



PROJECT 158989 - TEMPUS-1-2009-1-BE -TEMPUS-JPHES  
"CREATION OF UNIVERSITY-ENTERPRISE COOPERATION NETWORKS FOR  
EDUCATION ON SUSTAINABLE TECHNOLOGIES"

## ЗАШТИТА НА ВОЗДУХОТ

Доц. д-р Винета Сребренкоска  
*Технолошко технички факултет*  
*Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип*



Водена пареа - нејзината концентрација во воздухот е променлива. Во зависност од температурата, врнежите, процентот на испарување и други фактори во одредена локација, процентот на водена пареа во атмосферата може да биде многу низок како **0,1 %** или висок како **5%**. Најчесто се наоѓа помеѓу 1% и 3%, со што **водата претставува третиот најзастапен конституент во составот на воздухот**. Износот на вода во атмосферата зависи од температурата, така што притисок на пареа на водата се зголемува со температура.

Атмосферата содржи и многу **воздушни честички**.

Воздушни честички се со опсег на големини **од оние кои се видливи, како што се прав, до оние што можат да се видат само со високо моќен микроскоп**.

Честички со дијаметар помал од околу 10 nm се нарекуваат **аеросоли**. **Поголеми честички се нарекува партикули**. И двата вида на честички може да бидат течни или цврсти тела, многу се активни и влегуваат во хемиски интеракции.

# Извори на загадување на воздухот

Присуството на загадувачки супстанции во воздухот се должи на три процеса:

**а) емисија** - испуштање на загадувачки супстанции од загадувачи во воздухот (емисија од природни и антропогени извори),

**б) трансмисија** - или распространување на загадувачки супстанции во просторот, а во некои случаи и нивна трансформација под дејство на надворешни, метеоролошки и климатски фактори,

**в) влијание** на концентрација на загадувачката супстанција на животната средина и луѓето.

*Од почетокот на 1950 - тите години емисијата на загадувачки супстанции во воздухот од загадувачи нагло се зголеми како резултат на брзиот индустриски раст и зголемување на патниот сообраќај. **Природните извори** на аерозагадување какви што се вулканските ерупции, шумските пожари и ерозијата се **помалку од 2% од вкупните емисии** во воздухот предизвикани од човечките активности.*

Под **квалитет на воздухот** се подразбира мерење на концентрацијата на загадувачките материи во воздухот, на одредено место во одредено време.

## Изворите на загадување на воздухот како резултат на човечките активности:

10.08.2015

### **а. Стационарни извори**

Во оваа група спаѓаат:

- Извори на загадување во руралните подрачја поврзани со активностите со рударството, земјоделието и слично.
- Извори на загадување поврзани со индустријата и индустриските подрачја, хемиската индустрија, производството на неметали, металната индустрија, производството на електрична енергија и друго.
- Извори на загадување во комуналните средини како што се: загревање, палење на отпад, индивидуални ложишта, перални, сервиси за хемиско чистење итн.

### **б. Подвижни извори**

Ги опфаќаат било кои облици на моторни возила со внатрешно согорување на пример: лесни возила кои користат бензин, лесни и тешки возила кои користат дизел, моторцикли, авиони.

### **с. Извори на загадување од затворен простор**

Во оваа група спаѓаат биолошките загадувачи (полен, квасец, инсекти, микроорганизми, домашни животни), емисии од согорување и загревање, емисии од различни материјали и материи кои се испарливи органски елементи, олово, радон, азбест и различни синтетички хемикалии, дувански дим и др. Последните десет години со развојот на земјите загаденоста на воздухот во затворен простор претставува сериозен проблем, на кој се посветува посебно внимание.

Околу 90% од сето загадување на воздухот предизвикано е од пет основни загадувачки материји во воздухот:

1. јаглерод моноксид (CO),
2. сулфур диоксид (SO<sub>2</sub>),
3. азотни оксиди (NO<sub>x</sub>),
4. испарливи органски соединенија (VOCs; најмногу јаглеводороди [HCS]) и
5. суспендирани честички.

Покрај петте основни загадувачки материји во воздухот, атмосферата е загадена и со **секундарни загадувачи**, кои се штетни супстанции произведени со хемиски реакции меѓу основните загадувачки материји и други составни делови на атмосферата.

Како секундарните загадувачи се:

сулфурна киселина, азотна киселина, сулфати и нитрити (кои придонесуваат за таложење на киселина), озон и други фотохемиски оксиданси (кои придонесуваат за фотохемиски смог).



Процентуална застапеност на емисиите на основните загадувачки материји во воздухот

## Примарни извори на главните загадувачи



10.08.2015

Еден начин да се измери вкупната сума на суспендирани честички е **тестот за вкупно суспендирани честички (TSP)**. Според овој тест, воздух поминува низ предходно измерен филтер по стапка од  $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Се снима вкупното време на минување низ филтерот, а потоа се одредува и вкупниот волумен на воздух што минува низ филтерот. На крајот на тестот се мери тежината на филтерот уште еднаш, така што се добива податок за вкупната маса на честички. За **руралните области (земјоделство)** просекот на вкупно суспендирани честички е **10 до 50 mg/m<sup>3</sup>**. Ефектите на честичките во воздухот врз здравјето и животната средина зависат и од големината и природата на честичките. Многу фините честички (дијаметри помали од околу 1mm) се најопасни за човековото здравје. Тие навлегуваат длабоко во белите дробови каде што може да останат на неодредено време и да предизвикаат значителни оштетувања на ткивото и на белите дробови.

Во **Законот за чист воздух** од 1970 година дефинирани се **стандарди за честички** кои лесно се вдишуваат и навлегуваат во белите дробови. Тие честички се дефинирани како **честички со дијаметар помали од 10  $\mu\text{m}$**  и се познати како **PM<sub>10</sub>**, а **честички со дијаметар од 2,5  $\mu\text{m}$  или помалку** **PM<sub>2.5</sub>**. За **PM<sub>2.5</sub> опсегот е 65 mg/m<sup>3</sup> за 24-часовна просечна концентрација**.



**Суспендираните честички** се највидливата форма на загадување на воздухот. **Главен извор на таквите честички е согорувањето на јагленот во електричните центри.**

Еден производ на нецелосно согорување на јагленот се **саѓите**. Саѓите претставуваат нечиста форма на елементарен јаглерод во чија структура има серија на споени бензенови прстени. Графитот е друга форма на елементарен јаглерод, каде се споени бензеновите прстени во рамнини и формираат слоевата структура, додека честичките од чад се блиску до сферичните. Саѓите се исто така присутни во црниот чад што се емитува од страна на дизел камионите. **Дизел моторите кои работат на пониски температури од бензински мотори произведуваат 3g саѓи на килограм дизел гориво, додека бензинските мотори произведуваат само 0,1 g саѓи на килограм бензин.** Бидејќи саѓите се црни, суспендираните честички го апсорбираат зрачењето од сонцето. Други суспендирани честички кои се со бела или светла боја го рефлектираат дојдовното зрачење од сонцето.



Други производи кои се создаваат како резултат на нецелосното согорување на јагленот, а го загадуваат воздухот претставуваат **метални и неметални оксиди** кои што се формираат од минералите присутни во јагленот. Овие материјали се наречени **летечки пепел** (fly ash), кои се појавуваат како резултат на чадот што струи од бурните печки и се испуштаат во атмосферата. *Честичките од летечкиот пепел се доволно мали, респирабилни, а нивниот состав зависи од квалитетот на јагленот што согорува и од температурата на согорување.* Овие честички се составени главно од следниве метални и неметални оксиди: **SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CaO**. Тие, исто така, понекогаш содржат токсични метали како што се арсен, олово и кадмиум.

Други антропогени извори на емисија на штетни гасови претставува: запалувањето на цврстиот отпад, рударството и обработката на рудата, градилиштата и земјоделските активности. Токсични **метални честички, прашина од цемент, пестициди и ѓубрива и друго** претставуваат остатоци кои се ослободуваат од овие активности и се потенцијално опасни.

## Контрола на емисијата на штетни гасови

Еден метод кој индустријата го користи за контрола на емисијата на штетни гасови е:

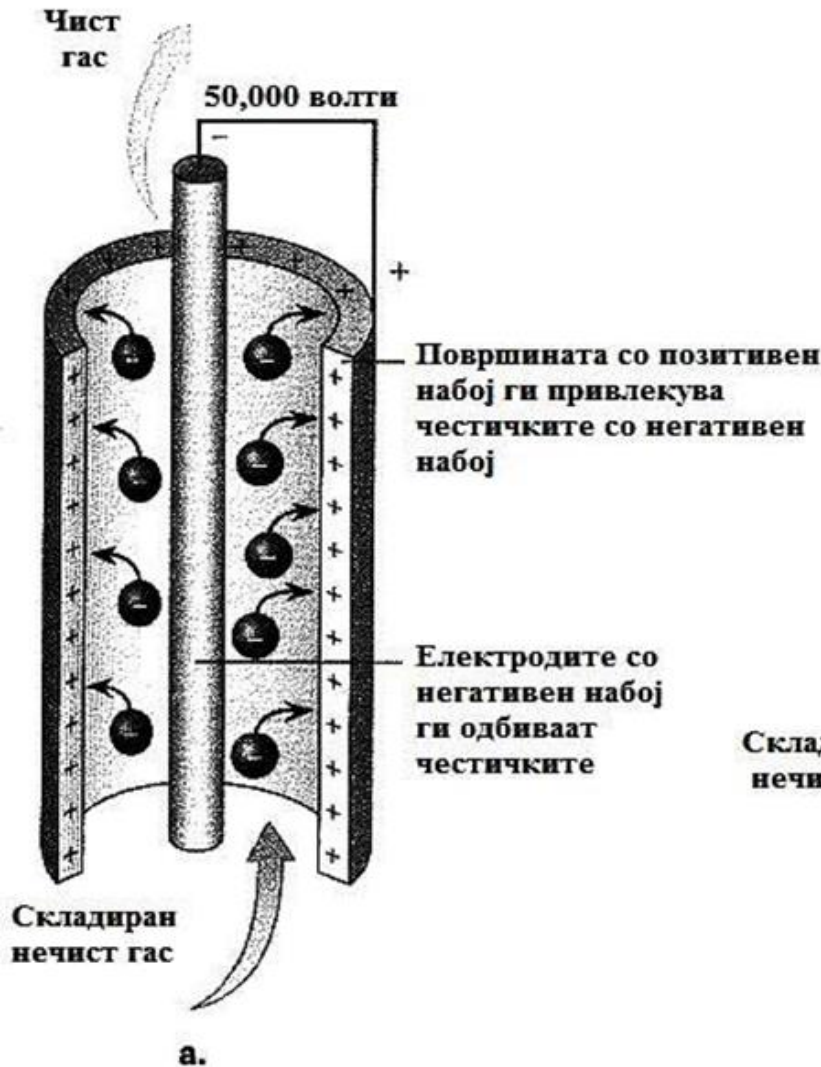
### **електростатската преципитација (electrostatic precipitation).**

Во овој процес, гасовите и честичките поминуваат низ висока напонска комора пред да заминат во оџакот. Негативно наелектризираната централна електрода дава негативен набој на честичките кои потоа се привлечени од позитивно наелектризираните ѕидови на комората. Кога нивниот набој се неутрализира, честичките групирани заедно паѓаат на дното, каде што можат да се соберат.

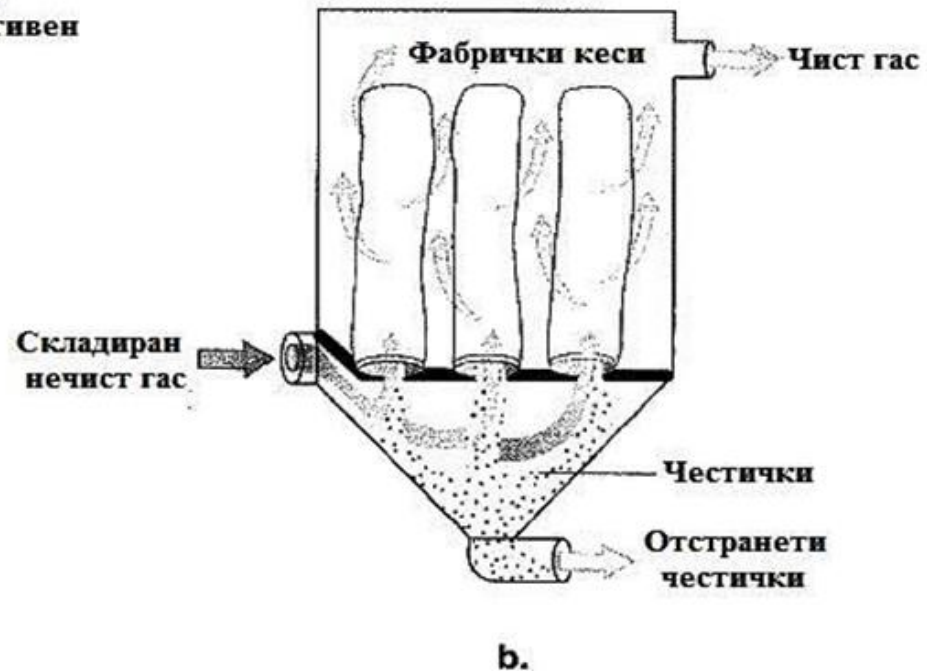
Вториот метод за контролирање на емисијата на штетни гасови е: **филтрацијата со кеса (bag filtration)**, во која се поставени кеси од ткаенина чија функција во суштина е како ќесите во правосмукалките што се користат во домаќинството. Гасовите можат да поминат преку фино плетени торби, но честичките не можат. Честички со дијаметар од 0,01 до 10 mm ефикасно се филтрираат. Ќесите се осетливи на температура и влага. Ќесите се протресуваат во интервали за да се отстранат честичките кои се собираат во бункер сместен под ќесите.

*Иако со двете методи можат да се отстранат повеќе од 98% штетни честички, со нив не може да се успее да се отстранат и оние кои се најопасни.*

## Две методи за контролирање на емисиите

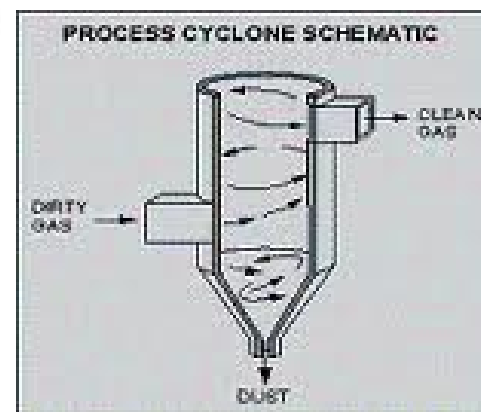
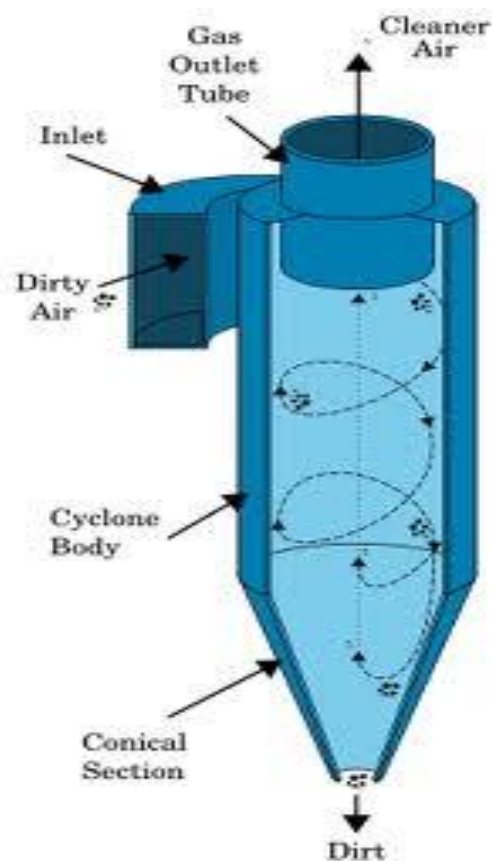


б) При филтрацијата со кеса нечистиот гас поминува низ платнена кеса каде се собира. Кесите се протресуваат во интервали што предизвикуваат честичките да паднат во бункер



а) При електростатската перципитација, нечистиот гас поминува низ комора, каде што честички се здобиваат со негативен набој од негативно наелектризираната централна електрода. Наелектризираните честички се удираат на позитивно наелектризираниот сад од комората каде се депонираат,

Друг помалку ефикасен метод е **циклонската сепарација (cyclone separation)**, каде гасовите во кои има честички кои ги загадуваат, се подложени на центрифугални сили. Честичките кои спирално се вртат удираат на ѕидовите, се смируваат, се таложат и паѓаат на дното, каде што се собираат. Со помош на гореспоменатиот закон (Stoke's law) може да се определи колку од воздушните честички ќе бидат исталожени. Центрифугалните сили на циклоните во голема мера го зголемуваат нивното таложење. **Честичките, кои се поголеми од 1mm во дијаметар поефикасно се отстрануваат во споредба со помалите честички.**



Сите три методи произведува цврст отпад, кој мора да се отстрани и кои најчесто завршува во депонии.

## Испарливи органски соединенија

Голем избор на испарливи органски соединенија вклучуваат многу **јаглеводороди (HC<sub>s</sub>)** кои влегуваат во атмосферата од природни и антропогени извори. Повеќето од нив не се загадувачи, но кога *тие реагираат со други супстанции од атмосферата се формираат секундарни загадувачи на воздухот кои се поврзани со фотохемискиот смог.*

**Нафтената индустрија** е главниот антропоген извор на HC<sub>s</sub>.

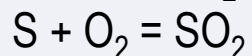
*Бензинот е комплексна мешавина од многу испарливи јаглеводороди, а во урбаните средини пареата од бензин може да помине во атмосферата на неколку начини: кога се пумпа бензин на бензинските пумпи, за време на полнење на цистерни, како несогорениот бензин излегува во издувните гасови од автомобилите и од малите машини за согорување како што се косилките и слично.*

Во природата, **пријатниот мирис од боровите, еукалиптусот и сандаловите дрвја** е предизвикан од испарувања на органски соединенија (VOCs) од нивните лисја, а тие испарливи материи се наречени **терпени (terpenes)**.

**Природните извори на испарливи органски материи се околу 85% од вкупните емисии на испарливи HC<sub>s</sub>.**

## Сулфур диоксид (SO<sub>2</sub>)

Појавувањето на SO<sub>2</sub> во атмосферата е главната причина за појавувањето на киселите дождови. Од вкупните емисии на SO<sub>2</sub> во атмосферата **70%** се како резултат на **согорувањето на фосилни горива во електрична енергија**, а индустриските извори се околу 23%. Јагленот, нафтата и сите други фосилни горива природно содржат сулфур. Јагленот често содржи и дополнителни количини на сулфур во форма на минералот пирит (FeS). Кога јагленот што содржи сулфур се запали, сулфурот оксидира до SO<sub>2</sub>:



Природните извори се околу половина од сите SO<sub>2</sub> емисии.



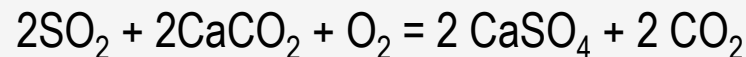
SO<sub>2</sub> е безбоен, отровен гас со остар мирис. Овој гас предизвикува иритација на очите и дишните патишта и ги влошува симптомите на болестите на респираторниот систем. Децата и старите лица се особено подложни на влијанието на овој гас. SO<sub>2</sub> е исто така штетен за растенијата, а особено е негативно влијанието за култури како што се јачмен, луцерка, памук и пченица.

Како резултат на **Законот за чист воздух** од 1970 година и измените и дополнувањата во 1990 година, јаглен електричните центри потребно било да направат значително намалување на емисиите на SO<sub>2</sub>.

Намалување на емисиите на  $\text{SO}_2$  може да се постигнат на два начина:

- (1) сулфурот да се отстрани од јагленот пред согорување, или
- (2)  $\text{SO}_2$  да се отстрани по согорувањето - но пред да стигне во атмосферата.

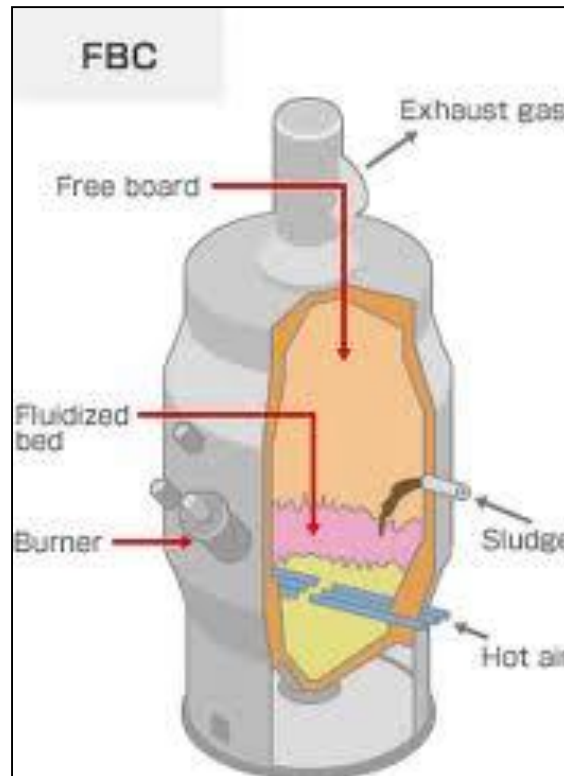
Најчесто користен метод е **десулфуризација на излезните гасови** (flue-gas desulfurization FGD) според кој издувните гасови поминуваат низ редок цемент од вода измешана со фино мелен варовник ( $\text{CaCO}_3$ ) или доломит [ $\text{Ca.Mg}(\text{CO}_3)_2$ ] или и двете, при што, соединенијата кои содржат сулфур се „измиваат“. Со загревање, калциум карбонатот реагира со  $\text{SO}_2$  и кислородот и формира калциум сулфат ( $\text{CaSO}_4$ ):



Прочистувачите на гасот, со кои се отстрануваат дури и до 90%  $\text{CO}_2$  од издувните гасови, може да бидат доста лесно и ефтино доградувани на постојните електрани.



Друг понов метод кој доста ветува е методот на **флуидизирано согорување** (fluidized bed combustion FBC), што всушност претставува процес во кој мешавина на прашкаст јаглен и варовник согорува со воздух кои се воведува за да се задржи мешавина во полутечна состојба. Варовникот преминува во  $\text{CaSO}_4$  според претходната равенка. Во овој процес, бидејќи јагленот е многу fino иситнет, реакцијата се одвива на пониска температура отколку во FGD, а како резултат на тоа количеството на  $\text{NO}_x$  што се емитира е многу помало. **Недостаток на методата FBC е тоа што не може да биде додадена на постојните електрани, но претставува најпосакувана технологија за инсталирање во новите центри.**



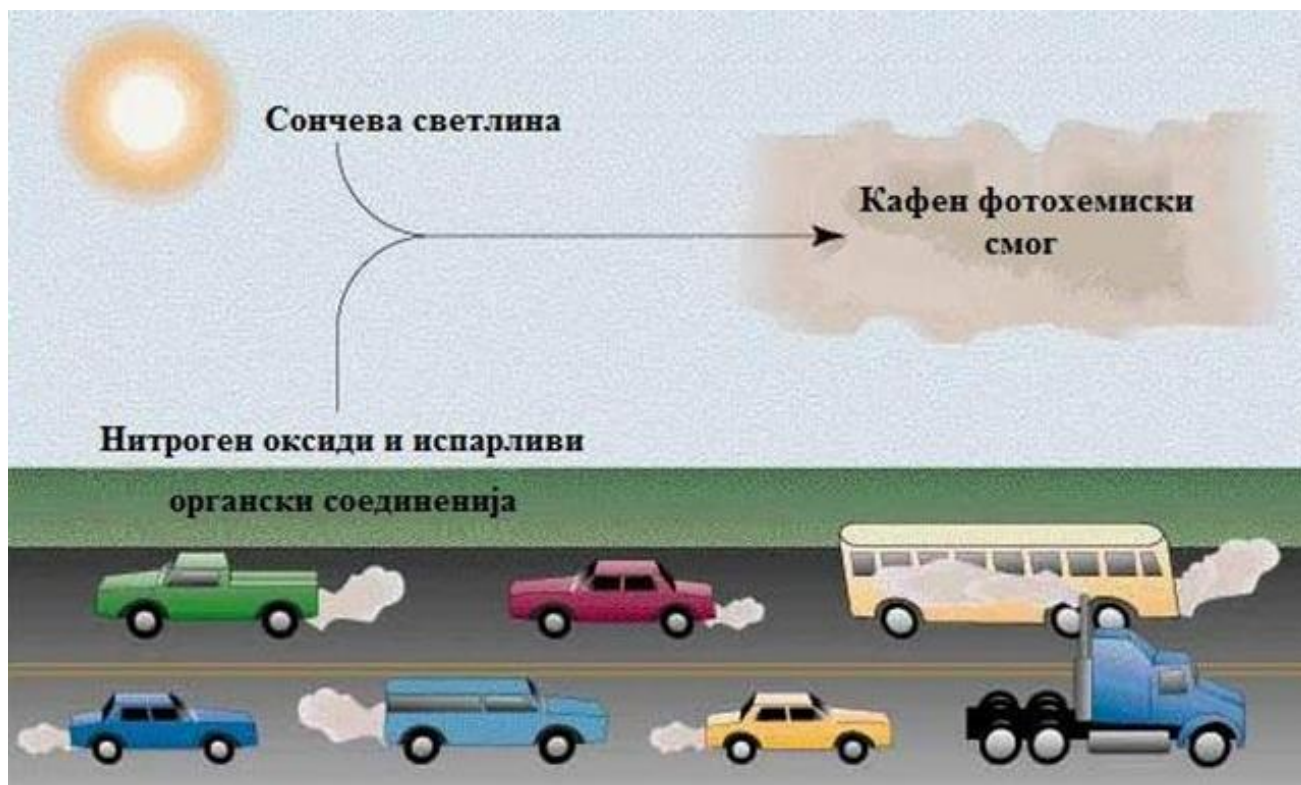
## Индустриски и фотохемиски смог

Честичките заедно со  $\text{SO}_2$  може да бидат смртоносна комбинација. Во атмосферата се испуштаат заедно кога согорува јагленот и тие може да формираат индустриски смог (понекогаш се нарекува *Лондонски смог*), а претставува мешавина на летечки/лесен пепел (fly ash), чад,  $\text{SO}_2$  и некои испарливи органски соединенија (VOCs).



Потеклото на **фотохемиски смог** е сосема различно од оној на индустриски смог. Обично, фотохемиски смог развива како **жолто - кафеава магла во топло сончево време** и тоа во градови (како што е Лос Анџелес) каде што **автомобилскиот сообраќај е презастапен**. Реакциите што доведуваат до формирање на фотохемискиот смог се иницирани од сончевата светлина и вклучуваат HCS и NOx кои се емитираат преку автомобилските издувни гасови. Кафеава боја на маглата што се создава потекнува од NO<sub>2</sub> емисиите.

10.08.2015



**Озон** - претставува фотохемиски оксиданс и е загадувачка супстанција во тропосферата. Озонот во стратосферата нè штити од влијанието на ултравиолетово зрачење од сонцето, но во тропосферата е опасен загадувач. **Претставува силен оксидирачки агенс.** Тој е безбоен, многу реактивен гас што ги иритира очите и носот. *Луѓето со астма или срцево заболување се посебно подложни на неговите штетни ефекти.* **Кога нивото на присуството на озонот во атмосферата е многу ниско, како на пример 0,3 ppb и пониско, тогаш може да предизвика замор и респираторни тешкотии кај луѓето за еден до два часа кои се наоѓаат во таква средина.**

Во Лос Анџелес, децата на училишна возраст се чуваат во затворени простории ако нивото на озон е околу 0,35 ppb. Меѓутоа, поради контролите што постојат за загадувањето на воздухот, за среќа, денес овие нивоа ретко се постигнуваат.

Озонот е исто така многу токсичен и за растенијата. Во Калифорнија, културите на кои им е предизвикана штета од озон или други фотохемиски загадувачи значат трошоци за државата од милиони долари годишно.

Озонот, исто така ги **оштетува ткаенините и гумите на автомобилите, гумичките од брисачите на предните и задните стакла на автомобилите и слично.**

## Загадување на внатрешниот воздух

Во објектите каде постои мала циркулација на свеж воздух или непостои, загадувачите може да се акумулираат до многу опасни нивоа.

**Пушењето** се смета за сериозен причинител на внатрешните загадувања. **Чадот од цигарите содржи високи нивоа од сите примарни загадувачи (CO, NO<sub>2</sub>) и честички поврзани со согорувањето.** Чадот од цигарите содржи **алдехиди (формалдехид), кетони (ацетон), HC<sub>s</sub> и органски ациди.** Чадот од цигарата (кој не е инхалиран од страна на пушачот) содржи многу продукти од некомплетното согорување отколку инхалираниот чад. Токму од овие причини е ставена рестрикција во многу јавни објекти, бидејќи на опасноста од загадувачите се изложуваат и непушачите.

**Шпоретите, грејните тела** кои работат со керозин, шпоретот на дрва и неисправните печки се потенцијални извори на NOx и CO.

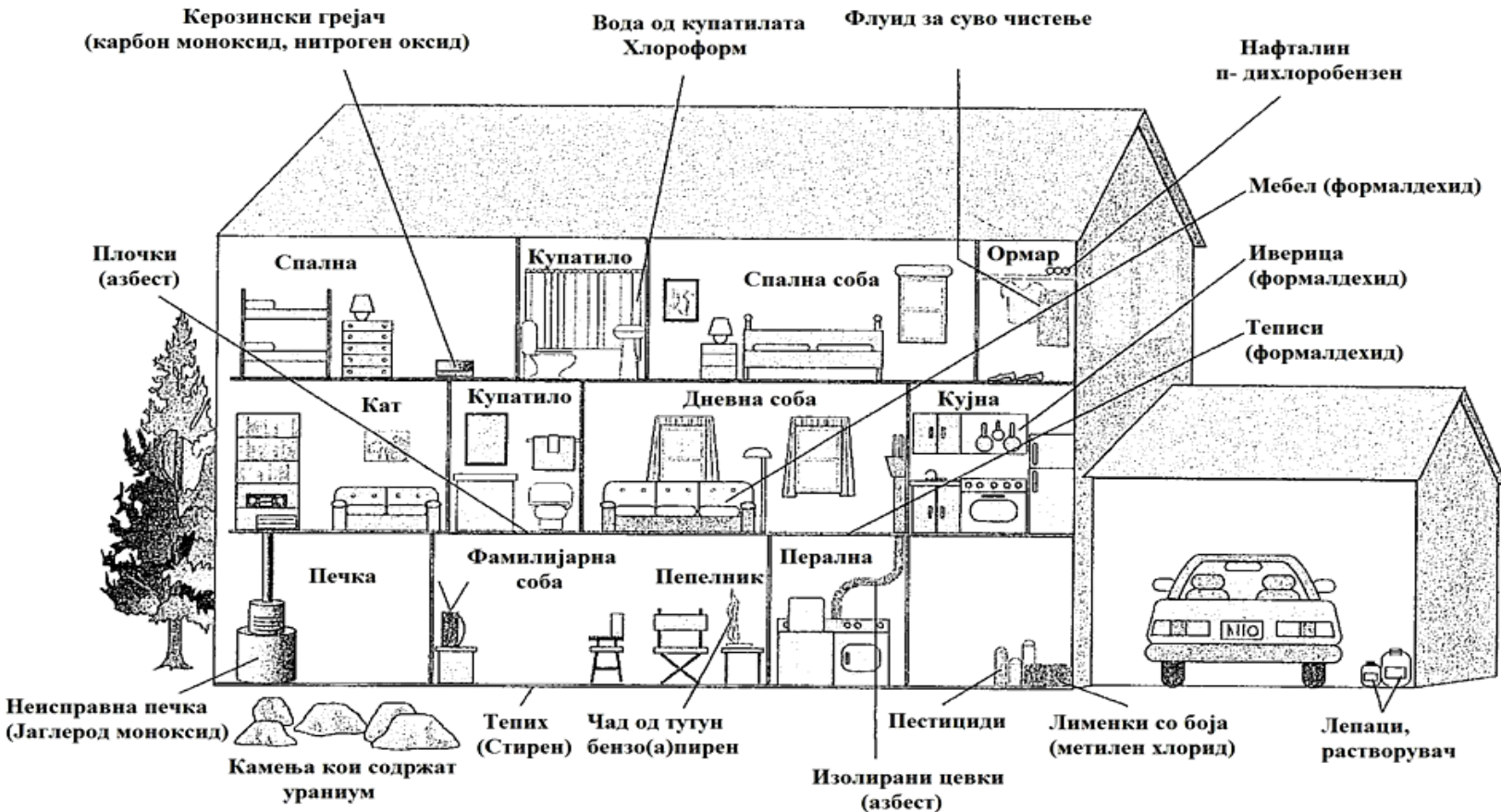
**Боите, бензинот и пестицидите** кои многу од луѓето ги складираат во подрумите, ослободуваат тешка пареа и честички на прашина. **Формалдехидот** е токсичен и иритирачки гас, а се ослободува од полимерите кои се користат за производство на одредени типови на изолациона пена и мебел, но во поново време има негово присуство и во теписите и панелите.

Облеката донесена од хемиско чистење може исто така да предизвика проблем бидејќи на неа може да се забележат траги од тешки испарливи растворувачи кои се користат при процесот на чистење и се врзуваат за облеката, а подоцна се ослободуваат во атмосферата.

Друг познат внатрешен загадувач е **радонот**. Тој се ослободува преку сидовите во подрумите од минералите што содржат ураниум во земјата. **Азбестот** е опасен за инхалација но сеуште е присутен во некои домови каде се користи како материјал за изолација на печки и цевки.

Со цел да се направи превенција од внатрешните загадувачи пожелно е да се воведат „**воздух-на-воздух**“ **топлински менувачи** низ кои ќе циркулира свеж воздух.

Клима уредите и чистењето со вакуум помагаат да се намалат внатрешните загадувачи.



## Излезни гасови од согорување на биомаса

Биомасата е материјал добиен од вегетацијата, а може да се искористи како гориво во најразлични котли и согорувачи. Горивата од биомасата емитураат јаглерод диоксид ( $\text{CO}_2$ ) кога јаглеродот реагира со кислородот за време на согорувањето.

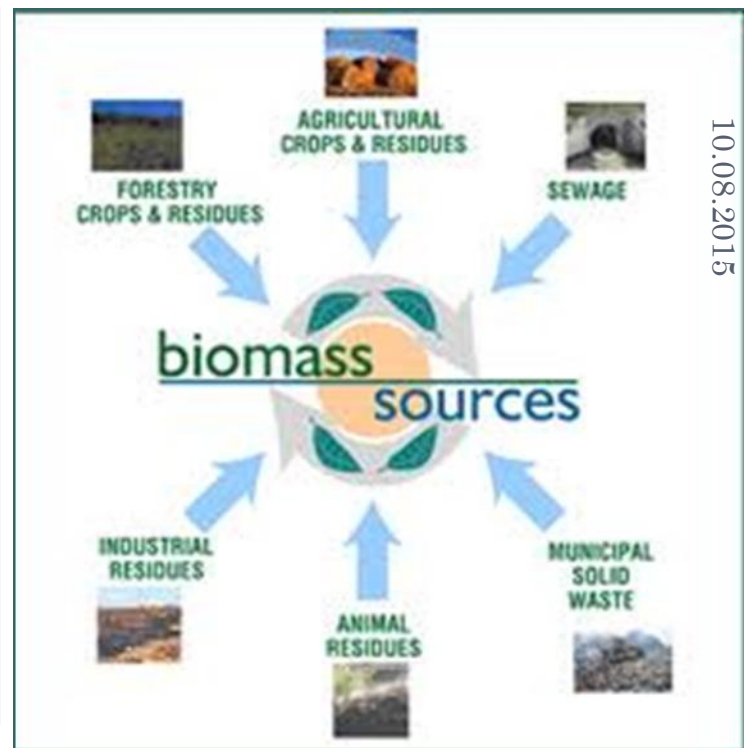
Биомасата може да биде **чиста**, како што е дрвото и струганиците кои содржат целулоза, хемицелулоза, лигнин и пепел.

Биомасата може да биде и **загадена**, што е случај на пример при разрушување на материјал кој, дури и по сортирање, често содржи сулфур од гипс, хлор од PVC и пепел, малтер, песок и други нечистотии.

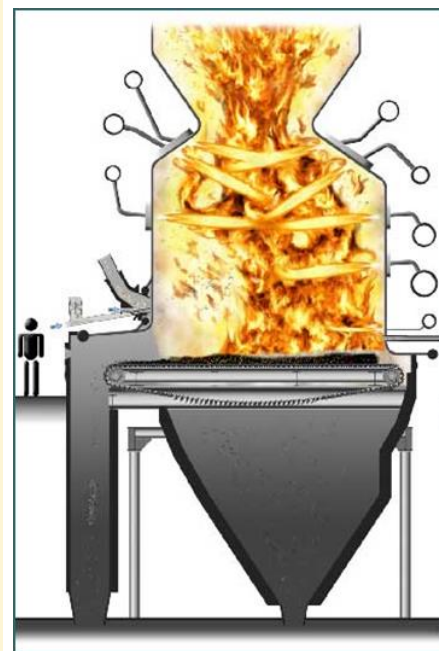


Главните компоненти на биомасата се јаглерод, кислород и водород, но исто така содржи азот, сулфур и мали количини на хлориди.

Главниот дел од пепелот се состои од Ca, K, Si, Mg, Mn, Al, Fe, P, Na и Zn.



За време на процесот на согорување на биомасата различни типови на нечистотии (примеси) се генерираат, а некои од нив можат да се најдат во излезниот гас. Повеќето од нив се поврзани со составот на биомасата: честички од пепел, NOx од азот, SO2 од сулфур, итн. Разни примеси во издувните гасови може да се појават како резултат на некомплетно или лошо согорување на пример како што се честички саѓи, јаглерод моноксид и други органски гасни соединенија како диоксин. **Диоксинот е многу токсичен и е составен од ароматични молекули во кои хлорот се заменува со водород.** Количината на хлор која е неопходна за формирање на диоксинот е многу мала. Некои метали во пепелта, како што е оловото, испаруваат во процесот на согорување и реагираат, кондензираат/сублимираат при процесот на ладење во котелот. При чистење на гасната инсталација, обично на температура  $<200^{\circ}\text{C}$ , може да се најдат метали како цврсти честички но не и жива. Живата испарува за време на процесот на согорување и реагира во котелот, но и понатаму останува во гасна состојба. Нечистотиите во излезните гасови се штетни ако се испуштаат во атмосферата. За да се елиминира или намали овој проблем неопходно е да се инсталира прочистување на овие гасови.

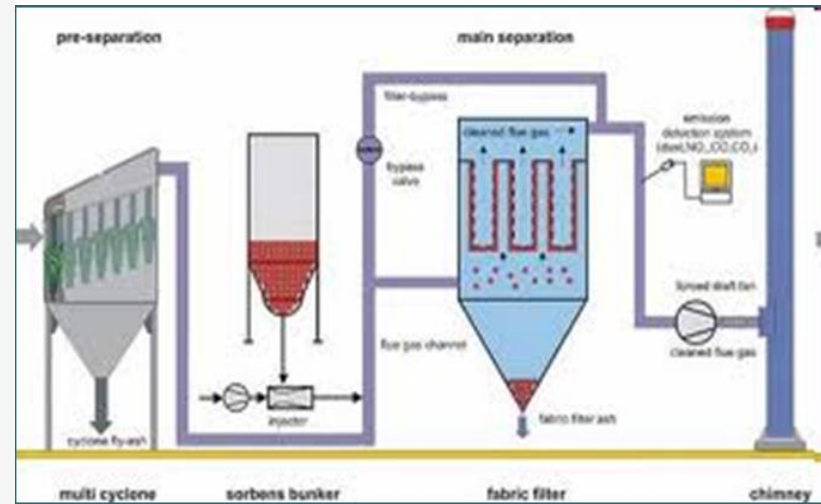


10.08.2015



Системите за чистење можат да бидат поделени на следниов начин:

- 1) Отстранување на честичките или собирање на прашина.
- 2) Отстранување на гасови растворливи во вода:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$  и  $\text{NH}_3$ .
- 3) Отстранување на  $\text{NO}_x$  најчесто  $\text{NO}$ .
- 4) Отстранување на токсични материи, диоксин и жива.



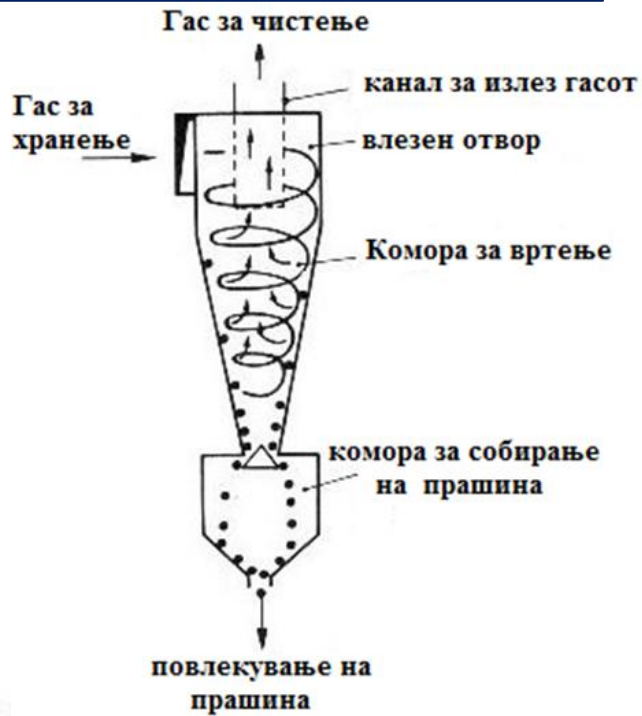
10.08.2015

Во принцип постојат три сили за сепарација на честичките од гасот:

- 1) масена или инерциона сила,
- 2) површинска или адхезиона сила и
- 3) електрична сила.

**Циклоните и конвенционалните влажни прочистувачи на гас (wet scrubbers)** работат врз основа на масената сила на одвојување. **Филтрите од ткаенина** работат врз основа на адхезионата сила за сепарација на честичките од гасот, а електричните сили се доминантни кај **електростатските преципитатори**.

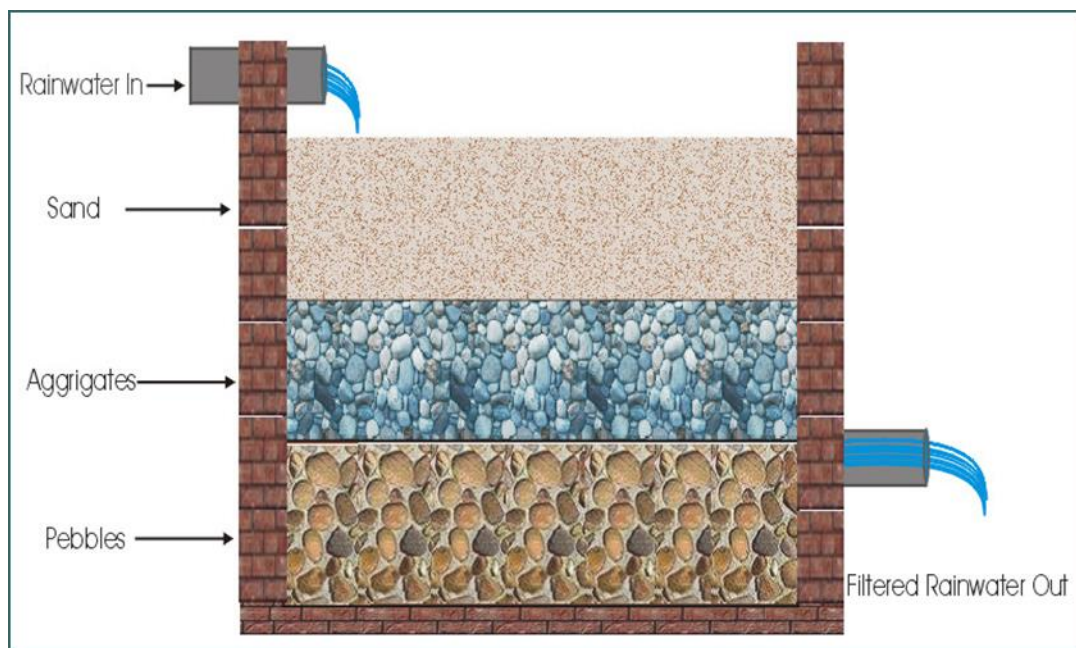
## Скица на еден типичен циклон



## Движење на честичките во филтерот



Работата на циклоните зависат пред се од масата на честичките и работат врз основа на тој принцип. Излените гасови и честичките влегуваат во цилиндерот при што се добиваат ротационо движење. Центрифугалните сили ги носат честичките кон зидот на цилиндерот до вртешката комора, а потоа до комората за собирање на прав. Циклоните и останатите сепаратори кои работат врз основа на масената сила можат да се карактеризираат и преку дијаметарот на честичките. Најчесто овие сепаратори имаат ефикасност од 50% за честичките со помал дијаметар. Честичките кои се со помала маса се отстрануваат со помала ефикасност. Кривата која ја опишува ефикасноста на отстранувањето на честичките со различни димензии се нарекува крива на фракционата ефикасност.

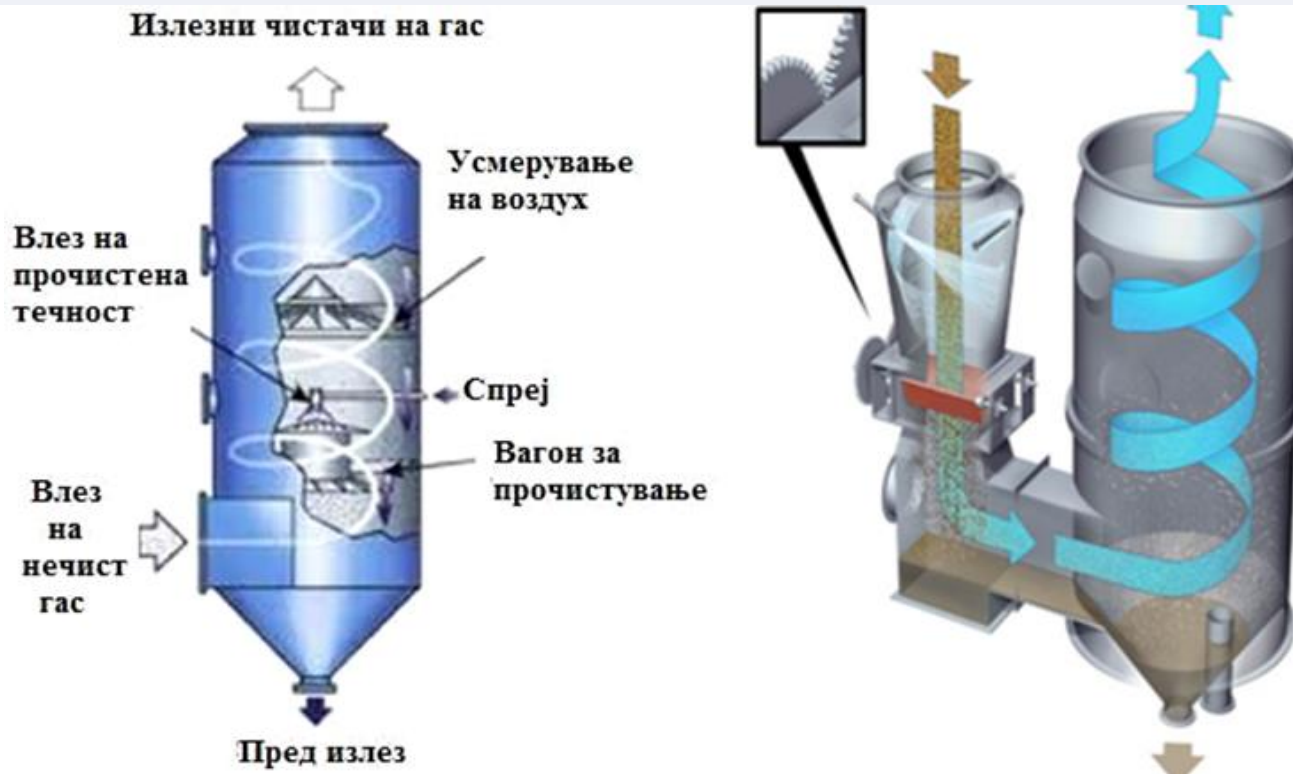


10.08.2015

Песочните филтри исто така работат врз принципот на масени сили за отстранување на честичките. Кога честичките поминуваат низ песочниот кревет тие се собираат на површината. Дијаметарот на честичките од кои е дизајниран песочниот кревет на филтерот е околу еден mm и тука може да се отстрани главниот дел од грубите честички. Отстранувањето на честичките помали од еден mm е ограничено. Со воведување на електростатско поле во песочниот кревет отстранувањето на малите штетни честички може да се подобри. Филтерот со песочен кревет е стабилен и може да функционира при екстремни услови.

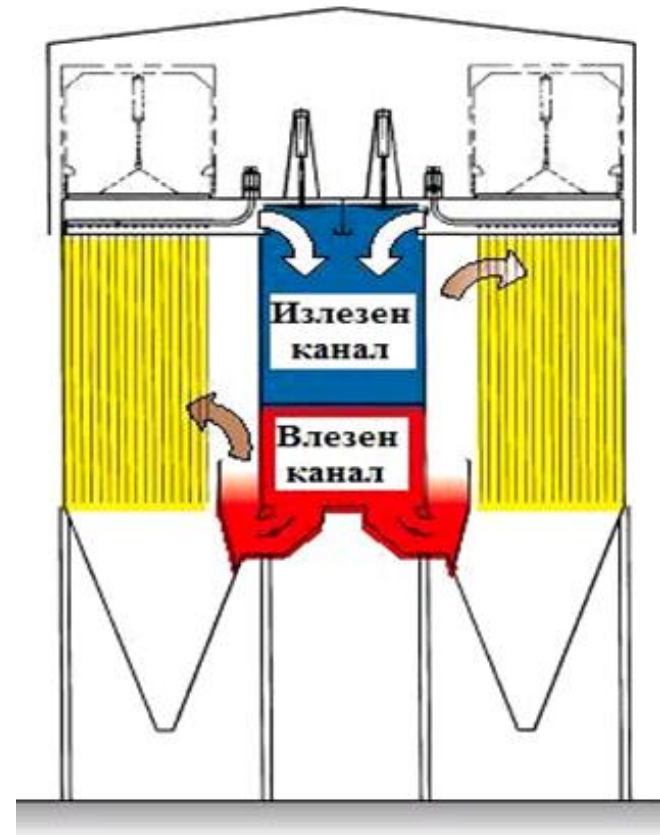
**Мокрите прочистувачи на гас** исто така служат за отстранување на честички, а принципот на работа е исто како и кај филтрите со песочен кревет само што наместо песок се користат капки вода. За овој тип прочистувачи на гас многу е важно излезните гасови да бидат заситени со водена пареа и во тој случај ќе можа честичките да апсорбираат капки вода, а со тоа ќе се зголемува нивната маса и големина. Кондензацијата по сатурацијата дава уште едно подобрување кога водената пареа кондензира на малите честички. Отстранувањето на малите честички може да се подобри со користење на електрично поле.

10.08.2015



Изглед на мокри прочистувачи на гасови

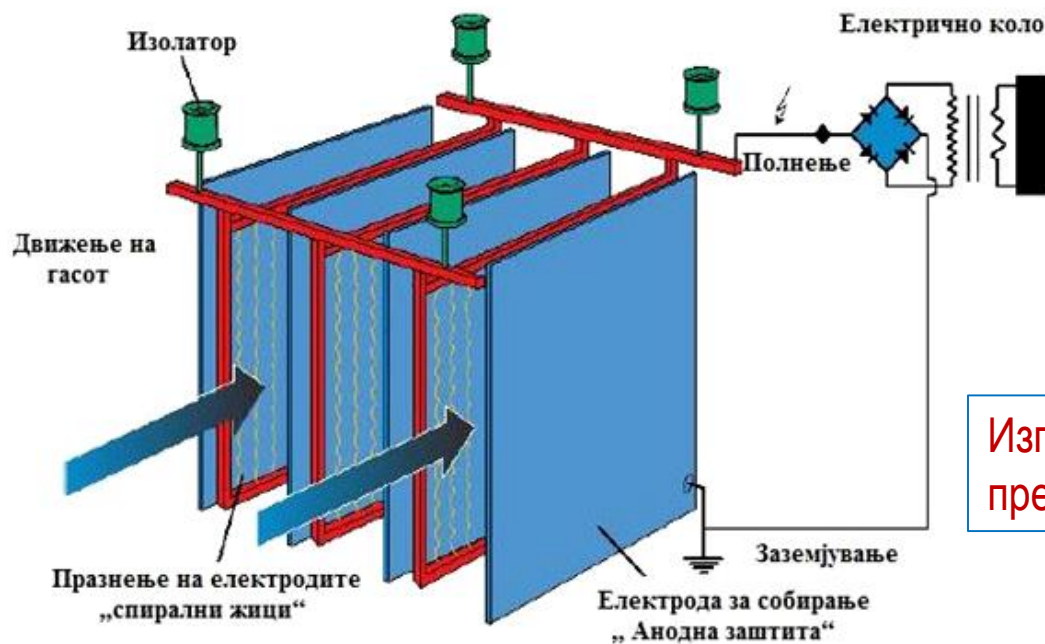
Најчестите адхезиони сепаратори се **филтрите од ткаенина** кои имаат голема површина на ткаенина низ која поминува излезниот гас, а честички се отстрануваат со дефлексија - одбивање, препречување, дифузија (адхезиони сили) и електрични сили. Врз основа на комбинацијата на сите овие сили кои ги даваат ваквите видови на филтери, тие се ефикасни дури и за 100% отстранување на нечистотиите независно од нивната големина. Филтрите од ткаенина можат да работат од 200-250 ° C, а за повисоки температури се потребни посебни материјал. Тортата од прав која се формира на ткаенината редовно се отстранува со тресење. Филтерот од ткаенина, може да се сретне и со други имиња како вреќа филтер, текстилен филтер и слично.



Изглед на филтер од ткаенина

Сепарацијата на честичките од гасот која се врши врз принципот на електрична сила е доминантна кај електростатските преципитатори. Принципот на работа на електростатскиот перципитатор е многу едноставен: наелектризирање на честичките, нивно одделување од гасот во електростатското поле во колектор и отстранување на напращениот слој преку суви или мокри методи.

Наелектризирањето на честичките е добро за честички поголеми од околу еден  $\mu\text{m}$ - поле на наелектризирање – и за честички помали од  $0,2 \mu\text{m}$  – дифузионо наелектризирање. Ова е една од причините зошто електростатските перципитатори често имаат помала ефикасност на отстранување на честички со големина од  $0,5 \mu\text{m}$ .



Изглед на електростатски преципитатор

Биомаса за согорување во Европа широко се применува за станбено греење во печки и котли, парно греење во постројки за согорување и во индустриски котли за производство на комбинирана топлинска и електрична енергија. Согорувањето на биомасата покажува релативно високи емисии на NOx и честички во однос на согорувањето на природниот гас или нафтата. Оттука, согорувањето на биомасата значително придонесува во присуството на честички (PM), озон и NO<sub>2</sub> во амбиентниот воздух. При согорување на дрвото, проценката на животниот циклус (LCA) укажува дека 38,6% од влијанието врз животната средина на современите автоматски печки на дрво се припишуваат на NOx, 36,5% на PM<sub>10</sub>, само 2% на CO<sub>2</sub> и 22,9% за сите други загадувачи.

\*\*\*

Голем број на институции се вклучени во истражувања кои се однесуваат на конверзија на биомаса, производство на биогориво и сродни прашања. Многу теми поврзани со согорувањето и загадувањето како последица на тоа се испитуваат од страна на истражувачки институти кои се занимаваат со процесите на согорување, каде што биомасата често е едно гориво меѓу другите. Моделирањето на процесите за согорување широко се применува како алатка за дизајнирање за големи постројки за согорување на биомасата. Во последно време, институциите особено се фокусирани на истражувања поврзани со биомасата поради зголемениот интерес за обновливите извори на енергија.