

KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁS

Levegőszennyezés Levegőszennyezés elleni védekezés

Összeállította:
Dr. Simon László
Nyíregyházi Főiskola

Levegőszennyezés

Levegőszennyezőnek nevezzük azokat az anyagokat, amelyek olyan mértékben jutnak a levegőbe, hogy azzal az embert és környezetét kedvezőtlenül befolyásolják vagy anyagi kárt okoznak.

- természetes és
- az emberi tevékenységhez kapcsolódó szennyezőforrások

A természetes források jellemzője, hogy tetemes mennyiségű szennyeződést juttatnak ugyan a levegőbe, de az nagy területen szétoszlik és így a koncentráció általában nem emelkedik káros szintre.

- vulkáni tevékenység
- tengerek feletti szél hatására (nátrium- és káliumsók)
- tengeri élővilág (szén-dioxidot juttat a levegőbe)
- erdő- és bozóttüzek égéstermékai (korom, pernye, gázok)
- szél által a felszínről felragadott talajszemcsék (ásványi por, szerves anyagok, vegyszermaradványok)
- virágpor (allergiás megbetegedés).

2

Emberi tevékenységhez kapcsolódó szennyezőforrások

A légszennyezést okozó emberi tevékenység közül az *ipar bocsátja a légkörbe a legnagyobb mennyiségű és legtöbbször szennyezőanyagot*, de a közlekedés és a lakossági tüzelés is jelentős emisszióforrás. Ezeknek a kibocsátóknak közös tulajdonsága, hogy mindegyikben elsősorban az égési folyamat valamilyen formája során keletkeznek szennyezőanyagok.

A *füstgázok* a szén-dioxidon kívül vizgőzt, kén- és nitrogén-oxidokat, metánt, egyéb, gáz halmazállapotú szénhidrogéneket és szilárd részecskéket (korom, pernye, kocsz, kátrány) is tartalmaznak. A tüzelőanyagok között a szén elégetése eredményezi a legnagyobb kibocsátást, ehhez képest *olaj* elégetése során gáz halmazállapotú anyagokból 35%-nyi keletkezik és mintegy 6%-nyi földgáz elégetésekor. Az olaj- és földgáztüzelésű erőműveknek jelentős a nitrogén-oxid kibocsátása.

A fejlettebb országokban megfigyelhető folyamat, hogy az ipar egyre kevésbé felelős a légszennyezésért, abban fokozatosan növekszik a közlekedés szerepe. A közlekedés általában port, kormot, szénhidrogéneket és származékait, kén-dioxidot, nitrogén-oxidot és szén-monoxidot juttat a levegőbe. A *dízelmotorok* kipufogógázai a magas nyomáson történő égés miatt nitrogén-oxidokban dúsabbak. Légszennyezőként a *mezőgazdaságot* is meg kell említeni. Emissziót okozhat az arra alkalmatlan időjárási viszonyok közepette végrehajtott permetezés, valamint a repülőgépről végzett vegyszerezés.

3

A legfontosabb légszennyező anyagok

(Thyll, 1996 nyomán):

A szennyezőanyag neve	Emisszióforrás
<i>Por</i>	energiaipar, kohászat, vegyipar, építőanyag-ipar
<i>Korom, pernye</i>	energiaipar, kőolaj-feldolgozás, építőanyag-ipar
<i>Kén-dioxid (SO₂)</i>	barnaszénnel, kőszénrel, gázolajjal üzemelő tüzelőberendezések, erőművek, vegyi üzemek, kohók, kocszolóművek
<i>Kén-trioxid (SO₃)</i>	kénsavgyárak
<i>Hidrogén-fluorid (HF)</i> <i>Szilícium-fluorid (SiF)</i>	fluorvegyületeket előállító üzemek, foszfátműtrágya-gyárak, alumíniumkohók, üveggyárak, zománcüzemek, téglagyárak, kerámiaipar, szénfogyasztók
<i>Klór (Cl₂)</i> <i>Sósav (HCl)</i>	klór elektrolízise, horganyozóüzemek, kállipar, PVC-szemét égetése
<i>Ólom-vegyületek, szénhidrogének, (C_nH_n), szén-monoxid (CO), nitrogén-oxidok (nitrogén gázok: NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₅)</i>	gépjárművek, vegyi üzemek
<i>Kén-hidrogén (H₂S)</i>	városi gáz előállítás, kocszolóművek, nyersolaj finomítása

4

A legfontosabb beltéri légszennyező anyagok

(Thyll, 1996 nyomán):

A szennyezőanyag neve	Emisszióforrás
<i>szén-monoxid</i>	rosszul záródó fűtőberendezés, kandalló
<i>dohányfüst</i>	dohányzás
<i>formaldehid</i>	faforgácslap, habszivacs, bútorelemek, hűszigetelő anyagok
<i>tetraklór-etilén</i>	vegytisztított ruhák kigazólgása
<i>para-diklórbenzin</i>	légfrissítők
<i>kloroform</i>	a víztisztítás során bevitt klór maradékából
<i>sztrén</i>	műanyag termékek
<i>azbeszt (betiltották!)</i>	hűszigetelés
<i>metilén-klorid</i>	festékek, hígítók

5

Légszennyező anyagok típusai

Az anyagok *halmazállapotát* és a *szilárd szemcsék méreteit* figyelembe véve a légszennyező anyagoknak három típusát különböztetjük meg:

- por, korom,
- aeroszolok,
- gázok, gőzök.

A *por és korom* közös jellemzője, hogy a szemcsék átmérője nagyobb 10 µm-nél, így gyorsan leülepsznek, tehát az emisszióforrás közelében okozzák a legnagyobb szennyeződést. A nagy ülepedési sebesség miatt ezt a csoportot *ülepedő por*nak vagy *szedimentum*nak is nevezik. A por keletkezése elsősorban ipari tevékenységhez kötődik (cementgyártás, kohászat, ércfeldolgozás, stb.). Mezőgazdasági tevékenységből is származhat (defláció). A korom szilárd energiahordozók elégetésekor keletkezik, ipari és lakossági tüzelés során.

6

Légszennyező anyagok típusai

Az *aeroszolok* a 10 µm-nél kisebb átmérőjű szennyező anyagok. Halmazállapotukat tekintve lehetnek szilárd és cseppfolyós anyagok egyaránt, közös tulajdonságuk, hogy kis tömegük következtében *üledései sebességük* is kicsi.

Halmazállapotuk szerint csoportosíthatók:

- **finom por**, ami csak szilárd szemcséket tartalmaz
- **füst**, ami szilárd és folyékony anyagok diszperz rendszere
- **köd**, ami csak cseppfolyós anyagokból áll.

Szinte minden tüzelőanyag elégetésekor keletkezik ilyen szennyeződés, egyéb ipari tevékenységek (kőolaj-finomítás, vegyipari üzemek, kohászat, stb.) során is keletkeznek. Méretük szerint két csoportba oszthatók:

- 10-0,1 µm átmérőjűek **lassan ülednek**, stabil aeroszolt képeznek,
- 0,1-0,001 µm átmérőjűek **már nem ülednek**, viselkedésük a gázokéhoz hasonló.

7

Légszennyező anyagok típusai

Gázok és gőzök

Kén-dioxid

A **kén-dioxid (SO₂)** az egyik legkárosabb légszennyező anyag. Szintelen, jellegzetesen szűrosszagú, a levegőnél nehezebb gáz. Vízben nagyon jól oldódik és így kénssav ion létre. Erős redukálószer, néhány százalékos jelenléte is légzési nehézséggel járó mérgezési tüneteket okoz. A légkörbe **kéntartalmú tüzelőanyag** (szén, kőolaj) **elégetése, kénsvagyártás, papírgyártás** során kerül.

Nitrogén-oxidok (NO_x)

A **nitrogén-monoxid (NO)** szintelen, a levegőnél nehezebb, vízben rosszul oldódó gáz, oxidálószer, vízzel **salétromossav (HNO₃)** képződik. A levegő oxigénjével azonnal **nitrogén-dioxid (NO₂)** egyesül. A nitrogén-dioxid vörösesbarna, a levegőnél nehezebb gáz, nagyon reakcióképes, vízben rosszul oldódik. Alacsonyabb hőmérsékleten **nitrogén-tetraoxid (N₂O₄)** alakul át, a folyamat már szobahőmérsékleten is végbemegy, ilyen körülmények között is jelentős a tetraoxid aránya. Nitrogén-oxidok kibocsátására **műtrágyagyártás, műanyagipar, hőerőművek**, valamint nagy nyomáson végbemenő **égés (dizelmotorok)** esetén számíthatunk.

Szén-monoxid

A **szén-monoxid (CO)** szintelen, szagtalan, a levegőnél nehezebb gáz, az egyik legveszélyesebb mérgező. Tökéletesen égés során keletkezik, erőművek, kohók és gépjárművek bocsátják a légterbe.

8

A légszennyezés hatása az emberre

A **levegő szilárd szemcsék** (porok, aeroszolok) közül a 0,25-10 µm méretűek a legveszélyesebbek, mivel ezek képesek behatolni a tüdőbe.

- szilkózis
- azbesztózis
- cementpneumokoniózis

A **kén-dioxid** a szem és a tüdő nyálkahártyáját izgatja. Belélegezve kis mennyiségben már izgatja a nyálkahártyát, ami érzékeny személyeknél a légutak beszűkülését okozza. Nagyobb mennyiségben tüdővízenyő és légzésbénulás alakulhat ki.

A **nitrogén-oxidok** a nyálkahártyákon salétromossavvá, illetve salétromsavvá alakulnak át, helyileg izgatnak, köhögést, hányingert, fejfájást okoznak, kialakul a tüdővízenyő, amit tüdőgyulladás követ.

A **szén-monoxid** a vér oxigénszállító képességét rontja, a hemoglobin vasatomjához kapcsolódva gátolja az oxigénfelvételt (munkaképtelenség, néhány órán belül fulladásos halál következhet be).

Az **ozon** a légutakat és a tüdőszöveteket izgatja, a tüdő anyagcseréjét gátolja, a falósejteket bénítja. 0,5 mg/m³ koncentrációban fáradékonyságot, nagyobb koncentráció mellett légzési és mozgászavarokat, szellemi kifáradást okoz.

9

Szmg - füstköd

A **szmog** a környezetszennyezés miatt kialakuló **füstköd** (az angol *smoke* [füst] és *fog* [köd] szóösszetételeként keletkezett kifejezés). A földrajzi és időjárási körülményektől, valamint a levegőben található szennyezőanyagoktól függően kétféle füstködöt különböztetünk meg:

- **redukáló szmog** (London-típusú füstköd)
- **oxidáló szmog** (Los Angeles-típusú v. fotokémiai füstköd)

10

A redukáló (London-típusú) szmog

Elsősorban **fosszilis tüzelőanyagok** (főleg szén) nagymértékű felhasználása váltja ki. Elégetésükkor nagy mennyiségű **korom** keletkezik, mely a **porral** együtt a **kondenzációs magok** felszaporodását okozza a levegőben, ugyanakkor jelentős mennyiségű **kén-dioxid (SO₂)** szennyezést is okoz.

Az emelkedő és gyorsan hűlő levegő eléri a telítettségi állapotot, ami a szemcséken kondenzációhoz vezet, ami a SO₂ (és az annak oxidációjakor keletkező SO₃) oldódásával savas kémhatású lesz (**kénssav**, illetve **kénsav** keletkezik), **savas eső, köd** képződik.

Kialakulásának feltételei:

- szélszálló idő
- magas légnyomás
- magas relatív páratartalom
- -3 - +5 °C közötti hőmérséklet
- légszennyezés: SO₂, por, korom

11

A redukáló (London-típusú) szmog

A SO₂ és korom redukáló hatása miatt **redukáló szmog**nak is nevezzük, de jellemző előfordulása miatt a **London-típusú füstköd** a gyakrabban használt neve.

Káros következményei: asztma, halálos kimenetelű tüdőödéma. 1989 januárjában **Budapest**en és **Miskolc**on is észleltek ilyen típusú szmogot.

Londonban 1952 decemberében volt tapasztalható egy igen súlyos példája, amikor öt napon át füstköd borította a várost. Ezen a héten négyezerrel több ember halt meg, mint más években ugyanebben az időszakban. A halálozás olyan szintet ért el, mint utoljára 1866-ban, a legutolsó kolerajárvány idején. Ez az eddig ismert legnagyobb levegőszennyezési katasztrófa.

A feltételek alapján látható, hogy a körülmények leginkább **télen, fagyponthoz közeli hőmérsékleten** (főleg párás hajnalokon) adóttak ezen típusú füstköd kialakulásához, és mivel fotokémiai reakciókat nem igényel, **borús időben** is kialakulhat.

12

Az oxidáló (Los Angeles-típusú v. fotokémiai) szmog

A szennyező anyagok az **ultraibolya-sugárzás** hatására fotokémiai reakciókat indítanak el, amelyek során **NO₂** és **ózon** (O₃), majd **szabadgyökök**, hidrogén-peroxid és **PAN** (peroxi-acetil-nitrát) keletkezik. Ezen anyagok hatására létrejön a füstköd. A folyamat rendszerint a reggeli csúcsgalomban kezdődik, a koncentrációmaximumot a déli órákban éri el.

Ha a PAN koncentrációja tartósan magas (> 0,02 ppm), az rövid idő alatt a vegetáció, az emberi egészség károsodásához, továbbá a katalizátor fékek és az épített környezet korróziójához vezet.

Kialakulásának feltételei:

- erős napsugárzás (UV-sugárzás)
- közlekedés által kibocsátott szennyezések (NO_x, szénhidrogének, CO)
- gyenge légmozgás

13

Az oxidáló (Los Angeles-típusú v. fotokémiai) szmog

Jellemző előfordulási terület a nagy forgalmú, száraz, napfényes nyarú térség, különösen, ha egy olyan katlanban helyezkedik el, amiben a levegő megreked (ilyen pl. Los Angeles). Európában Athénra jellemző.

A fotokémiai szmog **erősen izgatja a nyálkahártyát**, az ózon pedig károsan hat mind a növényekre, mind az állatokra és az emberre. A fotokémiai füstköd 25-35 °C hőmérséklet, alacsony páratartalom és 2 m/s alatti szélsébség esetén jöhet létre. Ilyen típusú szmogot először 1985-ben észleltek Magyarországon.

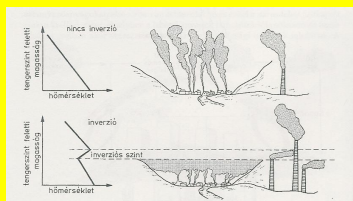
A szennyező anyagok feldúsulását a városi levegőben nagyban elősegíti a **hőmérséklet-inverzió** jelensége, így ez is fő okozója a füstködök kialakulásának.

14

Hőmérséklet-inverzió

Hőmérsékleti inverzióról akkor beszélünk, amikor a **lég hőmérséklet** bizonyos magasságban, meghatározott rétegben, a szokásostól eltérően, a magassággal arányosan **nem csökken, hanem emelkedik**. Az inverziós réteg **záróréteggént** hat, ami a levegő minősége szempontjából kedvezőtlen.

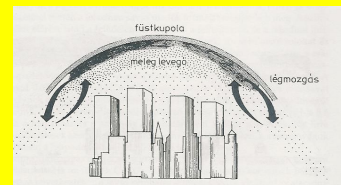
Az inverziós rétegbe kerülő anyagok sem felfelé, sem lefelé nem tudják azt elhagyni, sokáig abban lebegnek és igen nagy távolságra elszállíthatódnak.



15

Városi hősziget – füstkupola kialakulása

A szmogok gyakoriságát és veszélyességét jelentős mértékben befolyásolja a helyi klíma, a domborzat, a lakosság és az ipartelek sűrűsége, valamint az élegetett tüzelőanyag fajtája. A fejlett, sok energiát felhasználó nagyvárosok felett **városi hősziget** alakul ki. Itt a kibocsátott hőmennyiség olyan nagy, hogy a város területe felfogható egy hidegebb levegővel körülvevett hőszigetként. Kedvezőtlen időjárási viszonyok között ez a hősziget mintegy csapdába ejti a szennyezőanyagokat, elsősorban az aeroszolokat, és ezzel a város felett **füstkupola** alakul ki (ábra).



16

Szmg a nagyvárosokban



Fotokémiai füstköd Denver felett



Szmg New Yorkban



Szmg Pekingben
(fotó: dr. Simon László, 2007)

17

Savas ülepedés

A **savas ülepedés** az a folyamat, amikor az aeroszol részecskék vagy vízben oldódó gázok kikerülnek a légtérből és a földfelszínre (talajra, felszíni vízbe, növényekre, létesítményekre) jutnak.



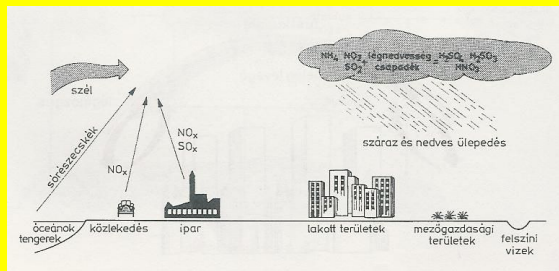
Ha a folyamat nedvességben szegény körülmények között játszódik le, akkor **száraz ülepedésről**, ha csapadékos időszakban, akkor **nedves ülepedésről** vagy **savas esőről** beszélünk. Savas légköri nyomanyagok, kén- és nitrogénvegyületek kerülnek a felszínre.

A **savas ülepedésben szerepet játszó**, nagyobb koncentrációban előforduló vegyületek: kén-dioxid-gáz, nitrogén-dioxid-gáz, salétromsav-gőz, kénsavtartalmú aeroszolok.

A száraz ülepedés a felszín és az áramló levegő közötti sűrűlódás következtében jön létre. Nedves ülepedés felhőképződés és csapadék hullás révén következik be.

18

Savas ülepedés



19

Savas ülepedés káros hatásai

A savas ülepedések súlyos problémát okoznak Nyugat- és Közép-Európában, Skandináviában, az USA északkeleti területein, Kanadában és Délnyugat-Kínában egyaránt. Következmenyei:

- talajsavanyodás
- növényzet, erdők pusztulása
- felszíni vizek pH-jának csökkenése
- épületpusztulás, korrózió felgyorsulása

Világviszonylatban Kínában észlelték a legsavasabb ülepedést (pH=2,25) 1981-ben, ami azt jelenti, hogy a csapadékvíz erősebb sav volt, mint a háztartási ecet (ennek pH-ja 2,8). Európában pH=5,5-4,0 közötti értékek a jellemzőek, a keleti országokban kevésbé, az északi és nyugati országokban a nagyobb mértékben savanyú kémhatású ülepedések dominálnak. Magyarországra közepesen savas ülepedések jellemzőek, többéves átlagot tekintve pH=4,5 a mért legalacsonyabb pH 3,0 volt.

20

Savas ülepedés káros hatásai

Talajsavanyodás káros hatásai (pH 4,5-5,0 alatt):

- toxikus elemek (Al, Mn, nehézfémek) mobilizálódnak
- esszenciális tápelemek megkötődnek (vas-foszfát, alumínium-foszfát) vagy kioldódnak (Ca, Mg)
- talajélet gyengül

A felszínre jutott savas ülepedések nem mindig tudják azonos mértékben kifejteni káros hatásukat. Ha az üledek CaCO_3 -tartalmú talajra jut, akkor annak bázikus tulajdonsága következtében a savas kémhatás semlegesítődik, elmarad az alacsony pH miatt esetleg bekövetkező kár. Fokozottan jelentkezik viszont a kedvezőtlen hatás már eleve savas kémhatású talajokon, ahol az üledek tovább csökkenti a pH-t.

21



Savas esőtől elpusztult erdők



Savas eső által megrongált szobrok

22

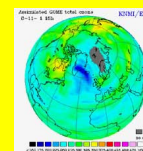
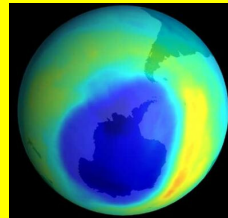
Légszennyezés hatása az ózónrétegre

A nagyjából állandó vastagságú **ózónréteg** a földfelszíntől 20-25 km magasságban helyezkedik el. Az ózón legnagyobb mennyiségben a **sztratoszférában** keletkezik, a Nap ultraibolya sugárzásának hatására, ahol a különböző természetes folyamatok kölcsönhatása révén az oxigén mennyiségétől függő egyensúlyi koncentráció alakul ki.

Az ózónrétegre ható, emberi tevékenységekkel összefüggő anyagok a **nitrogén-oxidok**, a **klórtartalmú vegyületek**, elsősorban a **klór-fluor-szénhidrogének** (CFC-k, a hűtőberendezésekhez, kozmetikai és háztartási spray-k hajtógázához, neoncsövekhez használt gázok), de megemlítendő a **légköri atomrobbanások** roncsoló hatása is. A halogének hatásának vizsgálata során megállapították, hogy elsősorban a klór, kisebb mértékben a bróm megbontja az ózónképződés és -bomlás egyensúlyát, ezzel csökkentve az ózónkoncentrációt.

23

Légszennyezés hatása az ózónrétegre



UV-sugárzás: gátolja a növények fotoszintézisét és egyéb élettani folyamatait, embernél bőrrákok, szürkehályogot okoz, károsítja a tengervíz planktonját.

Az Antarktisz felett észlelt **ózonpajzsritkulás** (ózonlyuk) 1979 óta fokozódik, és Európa felett is kialakult. 2006-ban az Antarktisz felett rekord kiterjedést ért el (29,5 millió négyzetkilométer 4 hónapon keresztül). A tavasszal felerősödő napsugárzás hatására a sarkvidék feletti jeges felhőkben található a jégzémcskéhez tapadó klór- és bromvegyületek és az ózón reakcióba lépnek egymással, ezzel elpusztítva azt. Ehhez a folyamathoz rendkívül hideg körülményekre, - 80 C alatti hőmérsékletre van szükség. Az üvegházhatás - bármily furcsa - felgyorsítja az ózonpajzs ritkulását, ugyanis az éghajlatváltozással járó, a légkör alsó rétegeiben tapasztalható felmelegedés a sztratoszférában lehűlést eredményez.

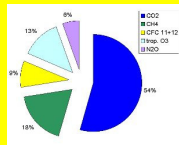
24

Az üvegházhatás és a légszennyezés kapcsolata

Az **üvegházgázok** jellemző tulajdonsága, hogy a Nap felől érkező rövidhullámú sugarakat maradéktalanul átengedik, de a talajról visszavert hosszúhullámú sugárzást akadályozzák. Ezért ennek egy része ki tud lépni a világrűrbe, a másik részét a levegőben lebegő gázok (**szén-dioxid**, vízpára, CFC-k, **metán**, nitrogén-oxidok) elnyelik, ezzel csapdába ejtve a hőt, melegítve a légkört. Az **üvegházhatás** nélkül a Föld élettelen bolygó lenne -18°C-os hőmérséklettel.



1860-tól napjainkig a levegő szén-dioxid tartalma folyamatosan emelkedett, 275 mg/kg-ról 370 mg/kg-ra. A levegő szén-dioxid tartalma évente 1,5 mg/kg-mal (1,5 ppm-mel, 0,4-kal %) gyarapodik. A szén-dioxid mennyiségének növekedése elsősorban a fosszilis tüzelőanyagok elégetésének következménye.



25

Az üvegházhatás és a légszennyezés kapcsolata

Metán

A metán relatív üvegház-hatása 21-szerese a szén-dioxidénak, azonban légköri tartózkodási ideje jóval rövidebb, kb. 10-12 év. 1850-ig légköri koncentrációja 0,7 ppm körül volt, ez mára 1,7 ppm-re nőtt, jelenlegi növekedési üteme 0,015 ppm/év.

Fő civilizációs eredetű forrásai:

- a fosszilis tüzelőanyagok elégetése,
- a földgáz-kitermelés során történő szabad eltávozása,
- a kőolaj és termékeinek párolgása,
- szarvasmarhák bendőjében az emésztés,
- rizsföldek
- szerves hulladékok bomlása
- biomassza-égetés.



Mindezekből összesen kb. 370 millió tonna/év kibocsátás származik.

26

Az üvegházhatás és a légszennyezés kapcsolata

Metánkibocsátás természetes forrásai:

- az óceánok, a nedves-mocsaras ökoszisztémák stb. (összesen kb. 150 millió tonna/év)

Fogyása:

- kémiai reakciókban kb. 450 millió tonna vonódik ki a légkörből évente
- talajbaktériumok kb. 35 millió tonnát kötnek meg.

Összesen kb. 35 millió tonnával gyarapszik légköri mennyisége évente (e becslések hibaszázaléka magas, 30-50 % között van.)

Hozzájárulása a légkör 33 fokos üvegház-hatásához kb. 0,8 Celsius-fok.

27

Az üvegházhatás és a légszennyezés kapcsolata

Globális klímaváltozás következményei:

Ha a szén-dioxid mennyisége **550 mg/kg-ra** emelkedne, az **4 °C-os** átlagos felmelegedést eredményezne. A sarkok felett 13-14 °C-kal, a trópusokon 1-2 °C-kal nőne a hőmérséklet. A **sarkok jégtakarójának olvadása**, valamint az **óceánok hőtágulása** következtében az óceánok vízszintje legalább 60 cm-rel (vagy akár több méterrel) emelkedne. Leszűkülne az emberiség élőhelye, számos emberi alkotás elpusztulna. A hőmérséklet emelkedése miatt **megváltozna a kultúrnövények természetessége**, az egyenlőtlen hőmérséklet-emelkedés gyengítené a földi cirkulációt (Golf-áramlat lassulása), ami a mérsékelt égöv szárazabbá válásához vezetne.

28

A légszennyezés elleni védekezés

A levegőbe jutó kén-dioxid mennyisége csökkenthető **alacsony kéntartalmú tüzelőanyagok** alkalmazásával. A tüzelőanyagok kéntartalmának csökkentése kőolaj esetében ipari méretekben megoldható eljárás, a szén esetében viszonyt alacsony hatásfokú (20-50% csökkenés érhető el mindössze), költséges.

Földgáztüzelésre történő áttérés esetén egyaránt csökken a SO_x és a NO_x, sőt a por, korom és a pernye mennyisége is.

A **közlekedés emissziója csökkenthető** kis elégetett üzemanyag/árutömeg hányadossal, közlekedési ágak (hajózás, vasút) preferálásával.

Alternatív üzemanyagként földgázt, alkoholt, biodizelt, növényi olajat használnak. Elektromos, metán-, hidrogénhajtású autók.

Katalizátorok: A kipufogó gázok káros emissziójának csökkentése céljából katalitikus konvertereket építenek a gépkocsik kipufogórendszerébe, melyek a kipufogógáz NO_x-tartalmát nitrogénné redukálja, a szén-monoxid- és szénhidrogén-tartalmát oxidálja. 90%-os tisztítási hatásfok.

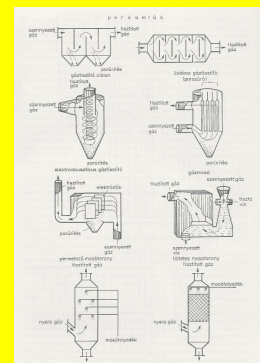
CFC-k kiváltása kevésbé káros anyagokkal: hidrofluor-alkánok (HFC), melyeknek molekulája nem tartalmaz klórt, és a HCFC jelzésű vegyületek, amelyekben van ugyan klór, de a hidrogéntartalom következtében a légkör alacsonyabb rétegeiben elbomlanak.

29

A légszennyezés elleni védekezés - gáztisztítás

A gáztisztítás a legtöbb szennyezőanyag esetén alkalmazható. Az ipari vég- és hulladékgázok porkamrákban, ciklonokban, porszűrőkben, elektrosztatikus leválasztókban, nedves gáztisztítóknak stb. megtisztíthatók.

A legtöbb gáztisztító berendezés a szennyezőanyagok feldúsítását jelenti, a keletkezett szilárd hulladék, iszap, szennyvíz elhelyezéséről gondoskodni kell.



30