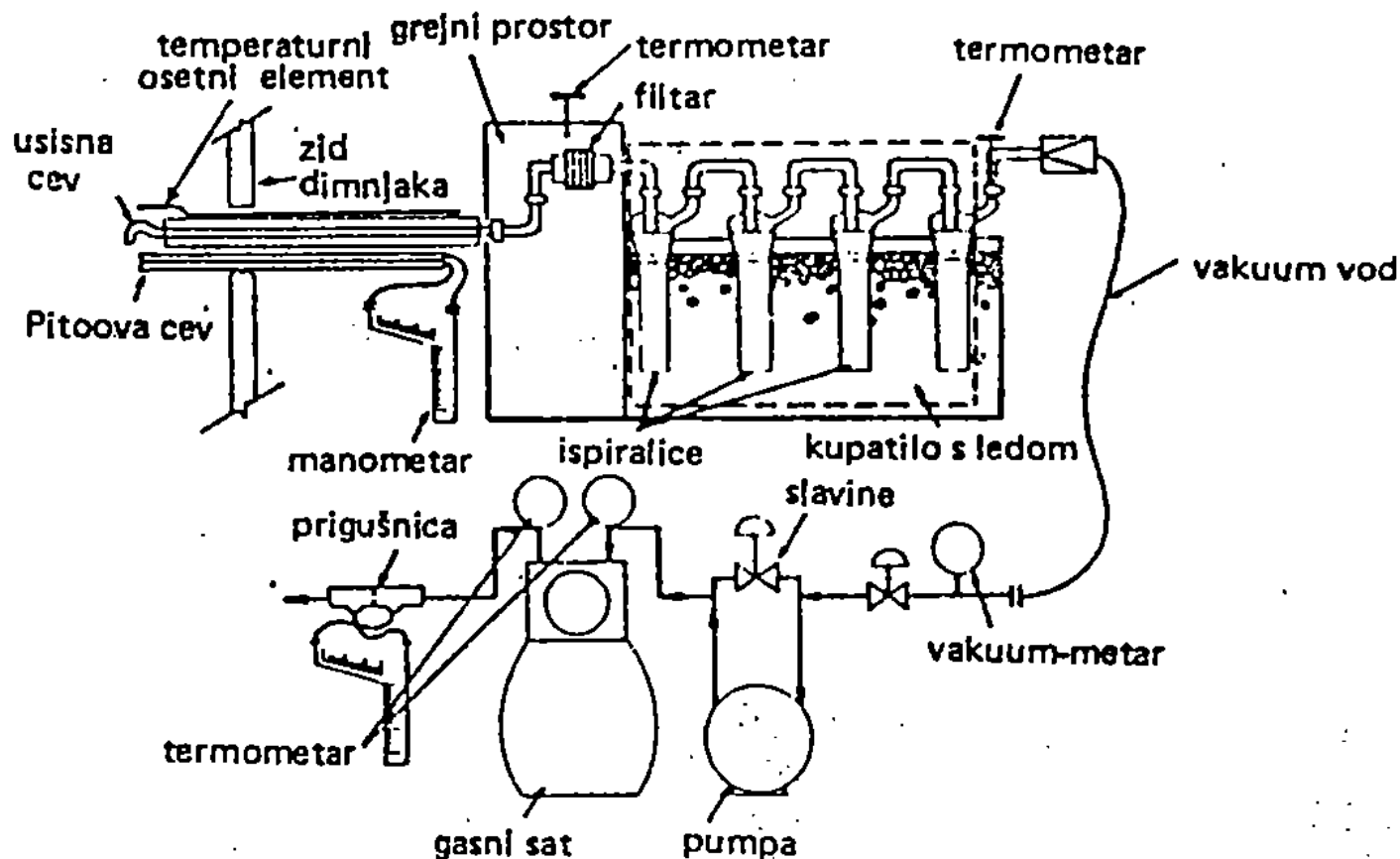
- Vreme i datum .
- Mesto merenja odn. uzimanja uzorka,
- Prečnik dimnjaka, gasovoda, itd.
- Barometarski pritisak u mbar,
- Statički pritisak u dimnjaku u mbar,
- Dinamički pritisak u mbar,
- Temperaturu,
- Sadržaj vlage,
- % CO<sub>2</sub> ,%O<sub>2</sub>,% CO,% N<sub>2</sub> ,
- Gustinu gasa kgm<sup>-3</sup>.



# UZIMANJE UZORAKA RADI ODREĐIVANJA AEROSOLOVA

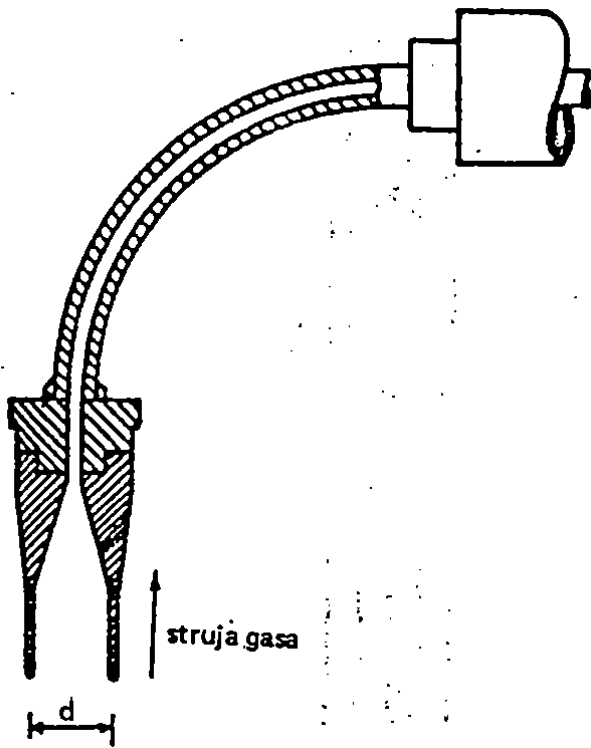
- Reprezentativan uzorak aerosola se dobija samo ako je brzina uzimanja uzorka jednaka protoku otpadnih gasova, tj. ako su uslovi izokinetički.
- Ako je brzina uzimanja uzorka veća (super-izokinetičko), koncentracija čestica u uzorku biće manja, jer će krupnije čestice usled inercije ući u manjoj meri u usisnu cev.
- U obrnutom slučaju, kod subizokinetičkog uzimanja uzorka, koncentracija čestica u uzorku će biti , veća jer će u usisnu cev ući više krupnijih čestica nego kod izokinetičkih uslova.

- Uređaj za uzimanje uzorka sastoji se od usisne cevi, pribora za zadržavanje čestica (filtar, ciklon, ispiralice), uređaja za merenje protoka gasa (rotametar, gasni sat, prigušnica) i pumpe.



Uređaj za uzimanje uzorka aerosola

- Usisna cev, koja se jednim krajem nalazi u prostoru iz kojeg se uzima uzorak pravi se od nerđajućeg čelika.
- Ona ima poseban oblik da bi se uzorak mogao uzeti u određenim tačkama preseka i da bi se pojedinačne struje mogle razdvojiti od glavne struje.
- Njen otvor je uvek okrenut prema struji gasa



Usisna cev

Pri uzimanju uzorka treba voditi računa da može doći do taloženja čestica usled elektrostatičkog privlačenja po vlažnim ili lepljivim površinama cevi, često prevučenim uljastim slojem.

Pored toga u usisnoj cevi može doći do kondenzacije para, pa se u slučaju potrebe zidovi cevi moraju grejati.

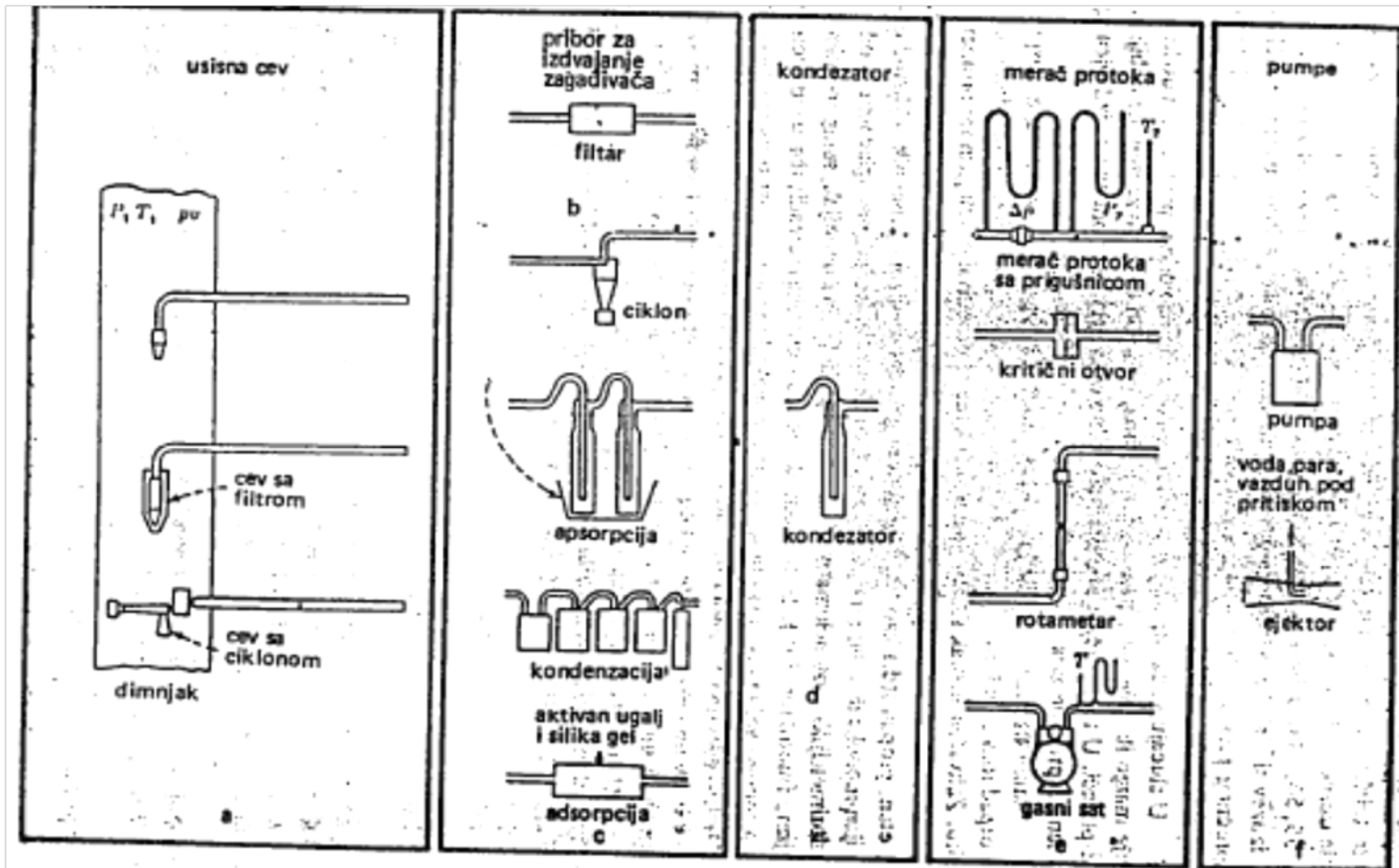
Aerosolovi se sastoje od suvih i vlažnih čvrstih čestica i od supstancija koje se mogu kondenzovati.

Materije koje se mogu kondenzovati izdvajaju se u ispiralicama, veće čestice u ciklonima, a ostale čestice na filtrima.

## UZIMANJE UZORKA RADI ODREĐIVANJA GASOVITIH ZAGAĐIVAČA

- Uređaj za uzimanje uzorka radi merenja koncentracije gasovitih zagađivača u dimnim i drugim otpadnim gasovima sastoji se od usisne cevi od nerđajućeg čelika (a), toplog filtra sa kvarcnom ili staklenom vunom ili filtra od staklenih vlakana (b), pipete, vreće od teflona itd., apsorbera, adsorbera, ili suda za kondenzaciju (c), suda za kondenzaciju parnih sastojaka i vlage (ako je potrebno) (d), merača protoka (e) i pumpe (f)

# Uređaj za uzimanje uzorka



- usisna cevi od nerđajućeg čelika (a), topli filter sa kvarcnom ili staklenom vunom ili filter od staklenih vlakana (b), pipete, vreće od teflona itd., apsorbera, adsorbera, ili suda za kondenzaciju (c), suda za kondenzaciju parnih sastojaka i vlage (ako je potrebno) (d), merača protoka (e) i pumpe (f)

- U slučaju kada otpadni gas sadrži velike količine vodene pare, dolazi do kondenzacije manje ili veće mase pare u apsorberima, pa se pri merenju zapremine dobijaju netačni podaci.
- U tom slučaju se mora prethodno odrediti masa kondenzata izdvojenog iz određene zapremine gasa.

- Način uzimanja uzorka zavisi od koncentracije gasovitog zagađivača u ispitivanom otpadnom gasu i od najmanje koncentracije koja se može odrediti po određenom postupku.
- Zahvaćen uzorak se najčešće uzima kada se određivanje vrši gasnom hromatografijom ili infracrvenom spektrofotometrijom kao i apsorpcionom gasnom analizom.



- Uzorak uzet apsorpcijom uglavnom se određuje kolorimetrijski, potenciometrijski ili polarografski.
- S obzirom da je koncentracija zagađivača u emisionim gasovima mnogo veća nego u vazduhu okoline, ponekad se mogu koristiti manje osetljivi postupci, npr. apsorpciona gasna analiza, volumetrija i gravimetrija.