

1. GAIA

KUTSADURA ATMOSFERIKOA

Atmosfera Lurraren azalera solidoa eta likidoa inguratzen duen gazezko geruza da. Grabitateari esker lurrari lotuta dago eta eguzkitik datorren erradiazioaren kontrako ezkutua da. Lurreko atmosfera osatzen duen gas nahasteari airea deitzen zaio. Altueraren arabera presio atmosferikoa aldatu egiten da (itsas mailan presio maximoa dago eta altuera handitzean gero eta gutxiago).

Airearen kutsadura: gizakiak eragiten duen ainerako konposizio naturalaren aldaketa da, horrek ingurunearentzat kaltegarri bihurtzen baldin badu. Prozesu industrialak, energia lorpena, erregai fosilen erreketa eta garraioak airearen konposizioa aldatzen dute kutsadura sortuz.

1. ATMOSFERA

1.1 Atmosferaren egitura

Bere konposizioaren arabera bi geruza bereizten dira: **homosfera** eta **heterosfera**. **Homosfera** itsasoaren mailatik 100 km-etako altueraraino iristen da. Homosferan airearen dentsitatea altuerarekin jeitsi egiten da baino gase ezberdinen proportzioa (ozono eta ur lurrina ezik) uniforme da. **Heterosfera** 100 km altueratik kanpoko mugaraino iristen da. Geruza honen gas-konposizioa aldakorra da eta dentsitatea oso txikia da.

Homosferan honako geruzak bereizten dira:

Troposfera: Lurrazaletik gertu dagoen geruza da eta 10 km ingurura iristen da tropopausan bukatuz (Bere altuera aldakorra da latitudearen arabera). Geruza honetan temperaturak behera egiten du altuerarekin $6,5 \text{ }^\circ\text{C/km}$). Fenomeno hau presioak altuerarekin jeisten delako eta honek dakarren hozte adiabatikoaren ondorioa da (presioa txikiagoa egiten denean gaseak hozten dira). Geruza honetan atmosferako masa guztiaren %80-a eta ur-lurrinaren %99-a dago eta bertan gertatzen dira klima eta eguraldiaren fenomenoak (behealdeko aireak igotzeko joera du eta geruza altuen aire hotza jaisteko joera).

Estratosfera: 50 km-etara iristen da estratopausan bukatuz. Oso eragin gutxi du kliman (airea ez da mugitzen eta oso urriak dira gasen kantitateak). Geruza honetan ozonoa dago (ozono estratosferikoa) eta izpi ultramore gehienak xurgatzen dituen ez dira lurrazalera heltzen. Izpi ultramoreek fotodisoziazio-erreakzioen bidez oxigenoa

deskonposatu egiten dute ozonoa produzituz eta erreakzioan beroa askatuz. Arrazoi honengatik geruza honetan tenperatura igo egiten da.

Aire-kutsadura globalaren ikuspuntutik, **troposferak nahiz estratosferak** funtsezko zeregina betetzen dute

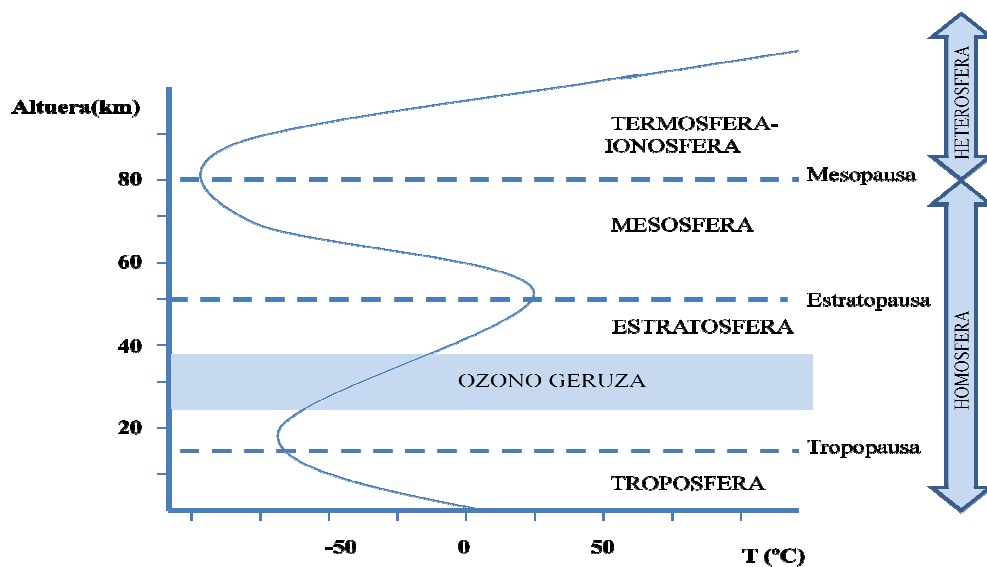
Mesosfera: 100 km-etan du goiko muga (mesopausa). Lehengo km-tan tenperatura altuerarekin igotzen da eta gero berriz jeisten hasten da ozono gutxitzea dela eta.

Heterosferan honako geruzak bereizten dira:

Termosfera edo ionosfera: tenperatura altuerarekin igotzen da. Hau ionosferan X eta gamma izpiak (uhin motzak) geruza honetan xurgatzen direlako gertatzen da. Geruza honetan fotoionizazio-erreakzioak gertatzen dira, non, eguzkitik datozen erradiazio ultramoreak termosferan dauden espezieak erasotzen dituzten ioiak eta elektroiei askeak emanaz.

Exosfera: atmosferaren kanpo aldeko geruza da eta ez du goiko muga zehatzik. Altuerarekin gero eta finagoa egiten da planetarteko gasarekin nahastu eta bereiztezina egin arte.

Atmosferako geruza altuetan eguzkitik datozen energia altuko izpiak xurgatu egiten dira eta horrela ez dira lurrazalera iristen.



Irudia 1. Atmosferaren geruzak.

1.2 Atmosferaren konposizioa

Bere konposizioa gasak eta aerosolak osatzen dute. Kontzentrazioaren arabera gasak iraunkorrak edo aldakorrak izan daitezke.

i) Gasak

a) Gas iraunkorrak: bere kontzentrazioa ez da aldatzen lekua edo denborarekin (atmosferaren %99 pisua osatzen dute). Nitrogenoa (N_2) da kontzentrazio handiena duena (%79 bolumenean) oso gas egonkorra delako. Metereologian ez du paper garrantzitsurik jokatzen.

Oxigenoaren (O_2) kontzentrazioa %21-ekoa da. Oso garrantzitsua da estratosferako ozonoa osatzeko. Argonaren (Ar) kontzentrazioa %1 baino txikiagoa da.

b) Gas aldakorrak: bere kontzentrazioa lekua eta denborarekin aldatzen da. Bere kontzentrazioa baxua da baino garrantzi handia dute prozesu metereologikoetan.

Ur-lurrina (H_2O): Atmosferan ura lurrin bezala eta baita ere solido eta likido egoeran agertzen da (hodeiak eta lainoa osatuz). Bere banaketa lekuarekin eta altuerarekin aldatzen da. Ur-lurrinak kliman daukan garrantzia oso handia da, kondentsazio eta lurruntzearen prozesuari esker hodeiak eta prezipitazioak eratzen baitira. Negutegi efektua eragiten du.

Lurrunketaren bidez iristen da atmosferara eta kondentsazio eta prezipitazioaren bidez kanporatzen da.

Karbono dioxidoa (CO_2): bere iturria sumendiak, landare eta animalien arnasketa eta erreketak dira. Erreketaren iturria naturala edo antropogenikoa izan daiteke (erregai fosileen erreketak). Fotosintesiaren bidez ezabatzen da, baino gaur egun bere sortze-tasa altuagoa da. Negutegi efektua eragiten du.

CH_4 , N_2O eta O_3 oso kontzentrazio basuetan daude baino erradiazioak xurgatzen dituztenez kliman oso eragina handia dute: Adibidez, ozonoa (O_3) estratosferan bizitza hiltzen duen erradiazio ultramorea (UV) xurgatzen du lurrazalera hel daitezen eki-dinez. Bestalde, hiri handietan eta lantegi asko dituzten lekuetan gas kutsatzailea da.

ii) *Aerosola*

Partikula esekiak osatzen dute eta haien jatorria oso aldakorra da. Batzuk prozesu naturalatik datozte (sumendiak, lurzoruaen hautsa, mikroorganismoak, polenak, ozeanoen uraren gatzak) eta beste batzuk gizakiak sortutakoak dira (errekun-tzen keak, industria batzuk sortutako hautsak). (gatzak, hautsa eta errautsa). Hodeiaren formazioan eragina dute. Prezipitazioei esker atmosferatik kanporatzen dira.

Gasa	% bolumen
N ₂	78,08
O ₂	20,95
Ar	0,93
CO ₂	0,02-0,04
O ₂	0,01
H ₂ O	0,0-4,0

Taula 1: Atmosferaren konposizioa

Airearen konposizioa aldatzen duten faktoreak honako hauek dira: latitudea, altuera, iturri antropogenikoak (industriak, ibilgailuen trafikoa, berogailuak, etab.) eta iturri naturalak (hauts-ekaitzak, sumendiak eta suteak).

2 KUTSATZAILE ATMOSFERIKOAK

2.1 Kontzeptu orokorrak

Kutsatzaile atmosferikoak bere jatorria edo bere izaeraren arabera sailkatzen dira:

Jatorriaren arabera:

- a) Biogenikoak: Lurraren aktibitate geologikoa eta beste naturako prozesuengatik agertzen dira airean (sumendiak, zingiretako hartxidura, etab.).
- b) Antropogenikoak: gizakiak egindako prozesuen ondorioz (industriak, ibilgailuen trafikoa, berogailuak, etab.) sortzen dira.

Izaeraren arabera: fisikoak, kimikoak eta biologikoak.

- a) Kutsatzaile fisikoak: gizaki, animalia edo landareentzako kaltegarria izan daitekeen energia askatzen denean gertatzen da. Iturri nagusiak soinua, tenperatura eta erradiazioa dira.

Soinu-kutsadura: ibilgailuak, hegazkinak, industria eta eraikuntzak sortzen duen soinuarengatik gertatzen da.

Kutsadura termikoa: zentral termiko eta nuklearrak askatzen duten energiak eragiten du. Zentral termikoak ingurugiro arazoak sor ditzakete hozteko sisteman lurrundutako urak plubiositatea handitzen duelako.

Erradiazioak: Hauek ionizatzaileak (X eta gamma izpiak, alfa eta beta partikulak, protoiak eta neutroia) eta ez-ionizatzaileak (mikrouhinak, infragorriak,...) izan daitezke. Kutsadura honen iturri nagusiak bi motatakoak dira: naturala (naturan dauden elementu erradiaktiboak sortzen duten erradiazioa) eta artifiziala (medikuntza, zentral nuklearrak, jarduera militarrek, etab.).

- b) Kutsatzaile biologikoak: gaixotasun eta alergiak eragiten dituzten bakteriak, birusak eta onddoak dira.
- c) Kutsatzaile kimikoak: lehen mailakoak (primarioak) edo bigarren mailako (sekundarioak) kutsatzaileak izan daitezke. *Lehen mailakoak* zuzenean airera igortzen direnak dira: sufre oxidoak (SO_x), karbono oxidoak (CO eta CO_2), nitrogeno oxidoak (NO_x), amoniakoa (NH_3), hidrogeno sulfuroa (H_2S), hidrokarburoak eta konposatu organiko hegazkorrek (KOH), deribatu halogenatuak, partikulak, etab. Eskala globala hartuz kutsatzaile hauen jatorria iturri naturalak dira. Bakarrik hirigunetan edo industria asko dauden lekueetan iturri antropogenikoa nagusitzen da.

Lehen mailako kutsatzaileak atmosferara iristen direnean, prozesu desberdinak agertzen dira eta horien bidez kutsatzaileak ezabatu egiten dira edo beste kutsatzaile bihurtzen dira (*bigarren mailako* kutsatzaileak): O₃, aldehidoak, peroxiazetilo nitratoa PAN

Egoitza-denbora edo batez besteko bizitza: denborarekin kutsatzaileak beste substantzietan bihurtzen dira. Kutsatzeko eraginkortasuna adierazteko erabiltzen da. Zenbat eta altuagoa izan orduan eta denbora luzeagoan iraungo dute atmosferan eta urrutirago garraiatu ahal izango dira.

2.2 Lehen mailako kutsatzaileen jatorria eta eraginak

Foku kutsatzaileetatik zuzenean atmosferara isurtzen diren substantziak dira.

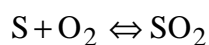
a) Sufrearen oxidoak: SO₂ eta SO₃

Iturri naturalak: sumendiak, jatorri naturaleko H₂S-ren oxidazioa, basoko suteak, oxigeno gutxiko ur eta lurzoruetan sulfatoen degradazioa.

Iturri antropogenikoak: S duten erregai fosilen errektuntza-prozesuak (bereziki ikatza), azido sulfurikoa egiteko prozesua, koke-labeak, petrolio-findegia, zentral termikoak, hondakin solidoen errausketa.

Formazio-erreakzioak:

Sufre duten erregai fosilen errektuntza-prozesuetan SO₂ osatzen da.



Eboluzioa atmosferan:

Sufre dioxidoa egun batzuk egoten da atmosferan jaurti ondoren (batez besteko biziraupena, egun bat).

SO₂ oxidatu egiten da SO₃ eta H₂SO₄ (azido sulfurikoa) emanaz.

Eraginak:

Nagusiena euri azidoa da.

Landareetan: kontzentrazio altua eta denbora baxuekin landareen hostoak hil egin daitezke. Kontzentrazioa altua ez bada baino denbora luzean irauten badu esposizioa kalte kronikoak eragiten dira. Espeziearen arabera aldatu egiten da, temperaturaren, lurraren hezetasunaren eta mantenugaien arabera.

Gizakiarengan: Sudurreko mintzetan, goiko arnas-traktuan eta begietan narritadura eragin ditzakete. Sulfatoen oso kontzentrazio txikiek (8 eta $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bitartean) eragina dute asmatikoengan, zaharrengan eta arnas-arazo kronikoak dituzten pertsonengan.

Materialetan: Metal gehienetan korrosio-tasak eragiten ditu, batez ere burdina, altzairu eta zinkean. H_2SO_4 -en kontzentrazio handiek eraikuntzako material ugari erasotzen diote: marmola, kareharria,.... Larruak erraz xurgatzen du SO_2 , erresistentzia galtzen du eta desintegratu egiten da.

b) Nitrogenoaren konposatuak (NO_x): (NO , NO_2 , N_2O)

Iturri naturalak: jarduera ekaiztsua, amonioakoren oxidazioa, lurzorua.

Iturri antropogenikoak: garraioak, erregaien errekuntza iturri geldikorretan temperatura altuetan ($< 1000 \text{ }^\circ\text{C}$), prozesu industrialetako galerak, hondakin solidoen errausketa, nekazaritzako errausketak.

Formazio-erreakzioak eta eboluzioa atmosferan:

NO -a temperatura altuko errekuntzan osatzen da eta berehala NO_2 -an bihurtzen da. Honek HNO_3 ematen du (azido nitrikoa).

Erregaiak duen nitrogeno edukina ez da garrantzitsua NO_x gehiena airean dagoen oxigeno eta nitrogeno arteko erreakzioan sortzen baita (tenperatura oso altuetan).

Eraginak:

Landareetan: Landareetan kalteak eta lesioak eragiten ditu, eraginpean egondako denboraren arabera.

Gizakiarengan: NO_2 eta NO arriskutsuak izan daitezke osasunarentzat. Hilkortasunari buruzko azterketek adierazten dute NO_2 lau bat aldiz toxikoagoa dela NO baino. Arnas-

traktuari eragiten diote eta honako ondorioak dituzte: sudurreko narritadura, arnas hartzeko zailtasuna, arnas hartzean min zorrotza, biriketako edema eta azkenik heriotza.

Materialeetan: Ehungintzako tindagai batzuek kolorea galtzen dute NO_x-ren eraginpean jartzean. Nitrato partikuladunen maila handiek tentsioko hutsegiteak eragiten dituzte kupronikelezko kable txirikordatueta (telefono-sareetan erabiltzen dira).

N₂O ez da toxikoa baino negutegi efektuan eragina dauka. NO₂ eta NO toxikoak dira eta prozesu fotokimikoetan parte hartzen dute.

c) **Karbono monoxidoa (CO)**

Iturri naturalak: metanoaren oxidazio atmosferikoa (CH₄), landareen klorofila degradatzean zuzeneko igorpena, ozeanoetako jarduera mikrobiologikoa

Iturri antropogenikoak: Erregai fosilen errekuntza osatugabeak, garraioa, prozesu industrialetako galerak, hondakinen errausketak, nekazaritzako errausketak.

Formazio-erreakzioak:

CO honako erreakzioetan osatzen da:

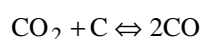
i) Karbono duten konposatuen errekuntza osatugabea:

1. etapa $2C + O_2 \rightleftharpoons 2CO$ errekuntza osatugabea:

2. etapa $2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$ errekuntza osatua

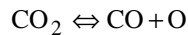
Lehenengo etaparen abiadura bigarrena baino askoz altuagoa da. Orduan, oxigeno proportzioa baxua bada edo proportzioa nahikoa izanda oxigeno eta erregai arteko nahastea eranginkorra ez bada, CO asko isuriko da airera.

ii) Errekuntzan osatutako karbono dioxido eta erregaiaren karbonoaren arteko erreakzioa.



Erreakzioa hau tenperatura altuetan ematen da horregatik industrialetako prozesu askoetan oso garrantzitsua da (burdina galdategietan).

- iii) Karbono dioxidoaren disoziazioa tenperatura altuetan (>2000 °C).



Eboluzioa atmosferan:

Behin airean dagoenean CO-ak honako erreakzioak ematen ditu:

- i) Oxidazioa CO₂-ra
- ii) Ezabatze biologikoa: lurzoruan dauden onddoak xurgatu egiten dute CO-a.

Eraginak:

Osasunarentzat arriskutsua da, odoleko hemoglobinarekin (Hb) erreakzionatu eta karboxihemoglobina (COHb) osatzen baitu; substantzia horrek odolaren oxigenoa garraiatzeko gaitasuna murriztu egiten du. COHb-ren % 10 baino maila txikiagoetan, batez ere eragin kardiobaskularrak eta portaeran dituen eraginak hartu behar dira kontuan.

d) Karbono dioxidoa

Ez da toxikoa eta atmosfera puruetan modu naturalean aurki daiteke; horrez gain, ezinbestekoa da planetan bizitza gara dadin, landareen fotosintesia eta egungo klima ahalbidetzen baititu. Hala ere, substantzia poluitzaileen multzoan sartzen da, atmosferan karbono dioxidoa metatuz gero Lurraren kliman izan ditzakeen aldaketak direla eta.

Normala da petrolio eta ikatzaren edo haien deribatuen errekuntzan oinarrituriko energia lortzeko prozesuetan agertzea.

e) Hidrokarburoak eta konposatu organiko hegazkorak (KOH)

Hidrokarburoen bariedade handia dago, hasi metanotik eta kate luzeko konposatuetaraino. Atmosferan, hidrokarburo lurrunkorrek C₁-tik C₁₀-era doaz. Nagusiak alkanoak, alkenoak, aromatikoak eta espezie oxigenatuak dira; aldehidoak, zetonak eta alkoholak.

Hidrokarburoak garrantzitsuak dira berezko duten toxikotasunarengatik, bai eta oxidatzaile fotokimikoen (kutsatzaile sekundariok) aitzindariak direlako ere (O₃, PAN).

Konposatu organiko lurrunkorrak edo hegazkorrak sustantzia organikoak lurruntzean sortzen dira: Adibidez, dioxinak eta furanoak kloroa duten konposatu kimikoen tratamenduan sortzen dira.

Iturri naturalak: Landarediak zuzenean igorritakoak, prozesu biologikoak, jarduera geotermikoak eta ikatzaren, gas naturalaren eta petrolioaren meategiek askaturikoak.

Iturri antropogenikoak: garraioa, errekuntzan erretzen ez diren hidrokarburoak, prozesu industrialetako galerak (petrolio-findegiak, ke-beltzaren fabrikazioa), hondakin solidoen errekuntza, disolbatzaile organikoen lurrunketa, basoetako suteak, arroz-soroetatik, nekazaritza-ustiapenetako hondakinetatik eta hiriko hondakin solidoen zabortegetatik eratorritako metanoa.

Eraginak

Hidrokarburo aromatikoak (bentzenoa eta toluenoa) alifatikoak baino arriskutsuagoak dira. Lurrunak askoz ere narritagarriagoak dira muki-mintzentsat, eta inhalatutakoan lesio sistematikoak eragin ditzakete.

f) Partikulak

Talde honetan kutsadura arazo larriak sor ditzaketen eta airean azaltzen diren partikula solido eta likido tantak sartzen dira. Partikula solido eta likido hauek airean osatzen duen dispersioa aerosola deitzen da (kedarra, hautsa, keak eta lainoak osatzen dituzte). Bere konposizioan metalak, konposatu organikoak eta inorganikoak sartzen dira.

Partikulak bere tamainuaren arabera sailkatzen dira (osasunarentzat kaltegarrienak diren partikulak txikienak dira).

Partikula jalkikorak $> 30 \mu\text{m}$

Partikula-esekiak $< 30 \mu\text{m}$

PM₁₀- Partikulen diametroa $< 10 \mu\text{m}$ (partikula arnasgarriak)

PM_{2,5}- Partikulen diametroa $< 2,5 \mu\text{m}$

Iturri naturalak:

Lurreko hautsa, basoko edo/eta nekazaritzako suteak, itsas partikulak, sumendiak. Iturri nagusiak naturalak dira.

Iturri antropogenikoak:

Lehen mailakoak: nekazaritzako errausketak, garraioa, erregaien errekuntza iturri geldikorretan, prozesu industrialetako galerak (mineralak zeru zabalean erauztea, zementua eta karearen fabrikazioa, burdina eta altzairuaren fabrikazioa), zentral termikoak.

Eboluzioa atmosferan:

Atmosferan dauden partikula guztiak lurrera bueltatzen dira bi mekanismoen bidez:

- Deposizio lehorra: prozesu honetan partikulak beraien artean edo azalera batekin talka egiten dute.
- Deposizio hezea: euriak edo elurrak partikulak lurrazalera eramaten dituen gertatzen den prozesua da.

Eraginak:

Landareetan: landarearen fotosintesia oztopatzen du, eguzkiaren argia sartzea eragozten du eta atmosferan CO₂ trukatzeko prozesua kaltetzen du. Konposatu kimiko kaltegarriak dituzten landareek zeharkako eraginak izan ditzakete jaten dituzten animalien gain.

Gizakiarengan: Bere eragina osasunean tamainaren arabera ematen da baino konposizioa ere kontutan hartu behar da. Arnas traktuan diametroko 50 µm baino gehiago dituzten partikulak inhalatutako airetik iragazten dira, baina 0,5 µm baino txikiagoko diametroa duten partikulak biriketan sar daitezke. Bere konposizioan metal astunak (Hg, Pb, Be, Cd, Ni) sartzen direnean gaixotasun kardiobaskularrak, burmuinean kalteak, biriketan metatzea eragin dezakete.

Materialetan: Haizeak garraiatutako partikulak materialetan erori egin daitezke garbitzeko premia sortuz. Partikulak korrosiboak badira kalte kimikoak eragin ditzakete. Sufrea duten konposatuak daudenean are gehiago bizkortzen dute korrosioa.

g) Halogenoak eta konposatu halogenatuak: Cl₂, HCl, HF, CFC,...

Gas halogeno hauen deribatuak dira: fluorra (F₂), kloroa (Cl₂), bromoa (Br₂) eta iodoa (I₂). Horietako batzuek oso egitura kimiko sinplea dute (kloroak, hidrogeno-kloruroak, hidrogeno-fluoruroak ...) eta beste batzuk, ordea, konplexuagoa, adibidez: pestizida organokloratuak, klorofluorokarburoek, etab.

Altzairuaren, aluminioaren eta beiraren fabrikazioan agertzen dira, industria kimikoan, hondakinen errausketa-plantetan eta beste industria askotan ere bai. Konposatu horiek oso errektiboak dira zenbait kasutan (hidrogeno-kloruroa), eta beste batzuetan landareetan metatzen dira eta horiei erasotzen diete edo gizaki eta animalietan kaltzioa metabolizatzea eragozten dute.

Talde horretan klorofluorokarburoak (CFC) ozono-geruzaren murritzean eta negutegi efektuan eragin handia dute. CFC-ak kimikoki egonkorak dira eta halokarbonoak luzean egoten dira atmosferan (batez besteko biziraupena, 100 urte). Gainera, ez toxikoak, ez-sukoiak eta disolbatzaile onak dira. Bere iturria ez da naturala: spray-etan, hotz-industrian, eta aparretan erabiltzen dira.

h) Metal astunak

Masa atomiko eta dentsitate handiko elementu kimikoak dira, partikula modura eta kontzentrazio txikietan daude atmosferan. Oso arriskutsutzat hartzen dira, ez baitira degradatzen kimikoki ez biologikoki. Hortaz, elikagai-kateetan metatzen dira. Kaltegarrienen artean beruna, kadmioa eta merkurioa daude. Metalurgian, gainazal-tratamenduan, etab. sortzen dira.

2.3 Bigarren mailako kutsatzaileen jatorria eta eraginak

Lehen mailako kutsatzaileak beraien artean erreakzionatzen dute ur-lurrina eta eguzki-erradiazioaren presentzian kutsatzaile sekundarioak emanez. Gertatzen diren erreakzioei erreakzio fotokimikoak deitzen zaie.

Eguzki-erradiazioa indartsua denean hidrokarburoak NO_x-ekin erreakzionatzen dute eta erreakzio hauen ondorioz sustantzia berri asko sortzen dira: ozonoa, aldehidoak, peroxiazilo nitratoak (PAN). Sortzen diren bigarren mailako kutsatzaile hauek

kutsatzaile (edo oxidatzaile) fotokimikoak dira. Erreakzio fotokimiko hauek troposferan gertatzen dira.

Gertatzen den erreakzioa honako hau da:

Hidrokarburoak+NO_x+eguzki-erradiazioa → laino fotokimikoa

Ozonoa da kutsatzaile fotokimiko nagusia. Isuriketa gertatzen denean aire-nahaste horretan hasieran nitrogeno oxidoak eta hidrokarburoak daude, azkenean jatorrizko nahastean ez zeuden konposatuak eta troposferako ozono-maila handiak agertzen dira. Sortutako nahaste honi “smog fotokimikoa”, “smog lehorra” edo “laino fotokimikoa” deitzen zaio (smoke+fog). Smog fotokimikoen konposizioan: nitrogeno oxidoak, hidrokarburoak, ozono eta beste konposatu oxidatzaileak sartzen dira.

Hiriguneetan smog fotokimikoa ematen duten sustantzien kontzentrazioa egunen zehar aldatzen da. Lehenengo ordutan NO eta hidrokarburoen kontzentrazioak handiak dira. Eguerdian eguzki-erradiazioa sendoagoa denez NO eta hidrokarburoen kontzentrazioak txikiagoak dira eta NO₂ eta oxidatzaileen kontzentrazioak handitu egiten dira. Hau dela eta, hiriguneen atmosferaren konposizioa ez da berdina egunez eta gauez.

Eguzki-erradiazio sendoa eta kutsatzaileen sakabanaketa ahula prozesu hau indartzen duten faktoreak dira.

Konposatu hauek oso toxikoak dira eta oxidatzaileak dira (oxigenoak erasotzen ez dituen materialak eraso ditzakete). Osasunean kalteak eragin ditzekete: arnas-sisteman, begietan. Landareei eta materialeei ere erasotzen diete (adibidez, kautxoa).

Kontutan hartu behar da estratosferan ozonoaren kontzentrazioa altua izan behar duela Lurra eguzkitik datozen erradiazio arriskutsuak xurgatzeko. Baina, troposferan osatzen den ozonoa kutsatzaile sekundarioa da. Beraz, troposferan sortutako ozonoa, oxidatzailea eta toxikoa da eta bere kontzentrazioa handitu ez dadin komeni da.

Zenbait industriren kutsaduraren adibideak

Altzairugintzan sortzen diren emisioak bi eratakoak dira:

- i) *Emisio primarioak edo ke primarioa*: Arku elektrikoko labetik edo metalurgia sekundarioko prozesuetatik zuzenean sortzen diren partikula solidoak eta gasak.

ii) *Emisio sekundarioak edo ke sekundarioa*: eragiketan atxikitzen ez direnak eta kontrolatzen zailak direnak diren partikula solidoak eta gasak dira. Hauek txatarra erabiltzean, labea kargatzean, altzairua galdatzean,.... ihes egiten dute.

Gasak eta sortzen diren partikulak: partikula solidoak, konposatu organikoak, konposatu organiko lurrunkorrak, HCl, CO, Metal astunak, bentzenoa, NO_x, SO_x, dioxinak eta furanoak.

Karearen sektorean kareharria garraiatu, kaltzinatu, eho, sailkatu, ontziratu eta bildu egiten da. Kaltzinazio-prozesuan sortzen diren kutsatzaileak PM₁₀, CO, CO₂, NO_x eta SO_x dira. Beste eragiketetan kutsatzaile nagusiak PM₁₀ partikulak dira.

Burdinazko metalen eraldaketaren sektorean ekoizpen-prozesuaren etapa nagusiak eta sortutako kutsatzaileak honako hauek dira:

Gainazalari akatsak kentzea: PM₁₀, SO_x, CO₂, metal astunak

Metala berotzea: PM₁₀, SO_x, CO₂, metal astunak

Ijezketa-trenan sartzea: KOH, PM₁₀, metal astunak

Akabera-eragiketak: PM₁₀, metal astunak

Zementua ekoiztean isurtzen diren kutsatzaileak honako hauek dira. :

- Fabriketan eta hautsa atxikitzeke iragazkietan dauden hauts-itxurako materialak biltegitratzean, garraiatzeanneta erabiltzean sortzen diren partikulak.

- Errekuntza-gasetako eta lehengaien deskarbonatazioko CO₂.

- Errekuntza-gasak: nitrogeno-oxidoak (NO_x) eta sufre-oxidoak (SO₂).

Gainera, lehengai-motaren arabera metalak, konposatu organiko lurrunkorrak, CO eta kloro- eta fluor- konposatuak sor daitezke.

3- KUTSADURAREN ERAGIN GLOBALAK

Ikuspuntu **globaletik**, atmosferako ingurugiroak jasaten dituen eragin nagusiak hauek dira:

- a) Klima-aldaketa gerta daiteke, berotegi-efektua bultzatzen duten gasen igorpenak direla eta
- b) Estratosferako ozono-kantitatea murriztea, agian troposferara zenbait konposatu organokloratu igortzearen ondorioz
- c) Poluitzaileak distantzia handietan garraiatzea eta ondoren euri azido gisa hauspeatzea

3.1- Berotegi-efektua

Berotegi-efektua lurrazalaren berotze prozesuan atmosferak duen eragina azaltzeko erabiltzen den terminoa da. Atmosferak ez du xurgatzen eguzkitik iristen den erradiazio ikusgarria. Lurrazalak egunez erradiazio hau xurgatzen du eta gaez igorri egiten du uhin luzeko infragorria bezala. Atmosferan dauden gas batzuk erradiazio hori xurgatu eta beroan bihurtzen dute. Horrela, atmosfera tapaki baten joera du eta Lurraren hoztea ekiditzen du, Lurrak bueltatzen duen energiaren zati bat berreskuratuz. Efektu honi berotegi-efektu naturala deitzen zaio.

Berotegi-efektu naturalari esker Lurreko batezbesteko temperatura 15°C-tako da. Efektu hau gabe -18°C-tako izango litzateke.

Atmosferaren osagai nagusiak (oxigeno eta nitrogeno) ezin dituzte xurgatu Lurrak igortzen dituen izpi infragorriak. Kantitate baxuetan dauden osagaiak (CO₂, CH₄, N₂O, CFC, ur-lurrina, O₃) eta ur lurrina dira ekintza hau betetzen dutenak. Kontutan hartu behar da gas hauen kontzentrazioa gizakien aktibitateekin asko aldatzen direla.

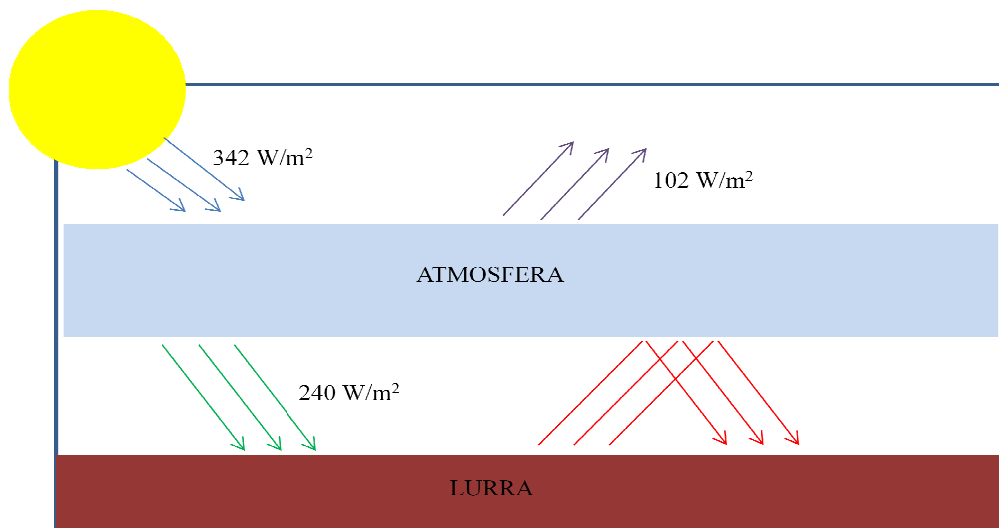
Gaur egun, berotegi-efektu gasen (BEG) kontzentrazioak oso altuak dira eta gelditu gabe handitzen ari dira. Xurgatzen duen beroa eta horrek dakarren berotegi-efektua bere kontzentrazio eta infragorri izpiak xurgatzeko duen gaitasun menpean dago. Bere kontzentrazioak zenbait gizakien jardura batzuekin (industria, garraioak, ...) igo egiten da. Materiaren zikloak ere kontutan hartu behar dira sustantzia hauek igorri eta

xurgatzen bait dituzte. BEG-en kontzentrazioa handitzen bada Lurreko temperatura igo egiten da.

Eragin handiena duen gasa karbono dioxidoa da (berotegi-efektuaren %80 ematen du). CO₂ ez da kutsatzailea, airearen osagai naturala delako eta landareen fotosintesiarengatik materia organikora pasatzen da. Organismo aerobikoak igortzen dute arnasketan. Bere ziklo naturalarengatik egunean eta urtaroeekin aldatu egiten da bere kontzentrazioa. Ozeanoak CO₂ xurgatu dezakete bere kontzentrazioa jeitsiz. Hau gasa uretan disolbagarria delako gertatzen da eta itsas hondoan pilatzen da edo itsas-animalien oskolak osatuz.

CO₂ erregai fosilak erretzen direnean eta, zementuaren produkzioan eta deforestazioan handitu egiten da. Fotosintesia eta itsasoan gertatzen den biltegiatze prozesuak ez dira nahikoak jarduera antropogenikoetan sortzen den gas totala xurgatzeko.

Metanoa (CH₄) garrantzi handia dauka berotegi-efektuan eta bere produkzioa azkeneko urtetan igo egin da honako prozesuengati: abereen digestio-aparatuan gertatzen den fermentazioa, arroz-soroak, oliobideetan gertatzen diren ihesak, hondakin solidoen zaborteak eta biomasaren erreketak.



Irudia 2. Eguzki-irradiazioaren balantzea.

3.2- Ozono-kantitatea murriztea

Eguzkitik datorren kaltegarria den erradiazio ultramorearen %10 bakarrik iristen da lurrazalera, estratosferan dagoen ozono-geruzari esker. Ozono-geruza denbora guztian

osetzen eta suntsitzen ari da oreka naturalean mantenduz. Batez ere Ekuadorean osatzen da, baino estratosferaren haize bortitzak garraiatzen dute eta poloen gainean kontzentrazio handiena lortzen da.

Estratosferako ozono-geruzaren murriztea gertatzen ari dela ikusi da eta prozesu honetan parte hartzen duten agenteak NO_x eta CFC-ak dira. Prozesu honetan altuera handian erabiltzen diren hegazkinak eta froga nuklearrak estratosferaran isurtzen den NO_x-ak dute eragina. NO_x-ak O₃-ari erasotzen diote oxigeno molekularra sortuz eta, berez, ozonoaren kontzentrazioa txikiagotuz.

CFC-ak troposferan isurtzen dira baino egonkorrak direnez eta batez besteko biziraupena luzea dutenez (100 urte) aldatu gabe iristen dira estratosferara. Konposatu hauek estratosferan energia altuko ultramoreak xurgatzen dute bere loturak hautsiz eta, kloro aktiboa emanez. Kloro molekula batek 1000 ozono molekula suntsitzen ditu. Gaur egun CFC-ren erabilera debekatuta dago.

Ozono-geruzaren suntsiketa progresiboak erradiazio ultramorearen handitzea dakar eta horrekin azaleko minbizia, kalteak begietan, sistema immunologikoa haultzea eta abar gertatzen dira.

3.3- Euri azidoa

Kutsatu gabeko euriaren pH- azidoa da (5,6) atmosferan dagoen CO₂-arengatik. Euria H⁺ ioiekin konbinatzen denean bere pH azidoagoa egin daiteke eta euria azidoa dela esaten da. Igorritako SO_x eta NO_x-ak atmosferan urarekin erreakzionatzen dutenean azido sulfuriko (H₂SO₄) eta nitriko (HNO₃) osatzen dira. Azidoa duten euri tantak lurrera erortzen direnean euri azidoa ematen dute. Tanta azidoak lur edo ihintzea ere eman dezakete.

Euri azidoen efektu negatiboak kutsatzaileak igortzen duten fokutik oso urruti ager daitezke. Kutsadura ezabatzeko erabili diren tximini altuak kutsatzaileen garraioa errazten dute baldintza atmosferikoaren arabera. Itsasoan lurrenketan osatzen diren katioi batzuk (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ eta NH⁴⁺) euri azidoa neutralizatu dezakete.

Euri azidoa ez da kaltegarria gizakien osasunerako baino ekosistemetan eragin handia dauka (lurzoruetan, landareetan eta uretan).

Lurzoruetan azidifikazioa eta bertan gertatzen diren prozesu kimikoen alterazioa dakar. Hala ere, efektuak ezberdinak izan daitezke lurzoruaren konposizio minerologikoa eta humus kantitatearen arabera. Lurzoru basikoetan kalteak txikiagoak dira, sustantzia alkalinoak uraren azidotasuna neutralizatzen dutelako. Lurzoru azidoetan neutralizazioa ez da gertatzen eta kalteak larriagoak dira. Humus kantitate altua duten lurzoruetan euri azidoen eragina ahuleagoa da, humusaren osagai alkalinoak eta ioi metalikoak azidotasuna neutralizatzen dutelako.

Euri azidoa landareetan ere eragina dauka, batez ere koniferoak ostoa galtzen dituzte era horrela basoen desagertzea eman daiteke.

Erreka eta aintziratan euri azidoaren eragina azkarra da, uretan dauden organismoak oso sentikorrek bait dira pH-aren jeitsieraren aurrean. Uretan dagoen CO₂-aren kontzentrazioa handitzen denez organismoak ezin dute arnasa hartu eta hil egiten dira. Kalte hauek txikiagoak egin daitezke urak berrituz eta lurzoru kalizoak duten faktore neutralizatzaileekin eta azido humikoekin. Prozesua jarraitzen badu aintziraren hiltzea gera daiteke batez ere aintziraren hondoko harriak neutralizatu dezakeen kaltzio portzentai baxua badute.

Euri azidoak kareharriaz egindako eraikinetan, estatuatan, etab, eragina dauka (harriaren gaixotasuna).

Gas naturalak ikatzak baino sufre gutxiago dauka horregatik ikatzak eragina handiagoa dute euri azidoan. Baino bai gas naturalak bai ikatzak erretzerakoan CO₂ ematen dute berotegi-efektua eraginez.

4.- AIREAREN KUTSADURA ETA METERELOGIA

4.1- Emisioa eta inmisioa

Kutsatzaileak atmosferan duten kontzentrazioa neurtzeko hurrengo faktoreak hartu behar dira kontutan:

Emisioa: Kutsatzailearen kontzentrazioa igorlearen (fokua) irteeran neurtutakoa.

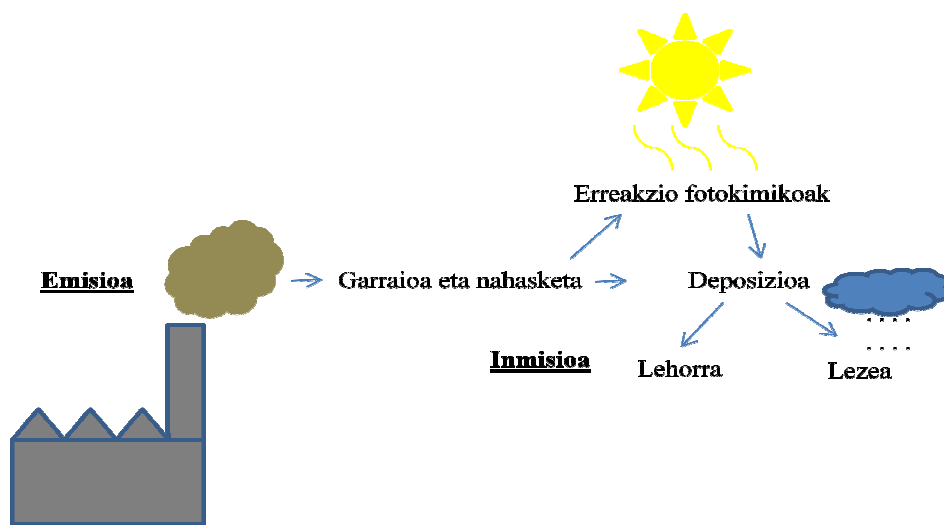
Inmisioa: kutsatzaile batek lurzoru-mailan duen kontzentrazioa da, denbora bateko edo etengabe neurtuta. Isurketa eragiten duen fokutik urrunduta neurtzen den kutsatzailearen kontzentrazioa.

Inmisio-maila kutsatzaileen sakabanatze araberakoa izaten da. Sakabanatze edo barreiatze honetan eragina duten faktoreak honako hauek dira: igorpen baldintzak, kutsatzailearen izaera, meteorologia eta faktore topografikoak.

Orokorrean kutsatzaileak tximinia luzeen bitartez dispersatu egiten dira eta kontutan hartu behar diren faktoreak hurrengoak dira: igorritako gasen emaria, kutsatzaile-karga, gasen tenperatura eta abiadura, tximiniaren diametroa eta altuera.

Kutsatzaileen izaera fisiko-kimikoa kontutan hartuz gasak errezago garraiatzen dira eta partikulak metatzeko joera dute.

Kutsatzaileen sakabanaketan eragina duten faktoreak hurrengo ataletan azalduko dira.



Irudia 3. Emisio eta inmisio kontzeptuak.

4.1- Egoera meteorologikoa

Eragin handia duten faktoreak honako hauek dira: airearen tenperatura, tximiniaren altueran aireak duen abiadura (honek kutsatzaileen sakabanatze horizontala ematen du), airearen norabidea, erradiazioa eta tenperatura-gradiente bertikala (honek kutsatzaileen sakabanatze bertikalarekin erlazionatuta dago).

Orokorrean airearen tenperatura altuerarekin jeisten da. Baldintza adiabatikoetan tenperatura 100 m-ko 1 °C jeisten da eta aldaketa honi gradiente adiabatikoa deitzen zaio (bertikalean era adiabatikoan mugitzen den aire-burbuila lehor bat 100 m-ko 1 °C hozten da). Atmosferaren egonkortasuna kutsatzaileen sakabanatze bertikala kontrolatzen du. Egonkortasuna haizearen abiadurarekin eta airearen tenperaturaren aldaketarekin (gradiente termikoa) lotuta dago. Bereziki, egonkortasun bertikala, atmosferaren gradiente adiabatikoaren eta gradiente errealaren arteko erlazioaren baitan dago.

Hiru maila bereizten dira: **egonkorra**, **neutroa** eta **ezegonkorra**.

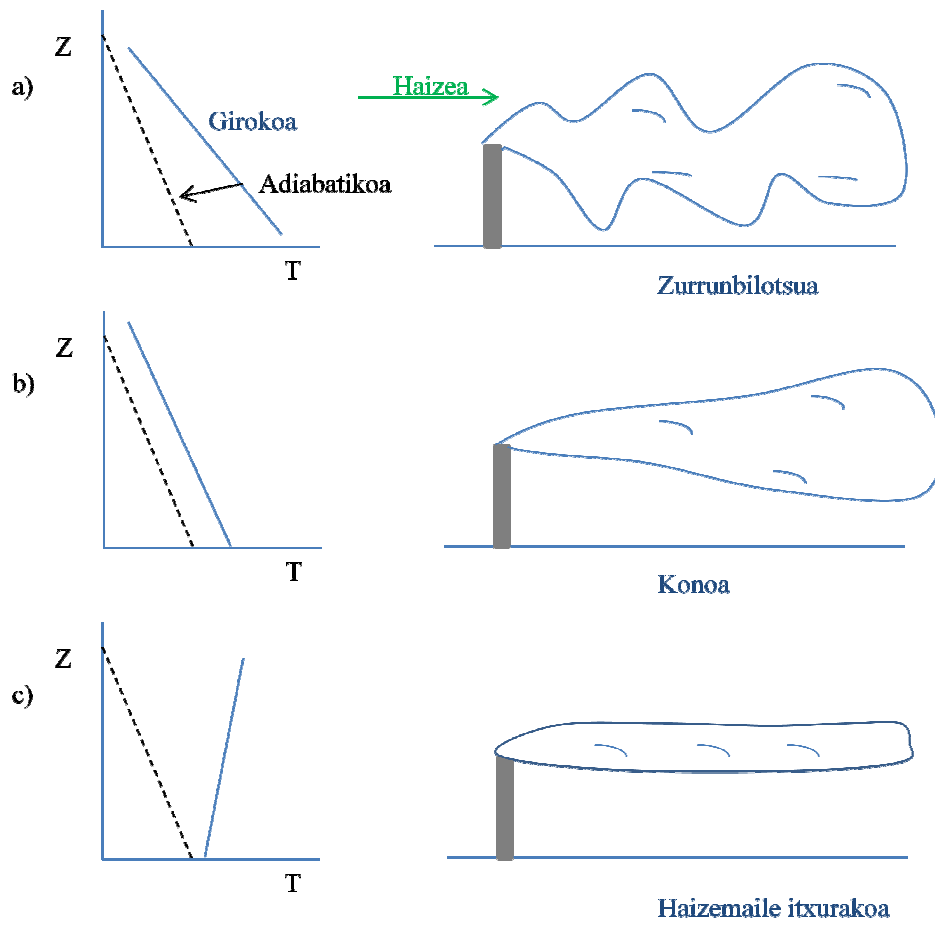
Eguzkiaren erradiazioaren eraginez lurrazala egunero berotu eta hozteko zikloaren, eta batetik eta bestetik datozen aire-masak nahastearen ondorioz, airearen tenperaturaren balioa aldatu egiten da altueraren arabera.

Atmosfera neutroa: mugimendu bertikalak ez galarazi, ez ugaltzen dituen da. Hau, atmosferaren gradiente erreal eta gradiente adiabatikoa berdinak direnean gertatzen da. Gas mototsa kono baten itxura hartzen du.

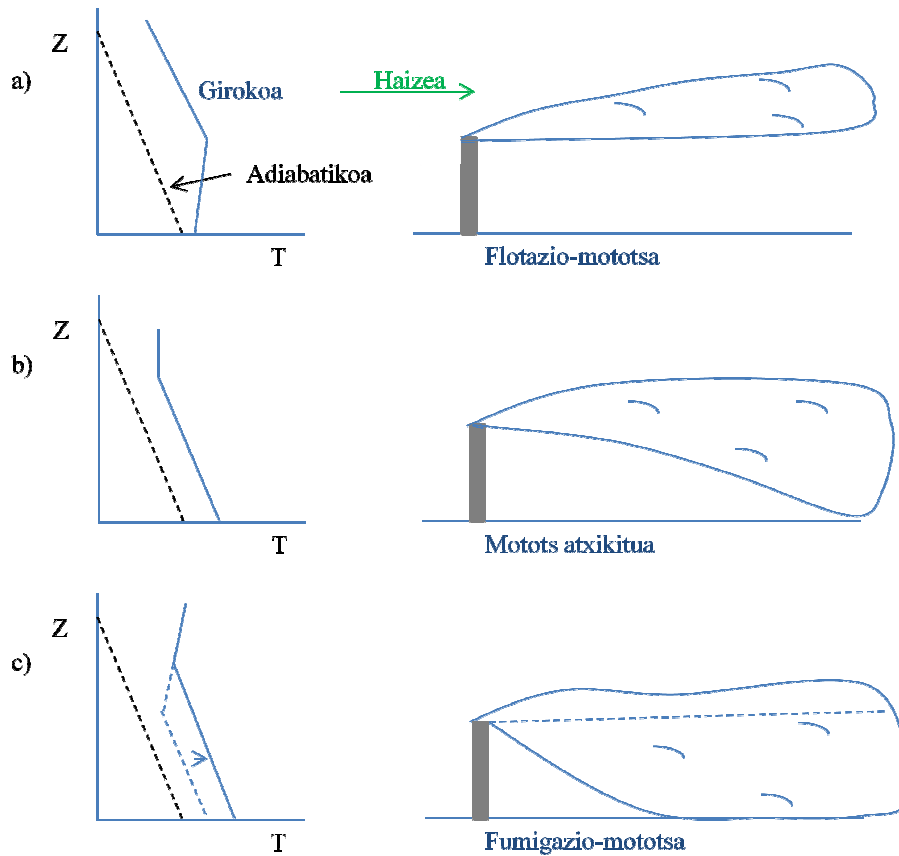
Atmosfera ezegonkor: mugimenduak ugaltzen ditu. Airearen tenperatura azkarrago jeisten da gradiente adiabatikoarekin konparatuz. Kasu honetan kutsatzaileak asko sakabatzen dira eta inmisio-maila txikiagoa izaten da mototsa sugearen era hartuz barreiatzen delako.

Atmosfera egonkorra: mugimendu bertikalak galarazten dituen atmosferari esaten zaio. Hemen, atmosferaren gradiente adiabatikoa baino txikiagoa da eta azpiadiabatikoa dela esaten da. Bi kasu daude: tenperatura altuerarekin ez bada aldatzen gradiente termiko bertikalari isotermikoa deitzen zaio. Tenperatura altuerarekin igo egiten bada gradiente termiko bertikalari inbertsioa deitzen zaio eta mototsa tutu luzatuaren era hartzen du. Kasu honetan kutsaduraren efektuak handitu egiten dira kutsatzaileen mugimendu bertikala osotara gelditzen baita.

Inbertsio termikoa baldintzak lehorrak eta eguzki-intentsitate handikoak direnean gertatzen da. Honek smog-a gertatzea ekartzen du.



Irudia 4. Atmosferaren egonkortasuna: a) ezegonkorra, b) neutroa, c) egonkorra.



Irudia 5. Atmosferaren egonkortasuna: a) inbertsio termikoa behealdetik, neutroa goikaldetik, b) inbertsio termikoa goikaldetik, neutroa behealdetik, c) inbertsio termikoa goikaldetik, neutroa behealdetik.

4.2- Faktore topografikoak

Itsasoaren eragina: Lurraren bero espezifikoa urarena baino baxugoa da. Egunean zehar lurra itsasoa baino azkarrago berotzen da, orduan haizearen mugimendua itsasotik Lurrera gertatzen da (itsas brisa). Gauean, berriz, lurra azkarrago hozten da eta haizea lurretik itsasora mugitzen da.

Mendiak eta haranak: Egunean zehar mendi tontorra bere ondoan dagoen airea baino gehiago berotzen da. Orduan airea mendiarekin kontaktuan jartzen denean berotu egiten da arantetik mendira doan brisa sortuz. Gauez, mendia azkarrago hozten denez brisa alderantzizko noranzkoan mugituko da.

Hirien eragina: hiriak “uharte termikoak” osatzen dituzte. Berogailu eta garraioengatik hiriko tenperatura inguruarena baino altuagoa da, eta airea hirietatik ondoko gunetara ez da zabaltzen kutsatzaileen sakabanaketa oztopatuz.

6- KUTSADURAREN KONTROLA

6.1- Iturri geldikorren kontrola

Gas korronteen kutsatzaile-kontzentrazioa kontrolatzeko hurrengo teknikak erabil daitezke:

- Dispersioa: altuera handiko tximinien bidez kutsatzaileak diluitu egiten dira, bere kontzentrazioa araudia onartzen duen inmisio-baloreak lortuz.
- Prozesua aldatzea: prozesua, lehengaiak edo erregaia aldatuz atmosferara igortzen diren kutsatzaileen kontzentrazioa txikiagoa egin daiteke. Enpresak prozedurak aldatu behar dituzte Teknika Erabilgarri Onenak erabiliz (Best Available Techniques, BAT).
- Kontrol-teknikak: kutsatzaileen kontzentrazioa txikiagoa egiten dituzten prozesu fisiko edo kimikoak erabiltzen dira.

6.1.1- Kutsatzaile gaseosoak

Prozesu fisikoak eta kimikoak erabil daitezke. Prozesu fisikoetan kutsatzailea fase berri batera transferitzen da (likidoa edo solidoa). Prozesu kimikoetan kalte gutxiago eragiten duten sustantzietan bihurtzen dira. Orokorrean, absortzioa, desortzio eta erreketak prozesuak erabil daitezke.

a) Absortzioa (Prozesu fisikoa)

Teknologia honetan kutsatzailea fase gaseosotik likidora transferitzen da. Gas-likido faseen arteko masa-transferentzian oinarritutako prozesua da non gasa likidoan disolbatzen den. Masa-transferentzia difusio prozesua da eta gas kutsatzailea kontzentrazio handiko puntutik kontzentrazio baxuko puntuetara joaten da. Kutsatzaile gaseosoaren ezabaketa (eliminación) hiru etapatan egiten da:

- a- Kutsatzaileen difusioa likidoaren azalerraino
- b- Gas-likido interfaseen arteko transferentzia (disoluzioa)

c- Disolbatutako gasearen difusioa likidoraino

Gas-absortzioan erabiltzen diren ekipoa bi motatakoak dira: spray-ganbarak eta dorreak. Spray-ganbaratan likido tantak gasa absorbitzeko erabiltzen dira. Dorreetan likidoaren filme mehea erabiltzen da gasa absorbitzeko. Edozein ekipoa kutsatzailearen solubilitatea likidoan handia izan behar du. Disolbatzaile bezala ura erabiltzen bada gas batzuk bakarrik absorbitu daitezke: NH_3 , Cl_2 eta SO_2 . Spray dorreak ez dira oso eraginkorrak baino partikulak ere ezabatzen dituzte. Dorreak askoz eragingorragoak dira gasak absorbitzeko baino partikula solidoekin trabatu egiten da.

Prozesuak Henry-ren legea betetzen du:

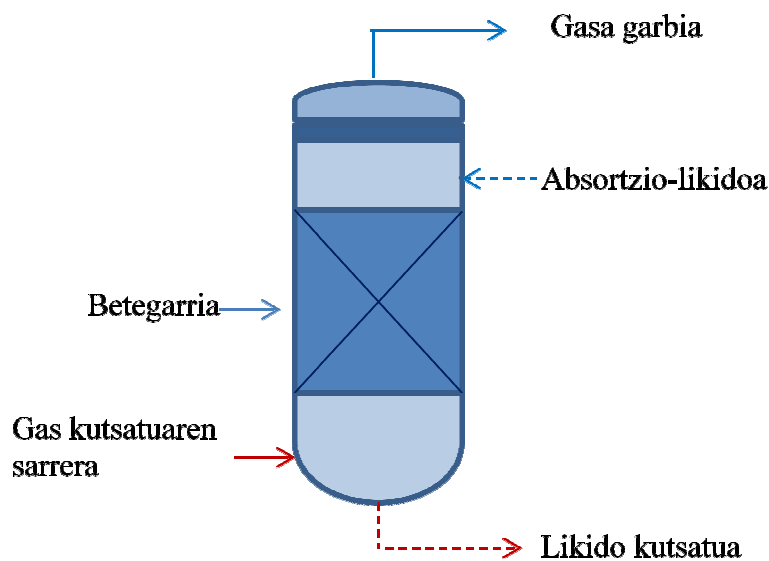
$$P_g = K_H C_{\text{oreka}}$$

Non: P_g = likidoarekin orekan dagoen gasaren presio partziala (kPa)

K_H = Henry-ren konstantea ($\text{kPa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)

C_{oreka} = kutsatzailearen kontzentrazioa fase likidoan ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)

Gasa eta likidoa kontrakorrantean edo paraleloan zirkula dezakete. Prozesu honetan likidoak jarraian eramaten du kutsatzailea eta gas korrontetik kendu egiten du.



Irudia 6. Absortzio-dorrea.

b) Adsortzioa (Prozesu fisikoa)

Masa-transferentzia prozesua da non gas bat solido batekin elkartzen den. Gasa solidoen poroetan sartzen da eta fisikoki (lotura elektrostatikoa) edo kimikoki (erreakzio kimikoa) lotuta egon daiteke. Prozesua adsorbatzailea duen ohantze finkoko dorreetan egiten da. Erabiltzen diren adsorbatzaileak: ikatz aktibatua, alumina aktibatua,... dira. Sustantzia hauek azalera aktiboa oso handia dute aktibatze tratamendu ondoren. Kontutan hartu behar diren faktoreak adsorbatzaile/gasa sistemaren natura eta adsorbatzailearen porositatea eta azalera. Hidrokarburoak, H₂S eta SO₂ tratatzeko erabiltzen dira. Tratatu aurretik gasari ura kendu behar zaio adsorbatzailea desaktibatu egiten baitu.

Prozesu honetan adsorbitutako kutsatzailea ohantzean metatzen da. Denborarekin ohantzea asetu egiten da eta kutsatzailea ohantzetik ateratzen hasten da. Ohantzearen adsortzio-ahalmena betetzen denean sarrerako eta irteerako kontzentrazioak berdinak izango dira. Prozesua jarraiean eraman ahal izateko bi ohantze erabiltzen dira, bat kutsatzailea adsorbitzen duen bitartean bestea berriztatzen ari da.

c) Erreketa (Prozesu kimikoa)

CO eta hidrokarburoak erretzeko erabiltzen da prozesu hau. Errauste zuzena eta katalitikoaren bidez egin daiteke.

Errauste zuzenean gasa erregailuetan erre egiten da. Gasen kontzentrazioa handia denean erabiltzen da, horrela, erreketa mantendu daiteke. Gainera lortutako produktuek ez toxikoak izan behar dira teknika hau aplikatzeko.

Errauste katalitikoa gasen kontzentrazioa baxua denean erabiltzen da. Katalisatzaileak platino eta paladiozko konposatuak izaten dira eta zeramika gainean eutsita ohantzeetan jartzen dira. Katalisatzaileak garestiak dira eta pozoindu egiten dira gasak sufre eta berunen aztarnak dituenetan.

6.1.2- Teknika bereziak

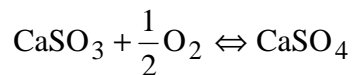
a) *Gasen desulfurazioa*

Errekuntza-gasa desulfuratzeko bi sistema erabiltzen dira: berriztagarriak eta ez-berriztagarriak. Ez-berriztagarrietan sulfuro oxidoak ezabatzeke erabiltzen den errektiboa erabili eta bota egiten da. Berriztagarrietan errektiboa berreskuratu egiten da berriz erabiltzeko edo saltzeko, baino oso gutxitan erabiltzen dira teknika hauek.

Sistema ez-berriztagarrietan errektibo bezala karea (CaO), sosa kaustikoa (NaOH), sodio karbonatoa (Na₂CO₃) edo amoniakoa (NH₃) erabiltzen dira.

Kareaharria erabiltzen denean: $\text{SO}_2 + \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2$

Sulfitoa errektuntza gasetan dagoen oxigenoarekin errektzioatzen du sulfatoa ez-disolbagarria emanez:



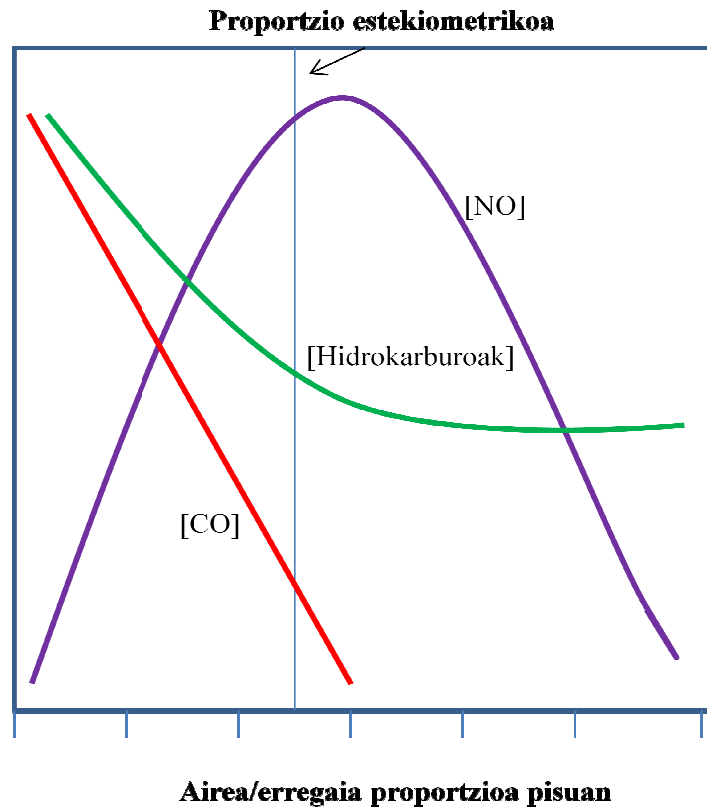
Adsorbatzaileak mota ezberdinekoak izan daitezke: spray-ganbarak, dorreak...

Spray-ganbaratan errektiboa gaseari tantetan injektatzen zaio. Errektibo tantatxoak SO₂ absorbitzen dute lehortzen direnean eta partikulak kolektorean biltzen dira.

b) Nitrogeno oxidoak kontrolatzeko teknologiak

NO_x-ak airearen oxigenoak eta nitrogenoak errektzionatzen dutenean eta nitrogenoak hidrokarburoekin errektzionatzen duenean sortzen dira. NO_x-ak kontrolatzeko erabiltzen diren teknologiak bi taldetan sailkatzen dira: errektuntza prozesuan NO_x-aren sortzea ekiditzen dutenak eta errektuntzan sortutako NO_x-a nitrogeno eta oxigenoan bihurtzen dutenak:

CO, hidrokarburo eta NO_x-en kontzentrazioa jeisteko ez da nahikoa aire/errektuntza proportzioa aldatzea. Proportzio hau igotzen denean CO-ren sorketa txikiagotu egiten da CO₂ gehiago lortzen delako, baino NO_x gehiago sor daiteke.



Irudia 7. NO, hidrokarburo eta CO-ren kontzentrazioaren aldaketa Aire/erregaia proportzioarekin.

1- Murrizketa: maila honetan sailkatzen diren prozesuak garraren tenperaturaren jeitsierak NO_x-aren formazioa gutxitzen duela hartzen dute kontutan. Hau lortzeko honako aukerak erabiltzen dira

- Prozesuaren tenperaturak minimizatzea: erregaiaren kontsumoa eta NO_x-aren formazio jeitsi egiten dira.
- Erregaia aldatzea: tenperatura baxuagotan erretzen den erregaia erabiltzea NO_x-aren formazioa gutxituko du. Adibidez, kokeak ikatzak baino nitrogeno gutxiago dauka eta tenperatura baxuagotan erretzen da. Gas naturalak ez dauka nitrogenorik baino sugar-tenperatura altua behar du eta ikatzak baino NO_x gehiago sortzen du.
- Aire gutxiago erabiltzea: horrela oxigenoaren kontzentrazioa txikiagoa da eta sugar-tenperatura maximoa jeitsi egiten da.
- Errekuntza bi etapatan eta NO_x gutxiko erregailuak erabiltzea: errekuntza aire/erregaia erlazio baxuarekin hasten da (estekiometrikoa baino txikiagoa),

horrela nitrogenoaren oxidazioa txikiagotu egiten da. Bigarren etapan erreakzioa tenperatura baxuetan egiten da.

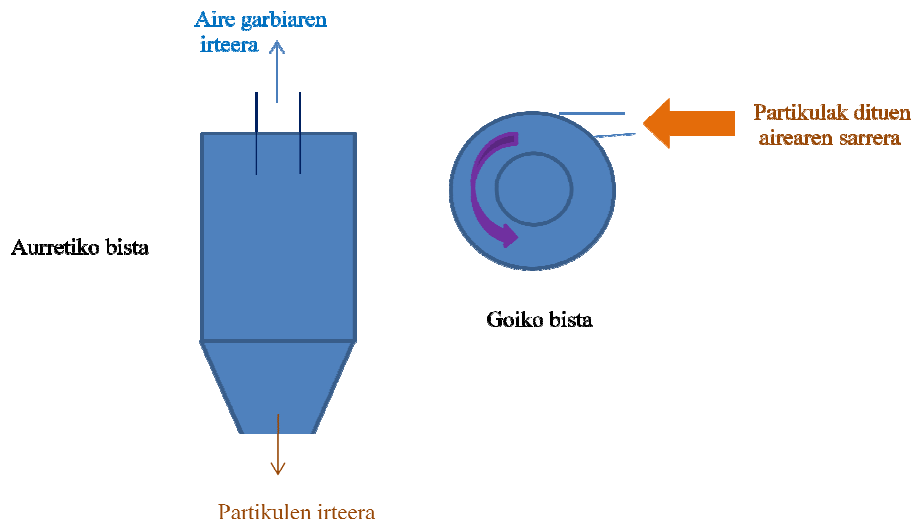
- Ura eta lurrina injektatzea: su-gar tenperatura jeisten denez NO_x-en isuriketak gutxitu egiten dira.

2- Erredukzioa: nitrogeno gaseosoan bihurtzen dira NO_x-ak. Horretarako hiru prozesu erabiltzen dira.

- Erredukzio katalitiko selektiboa: errekuntza ondoren amoniakoa injektatzen da katalisatzailearen ohandzean (Platino-zeolita). NO_x-ak amoniakoarekin erreakzionatzen dute N₂ eta ura emanez.
- Erredukzio ez katalitiko selektiboa: erreketa gasari amoniakoa edo urea injektatzen zaio eta horrela NO_x-ak N₂ eta ura ematen dute.
- Erredukzio katalitiko ez selektiboa: prozesu honetan katalisatzaile bat erabiltzen da NO_x-ak kontrolatu eta gainera hidrokarburoak eta karbono moxidoa CO₂ eta uretan bihurtzen dituenak.

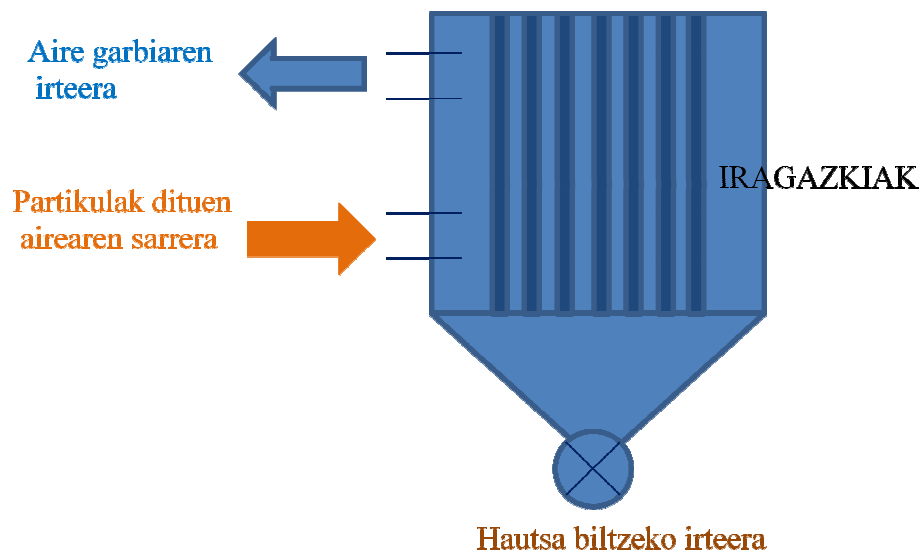
6.1.3- Partikulak

- a) **Zikloiak:** haizagailu batek partikulak dituen gas korrontea azeleratzen du eta energia zentrifugoa duten partikulak zikloi zilindrikoen paretekin talka egiten dute. Partikulak konoaren hondora erori egiten dira eta hauts-biltegi batean jasotzen dira. Partikula handiak bereizteko erabiltzen da (10 μm). Zikloiaren diametroa handituz bilketaren efizientzia handitzen da baino honek gasa kolektoretik pasazteko behar den potentzia handitzea dakar. Efizientzia handitzeko potentzia kontsumoa handitu gabe multizikloiak erabiltzen dira.



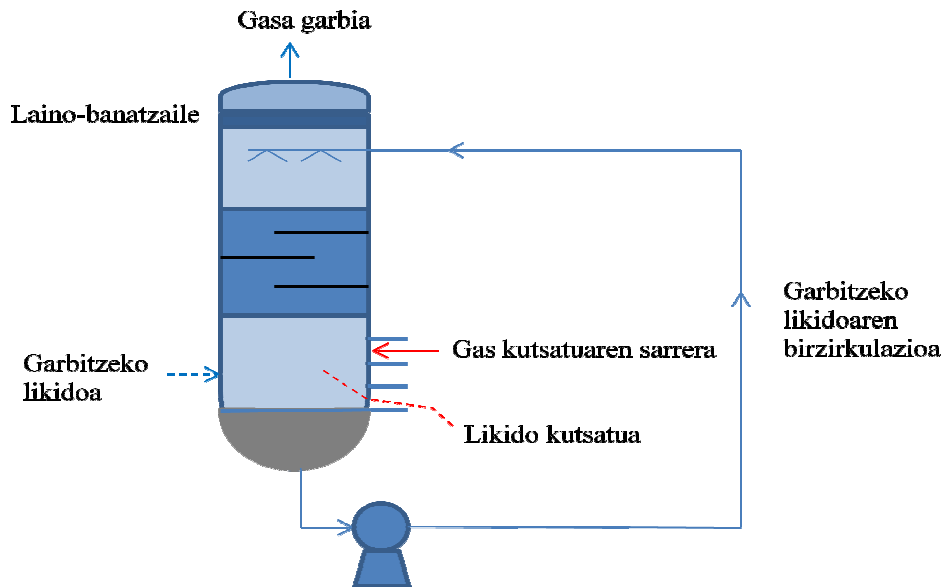
Irudia 8. Zikloia.

- b) Iragazkiak:** 5 μm baino txikiagoak diren partikulentzako erabiltzen da. Partikulak dituen gasa poroak duen material batetik pasazten da eta partikulak bertan atxikituta gelditzen dira. Gehien erabiltzen dena mahuka iragazkia da. Poltsa zilindrikoak lerroetan jartzen dira azalera handia lortzeko. Kutsatutako gasa behetik sartzen da eta partikulak iragazkian metatzen dira karga-galera handituz. Horregatik, iragazkiak garbitzeko sistema bat behar da. Iragazkietan material ezberdinak erabiltzen dira gasaren izaera kimikoaren eta tenperatura eta hezetasunaren arabera (nilon, beira-zuntza,...)



Irudia 9. Mahuka-iragazkia.

- c) **Kolektore hezeak:** gasa oso beroa dagoenean edo partikulak oso korrosiboak direnean iragazki-mahukak ezin dira erabili. Spray-dorreak erabil daitezke non partikulak dituen gasak garbitzeko erabiltzen den likidoarekin talka egiten dute eta likidoa kolektoretik irteten den. Sistema honen desabantaila efluente likidotik bolumen handiak lortzen direla da.



Irudia 10. Kolektore hezea.

- d) **Elektroiragazkiak edo iragazki elektrostatikoak:** partikulei deskarga elektrikoa aplikatu egiten zaie eta hauek kargatu egiten dira ioekin talka egiterakoan. Partikula kargatuak kontrako karga duten elektrodo kolektoretan itsasita gelditzen dira. Gero hortik kentzen dira kolpeen edo likido baten bidez. Sistema honek abantaila asko dauzka: Tamainu ezberdineko partikulak garbitzeko erabil daiteke, karga-galera baxua dute energia gutxi kontsumituz. Gasen tenperatura altuak jasan dezakete eta mantentze-gastuak ez dira oso handiak. Desabantailen artean hasierako instalatze-gastua altua dela kontutan hartu behar da.

6.2- Iturri ez-geldikorren kontrola

Garraioak sortzen dituzten kutsadura-arazoak ekiditzeko hidrokarburoak, karbono monoxidoa eta nitrogeno oxidoak kutsatzaile nagusiak direla kontutan hartu behar da. Karbono monoxidoa eta hidrokarburoak errekuntza osoa ez denean sortzen dira, nitrogeno oxidoak, aldiz errekuntza tenperatura altua denean. Arazo hau konpontzeko

errekuntza baldintzak aldatu egin behar dira edo produktuak lortzen direnean tratatu egin beharko dira.

a) *Errekuntza-erreakzioen hobekuntza*

Errekuntza ez da osoa oxigeno gutxi dagoenean edo erreakzio-gunean aire-erregai nahasketa txarra denean. Aire gutxi sartzen denean hidrokarburo eta monoxido asko isuriko litzateke baina nitrogeno oxido gutxi. Aire/erregai erlazioa estekiometrikoa erabiltzen bada, hidrokarburo eta karbono monoxido kantitateak asko jeisten dira baina nitrogeno oxidoarena handitzen da. Aire/erregai erlazioa gehiago handitzen bada, nitrogeno oxidoen produkzioa txikiagoa da baina bide honek arazo teknikoak sortzen ditu. Irtenbidea aire/erregai erlazio estekiometrikoa eta aire/erregai nahasketa hobetzeko teknikak erabiltzea da (turbulenzia-ganbarak, karburagailua hobetzea,...)

b) *Ihes-hodi termikoak edo katalitikoak:*

Ihes hodi termikoetan errekuntza bi pausoetan egiten da. Lehenengo pausuan errekuntza aire kantitate txikiarekin egiten da nitrogeno oxido gutxi eta hidrokarburo eta monoxido karbono asko lortuz. Hurrengo pausuan posterreketa-ganbara batetan sartzen dira aurreko pausuan sortutako gaseak eta aire gehiago sartuz osotara erre egiten da temperatura baxuan (815 °C). Bigarren pausu honetan karbono monoxidoa eta hidrokarburoak karbono dioxidoa ematen dute eta temperatura oso altua erabili ez denez ez dira nitrogeno oxidoak osatzen.

Ihes-hodi katalitikoak: hau da ibilgailuen motorrak sortzen dituzten isuriak kontrolatzeko erabiltzen den teknika nagusia. Errekuntzan sortu diren gaseak ohantze katalitiko batetik pasarazten dira eta gas kutsatzaileak kalte gutxiago eragiten dituzten konposatuetan bihurtzen dira. Erreakzio hauek lortzeko Pt eta Pd erabiltzen dira katalisatzaile gisa.

Erreaktorearen betegarria material geldo batez osatuta dago eta gainean katalisatzailea dago, horrela ukipen-azalera handia lortzen da. Katalisatzaile duten motorrak erlazio estekiometrikoa erabiltzen dute.

Erabiltzen diren katalisatzaileak bi bidekoak dira (oxidatzaile-erreduzitzaileak)

Gasak (CO-HC)→CO₂+H₂O Oxidazioa

Gaseak (NO_x) →N₂

Erredukzioa

c) Ordezko erregaien erabilera

Bioerregaien erabilera (metanola, metanoa ...) proposatu da hidrokarburo arinagoak direnez hauen konbustio osoa errezago gertatzen delako. Hidrogenoaren erabilera ere proposatu da, karbono oxidoak eta hidrokarburoak ez bait ditu ematen. Aipatutako hiru kasuetan isuriketak bortizki murriztea lortuko litzateke, baino metano eta hidrogenoa oso temperatura baxuetan likidotu egiten direnez modu seguruan gordetzeko arazo asko ematen dituzte. Gaur egun, ibulgailu elektriko eta eguzki-energiaren bidez mugitzen diren ibulgailuen erabilera dira gehien hedatu diren neurriak.